

2021.1

v2n

Eng Urb

em Debate

PPGEU | UFSCar



A **Engenharia Urbana em Debate** é um periódico online de caráter acadêmico e científico, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar e tem como objetivo publicar, de forma gratuita, pesquisas voltadas ao conhecimento e práticas sobre a gestão e atuação técnico-profissional no território.

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Engenharia Urbana em Debate / Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU. v.2, n.1 (2021). São Carlos: 2021.

v.2, n.1 Fluxo contínuo com 2 números por ano
Sumários em Português
ISSN: 2675-830X digital

1. 1. Saneamento. 2. Urbanismo. 3. Geotécnica e Geoprocessamento. 4. Transportes. Universidade Federal de São Carlos II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

CDD – 628



Periodicidade: Fluxo Contínuo com 2 números por ano

Suporte: Eletrônico

PPGEU - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP - BR
CEP: 13565-905
Telefone: (16) 3351-8295



Engenharia Urbana em Debate
engurbdebate@gmail.com

Corpo Editorial

Profa. Dra. Katia Sakihama Ventura
 Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes
 Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves
 Profa. Dra. Thais de Cassia Martinelli
 Guerreiro
 Profa. Dra. Elza Luli Miyasaka

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Prof. Dr. Erich Kellner
 Prof. Dr. Érico Masiero
 Alex Rogério Silva (Assistente Adm.)

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Rodrigo Melo Porto | EESC-USP
- Prof. Dr. Valdir Schalch | EESC-USP
- Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize | UFG
- Profa. Dra. Regina Mambelli Barros | UNIFEI - Itajubá
- Prof. Dr. Maurício Pinto | UnCuyo - AR
- Prof. Dr. Rodrigo Firmino | PUCPR
- Prof. Dr. Tiago Cunha | UFVMG
- Prof. Dr. Ricardo de Souza Moretti | UFABC UFRN
- Profa. Dra. Gisela Cunha Viana Leonelli | UNICAMP
- Profa. Dra. Leticia Peña Barrera | Univ. Autónoma de Ciudad de Juárez _ México
- Prof. Dr. Cláudio César de Paiva | UNESP Araraquara
- Prof. Dr. José Augusto di Lollo | UNESP Ilha Solteira
- Prof. Dr. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro | Instituto Federal Catarinense
- Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo | Poli/USP e Uninove
- Prof. Dr. José Luiz Albuquerque Filho | IPT
- Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi | UNESP

Editorial7

Prof. Dr. Bernardo Arantes do N. Teixeira
 PPGEU/UFSCar

Aplicação de Técnicas Multivariadas para Análise da Influência das Variáveis Socioeconômicas no Nível de Satisfação dos Usuários de Transporte Público Urbano..... 9

Marianna Lucinda de Oliveira
 Laryssa de Andrade Mairinque
 Josiane Palma Lima

Integração de ferramentas BIM e SIG para gestão e manutenção de infraestrutura urbana..... 24

Pedro Veríssimo Soulé
 Cristiane Bueno

Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos no Âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré..... 36

Jozrael Henriques Rezende
 Érica Rodrigues Tognetti

Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV): regulação em quatro Cidades Médias de São Paulo..... 53

Emanoele Lima Abreu
 Renata Bovo Peres

Gestão de águas pluviais em áreas já urbanizadas: Aplicação da Matriz SWOT para a caracterização de Técnicas Compensatórias..... 70

Bruna Lamorea Veiga Lopes
 Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Determinação das Áreas de Inundação da bacia do Córrego das Flores, Bauru - SP (Brasil)..... 81

Richard Takeo Takehara
 Erich Kellner

Presidente Prudente

- Prof. Dr. Marco Musso | UniLaR - Uruguay
- Prof. Dr. Antonio Nelson Rodrigues da Silva | EESC-USP
- Prof. Dr. Licínio da Silva Portugal | UFRJ
- Profa Dra. Magaly Natalia Pazzian Vasconcellos Romão | Fac. de Tec. de Jahu
- Prof. Dr. Rui António Rodrigues Ramos | Escola de Engenharia - Univ. do Minho

De Volta Para o Futuro: Configuração Urbana e Segregação Socioeconômica em Rio Branco - Acre..... 95

Leonardo Neder de Faro Freire
Frederico Rosa Borges de Holanda
Valério Augusto Soares de Medeiros

Plataforma de Monitoramento e Suporte à Decisão para o Planejamento Territorial do Circuito das Aguas Paulista..... 110

Juliana Campos Degenario Ribeiro
Breno Malheiros de Melo
Marcel Fantin
Jeferson Cristiano Tavares
Julio Cesar Pedrassoli
Marcos Roberto Martines

Avaliação Pós-Ocupação do Residencial Pitangueiras, um Conjunto Habitacional do Programa "Minha Casa Minha Vida" no Maranhão..... 124

Isabella Gaspar Sousa
Jaime Gonçalves De Almeida

Aplicação de Tecnologia de Informação para Aumento de Produtividade em um Ponto de Entrega Voluntária..... 139

Flávio José de Assis Barony
Rodrigo Gaiba de Oliveira
Alysson Kelvim Caetano da Silva
Ana Clara Rodrigues Santana

Uso de Tecnologias Sociais para Tratamento de Efluentes Domiciliares em Propriedade Rural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Ugrhi Tietê-Jacaré - Sp)..... 155

Larissa Ferreira
Karielle Ferreira da Silva
Bene E. M. de Camargo
Lucas S. Morales
Pedro Bergamo Toledo
Renata B Peres

Áreas Verdes no Parcelamento do Solo Urbano: Cenário para o Município de Santo André..... 173

Cristina Pegurer
Mariana de Fátima G. Raimundo
Aline P. Piemonte

Análise dos efeitos causados pelo intemperismo acelerado em amostras de arenito poroso vermelho..... 192

Denise Balestrero Menezes
Alexandre Magalhães De Petrini Coelho

Morfologia Urbana e Qualidade Ambiental: Avaliação do Potencial de Adequação Climática de Tecidos Urbanos no Semiárido do Nordeste Brasileiro..... 201

Maria Vitoria da Silva Costa
Ruan Victor Amaral Oliveira
Juliana Carla do Nascimento
Simone Carnáuba Torres

Análise Comparativa de Programas Municipais de IPTU Verde..... 215

Sabrina Maria de Lima Accioly
Fabrício Lisboa Vieira Machado
Fernanda Carla Wasner Vasconcelos
Ludmila Ladeira Alves de Brito

Gestão Municipal de Resíduos Sólidos na UGRHI 13 e os Dez anos da Política Nacional de Resíduos Sólidos..... 230

Cristine Diniz Santiago
Túlio Queijo Lima
Erica Pugliesi
Valdir Schalch

Esgotamento Sanitário no Território da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - Trecho Paulista..... 249

Maria Auxiliadora Machado
Mariana Gutierrez
Arteiro da Paz
Jocilene Dantas Barros
Evandro Albiach Branco

Percepção Ambiental dos Moradores da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Paraíso em São Carlos/SP e Categorização de suas Demandas Socioambientais..... 266

Leonardo Rissi
Letícia Candido de Assis
Frederico Yuri Hanai

Caracterização do Sistema de Esgotamento
Sanitário do Município de Santarém, Pará279

Josciane Carneiro Oliveira
Israel Nunes Henrique
Diani Fernanda da Silva Less

Comissão Editorial293



A Engenharia Urbana em
Debate é registrada no
Creative Commons

O conteúdo dos artigos é de
inteira responsabilidade dos
autores.

**Prof. Dr. Bernardo
Arantes do N.
Teixeira**

PPGEU/UFSCar

Maiores informações,
acesse: [https://www.
engurbdebate.ufscar.
br/](https://www.engurbdebate.ufscar.br/)

A crescente urbanização da população mundial, já bastante consolidada no Brasil, faz com que uma boa qualidade de vida para as pessoas dependa, fundamentalmente, da qualidade das cidades. Sem desprezar a importância do ambiente não urbano, a busca por cidades que atendam adequadamente as necessidades humanas é hoje um desafio permanente e inadiável.

Neste contexto, a Engenharia Urbana traz sua contribuição, na medida em que procura atuar, de forma integrada, para solucionar os diversos problemas associados aos sistemas urbanos. Embora considerando as diversas especializações existentes, temos na prática da Engenharia Urbana a oportunidade de estabelecer ligações e interfaces que potencializem os efeitos dos conhecimentos específicos.

Em sua curta trajetória, iniciada em 2020, o periódico *Engenharia Urbana em Debate* representa um avanço na disseminação de pesquisas, soluções e reflexões que melhorem a concepção, o planejamento, a construção e o funcionamento dos ambientes urbanos. Seu conteúdo apresenta artigos com abordagens integradoras, ao lado de artigos mais específicos compartilhando o mesmo espaço de publicação.

Após dois primeiros números temáticos ("A Cidade e o Isolamento Social" e "Cidades + Resilientes"), a revista chega ao seu terceiro número tendo como referência a seleção dos melhores artigos apresentados em eventos relacionados à Engenharia Urbana: 9º. Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS), I Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes, VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental e XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.

Em termos de abrangência geográfica, os artigos publicados neste número são originados de quase todas as regiões brasileiras (seis Estados e Distrito Federal), com autores de quase 20 diferentes instituições. Os grandes temas variam do planejamento urbano e habitação até a gestão ambiental, passando por transporte e mobilidade, saneamento e geotecnia. Quanto às temáticas mais específicas, têm-se uma grande variedade de artigos: plataforma de monitoramento, avaliação pós-ocupação, segregação

socioeconômica, satisfação de usuários de transporte, índice de caminhabilidade, adequação climática, efeitos de intemperismo em rochas, integração de ferramentas BIM e SIG, gestão de águas pluviais e revitalização de rios, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, estudos de impactos de vizinhança, percepção ambiental em microbacia, tecnologias sociais para tratamento de efluentes, IPTU verde.

Esta abrangência temática, característica da Engenharia Urbana, associada à maior diversidade geográfica das contribuições, indicam que o periódico vem cumprindo sua missão de integrar, num mesmo espaço de publicação, questões atuais e importantes para as cidades, com preocupações não só relativas aos elementos técnicos típicos de engenharia, mas também aos aspectos ambientais, sociais, políticos e culturais.

Como integrante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), desde seu surgimento em 1994, manifesto minha grande satisfação por acompanhar a evolução da revista *Engenharia Urbana em Debate*. Ainda em sua terceira edição, certamente já se constitui num marco para o campo da Ciência e da Tecnologia que contribui para que as cidades se constituam como espaços de boa qualidade de vida para a sociedade e de respeito com o planeta e as gerações futuras.

Aplicação de Técnicas Multivariadas para Análise da Influência das Variáveis Socioeconômicas no Nível de Satisfação dos Usuários de Transporte Público Urbano

Application of Multivariate Techniques for Analysis of the Influence of Socioeconomic Variables on the Satisfaction Level of Public Transport Users

Aplicación de Técnicas Multivariadas para el Análisis de la Influencia de las Variables Socioeconómicas en el Nivel de Satisfacción de los Usuarios del Transporte Público

Marianna Lucinda de Oliveira

Mestra em Engenharia de Produção
Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
mariannaoliveira@unifei.edu.br

Laryssa de Andrade Mairinque

Mestra em Engenharia de Produção
Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
laryssamairinque@unifei.edu.br

Josiane Palma Lima

Profa.Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
jplima@unifei.edu.br

RESUMO

O Transporte Público Urbano (TPU) é um grande aliado na busca por estratégias de mobilidade urbana sustentável, e aumentar sua demanda é primordial. Uma das formas de se aumentar a demanda pelo TPU é por meio de um serviço de qualidade que promova a satisfação de seus usuários. Esse artigo investiga como o nível de satisfação dos usuários em relação aos indicadores de qualidade do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas. A metodologia se baseia na modelagem com a utilização dos métodos Principal Component Analysis (PCA) e Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). O levantamento de dados foi realizado por meio de um questionário com 220 usuários de TPU urbano por ônibus em Itajubá, MG. Os indicadores foram desenvolvidos por meio de uma revisão da literatura e agrupados em 12 componentes pela aplicação do PCA. Os resultados da aplicação da MANOVA demonstram o gênero e a escolaridade como variáveis significativas no nível de satisfação dos usuários do TPU. Os resultados contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas e diretrizes para a empresa prestadora do serviço na melhoria do sistema de TPU.

Palavras-Chave: Transporte Público Urbano; Análise dos Componentes Principais; Análise Multivariada da Variância; Nível de satisfação.

ABSTRACT

Public Transport (PT) is a great ally in the search for sustainable urban mobility strategies, and increasing its demand is essential. One of the ways to increase the demand for PT is through a quality service that promotes the users' satisfaction. This article investigates how the level of users' satisfaction in relation to the quality indicators of PT is influenced by their socioeconomic characteristics. The methodology is based on modeling using the Principal Component Analysis (PCA) and Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) methods. The data collection was carried out through a questionnaire with 220 users of urban PT by bus in Itajubá, MG. The indicators were developed through a literature review and grouped into 12 components by applying the PCA. The results of the application of MANOVA demonstrate gender and education as significant variables in the level of satisfaction of users of PT. The results contribute to the development of public policies and guidelines for the company provided the service in improving the PT system.

Keywords: Urban Public Transport; Principal Component Analysis; Multivariate Analysis of Variance; Satisfaction level.

RESUMEN

El Transporte Público (TP) es un gran aliado en la búsqueda de estrategias de movilidad urbana sostenible, y aumentar su demanda es primordial. Una de las formas de incrementar la demanda de TP es a través de un servicio de calidad que promueva la satisfacción de sus usuarios. Este artículo investiga cómo el nivel de satisfacción de los usuarios en relación con los indicadores de calidad del TP se ve influido por sus características socioeconómicas. La metodología se basa en el modelado utilizando los métodos de Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis de Varianza Multivariante (MANOVA). La recolección de datos se realizó a través de un cuestionario con 220 usuarios de TP urbano en bus en Itajubá, MG. Los indicadores se desarrollaron a través de una revisión de la literatura y se agruparon en 12 componentes mediante la aplicación

del PCA. Los resultados de la aplicación de MANOVA demuestran el género y la educación como variables significativas en el nivel de satisfacción de los usuarios de TP. Los resultados contribuyen al desarrollo de políticas públicas y lineamientos para la empresa proveedora del servicio en la mejora del sistema de TP.

Palabras clave: Transporte Público Urbano; Análisis de los Componentes Principales; Análisis de Varianza Multivariado; Nivel de satisfacción.

1 INTRODUÇÃO

A atividade de transporte aumenta em todo o mundo ao passo que as economias crescem, sendo um elemento chave do desenvolvimento econômico e do bem-estar humano (RIBEIRO et al., 2007). Porém, tal crescimento está também atrelado ao rápido aumento do uso de veículos particulares, que ocorre devido as vantagens de melhor acessibilidade e conveniência (CHIOU et al., 2015). Políticas que buscam uma transferência de modo de viagem são defrontadas por estilos de vida e hábitos estabelecidos em torno do uso do automóvel, e o seu contínuo predomínio em grande parte do mundo é fonte de grande preocupação para o ambiente global e para a saúde das cidades (VIJ et al., 2013). Lima e Machado (2019) ressaltam que os ambientes urbanos devem ser bem planejados, possibilitando o uso por todas as pessoas e não beneficiando um grupo em detrimento de outro nem propagando um acesso desigual.

Assim, o Transporte Público Urbano (TPU), como trens e ônibus, ou ainda, a caminhada e bicicleta, são modos alternativos de viagens que têm a capacidade de fornecer uma mobilidade urbana sustentável (CHAPMAN, 2007; VIJ et al., 2013). Nos últimos anos, ocorre também um aumento nas opções de mobilidade da população, como o transporte sob demanda e novas

tendências de micromobilidade de rápido crescimento, como as e-bikes e e-scooters, sendo ótimas opções de deslocamento em viagens, principalmente de curta distância, e por serem uma alternativa mais limpa do que os carros (DAVIES et al., 2020).

Contudo, apesar dessas novas disposições de modos de viagem, o TPU é ainda uma das principais alternativas para o deslocamento em massa e de longas distâncias. O TPU fornece um serviço de mobilidade acessível e sustentável ao público e é essencial para a vitalidade econômica e bem-estar da sociedade, principalmente na promoção da equidade, considerando que afeta amplamente a mobilidade da população desfavorecida de transporte (ZUO et al., 2020). Para Abenoza et al. (2017), o uso do TPU é uma prioridade no mundo atual frente ao crescimento urbano contínuo, questões ambientais, competição por espaços limitados e longas distâncias de deslocamento. Porém, é verificada constantemente a diminuição ou estagnação no uso do TPU em diversos países (CHAKRABARTI, 2017; TEMBE et al., 2018; LIU et al., 2019). No Brasil, a demanda por ônibus, que corresponde a maioria dos deslocamentos por TPU no país, sofre com a queda nos últimos 20 anos, perdendo cerca de 35,6% dos

passageiros pagantes, tendo um agravamento de 2014 a 2018 em uma redução média acumulada de 25,9% dos usuários, justificando, em partes, o aumento recorrente da tarifa em muitos municípios (NTU, 2018). Em 2019, comparado a 2018, houve a redução de mais 4,3% dos passageiros, que, em partes, é afetada pelo crescimento do transporte responsivo à demanda no país (NTU, 2019).

Diante da necessidade de reter os usuários existentes e atrair novos usuários, o investimento na qualidade do TPU é essencial (FATIMA E KUMAR, 2014; BATTY *et al.*, 2015; DIEZ-MESA *et al.*, 2016; GUIRAO *et al.*, 2016; ABENOZA *et al.*, 2017). Barcelos *et al.* (2017) destacam ainda que tais investimentos devem ser focados na satisfação dos usuários. Devido à importância de se considerar a percepção e expectativa do usuário, a principal forma de avaliar a qualidade do serviço de TPU é por meio de pesquisa de satisfação (DE OÑA; DE OÑA, 2015). De Oña e De Oña (2013) afirmam que a opinião dos usuários é heterogênea e dependente de diversos fatores e estratificar a amostra constitui uma boa estratégia para reduzir a heterogeneidade e identificar os fatores que influenciam na percepção do usuário. Dessa forma, entendendo que o nível de satisfação dos usuários é um fator chave para o aumento da qualidade e atratividade do TPU, esse trabalho tem como objetivo avaliar como o nível de satisfação dos usuários do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas, utilizando técnicas estatísticas multivariadas. Para isso, foi realizada uma pesquisa de satisfação com usuários de TPU por ônibus, onde o objeto de estudo foi a cidade de Itajubá, localizada

no Sul do estado de Minas Gerais, com aproximadamente 100.000 habitantes.

2 QUALIDADE PERCEBIDA DO TRANSPORTE PÚBLICO

Uma maneira apropriada de facilitar a demanda por bens ou serviços específicos é aumentando o número de clientes, bem como a frequência de viagens (EKINCI *et al.*, 2018). Para Para isso, é essencial conhecer e quantificar as variáveis mais influentes na disposição dos clientes de viajar no TPU (DELL'OLIO *et al.* (2011). A percepção de qualidade do TPU pode ser avaliada por meio de pesquisas de satisfação de clientes, que para de Oña e de Oña (2015) é a principal metodologia para coletar as opiniões dos usuários. Weng *et al.* (2018) apontam que a realização de pesquisas de satisfação dos usuários de forma precisa auxilia no planejamento operacional dos sistemas de TPU e em processos de tomada de decisão.

Os usuários avaliam a qualidade do serviço de TPU com base em suas percepções e expectativas, e também por meio de medidas de desempenho que avaliam a capacidade do operador em oferecer os serviços satisfazendo suas perspectivas (DIEZ-MESA *et al.*, 2016). O cliente do sistema e das empresas operadoras, como o usuário do TPU, deve ter o direito a um serviço que lhe proporcione satisfação e o motive a continuar utilizando o sistema de TPU (Ferraz e Torres, 2004; Lima *et al.*, 2019). Para Yang *et al.* (2018) é possível tomar medidas para melhorar sentimentos subjetivos dos viajantes, principalmente quando é difícil melhorar o tempo e o custo do TPU.

Diversos estudos apresentam pesquisas de satisfação dos usuários, porém, são observadas diferenças na coleta e tratamento dos dados. Maraglino et al. (2014) descrevem as principais variáveis que influenciam a qualidade percebida pelos usuários de TPU em Santander, Espanha, avaliando por meio de um modelo multinomial probit ordenado, a média do nível de satisfação em relação a diversos indicadores, dentre eles frequência, cobertura da área de serviço, tarifa, conectividade, instalações para carregar bagagens, informação no ônibus e nos pontos, acessibilidade, segurança, limpeza, conforto, lotação e características do motorista. Os autores Grisé e El-geneidy (2017) apresentam um método para avaliar espacialmente os dados da pesquisa de satisfação do cliente com o serviço de ônibus em bairros de diferentes níveis de condição socioeconômica. Aplicando o PCA, os critérios de satisfação foram agrupados em três categorias: satisfação durante a viagem e no interior do ônibus; satisfação com o desempenho e qualidade do serviço; e satisfação com o ponto de ônibus e abrigo. Ekinci et al. (2018) analisaram o mercado de passageiros marítimos em Istambul, na Turquia, utilizando a análise fatorial e análise de cluster, de acordo com o nível de satisfação em relação a diversos indicadores de qualidade do TPU e das variáveis socioeconômicas idade, gênero, nível de educação e frequência de viagem. Birago et al. (2017) buscaram explorar as razões por trás da não preferência dos passageiros pelo TPU em Accra, Gana, avaliando a percepção do nível de serviço em relação a variáveis como confiabilidade, frequência, acessibilidade, tempo de viagem, facilidade de transporte, preço, estado do veículo, segurança,

conforto e estética.

No Brasil, os autores Antunes e Simões (2013) avaliaram o nível de satisfação dos usuários do TPU em três cidades localizadas no estado do Paraná em relação a diversos atributos de qualidade, entre eles, acessibilidade, características dos veículos e das paradas de ônibus, comportamentos dos funcionários, segurança, confiabilidade, tempo de viagem, lotação, sistema de informação e pontualidade. Ferraz e Torres (2004) apontam a acessibilidade, frequência, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos e das paradas, sistemas de informação, comportamento dos operador e estado das vias como parâmetros importantes que afetam a qualidade do TPU por ônibus no Brasil.

Portanto, para atrair mais clientes é importante definir e conhecer as categorias de usuários, por serem fatores integrantes da melhoria geral da qualidade do serviço oferecido. (DELL'OLIO *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2015) . Maraglino *et al.* (2014) complementam que é necessário definir as variáveis mais importantes que determinam a qualidade do sistema, dentre as muitas que contribuem para as percepções do usuário. Melhorar o desempenho percebido de um serviço de TPU específico aumenta a satisfação do cliente e a frequência de viagens, considerado então um fator chave para a expansão do seu uso (EKINCI *et al.*, 2018)

3 METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa é classificada como quali-quantitativa e a metodologia de análise dos

dados é a modelagem matemática. Para Bertrand e Fransoo (2002) a modelagem permite a construção de modelos objetivos que expliquem parte do comportamento dos processos reais ou que possam capturar problemas de tomada de decisão na vida real. Em relação as técnicas utilizadas para a análise dos dados, tem-se o PCA (Principal Component Analysis) que é uma técnica estatística de análise multivariada que modifica linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (HONGYU et al., 2016). Para a seleção de quais componentes principais seriam mantidos na análise foi adotada uma proporção acumulada de explicação mínima de 80%, que, segundo Johnson e Wichern (1998), é uma porcentagem da variação total comumente considerada em muitos casos de modelos estudados.

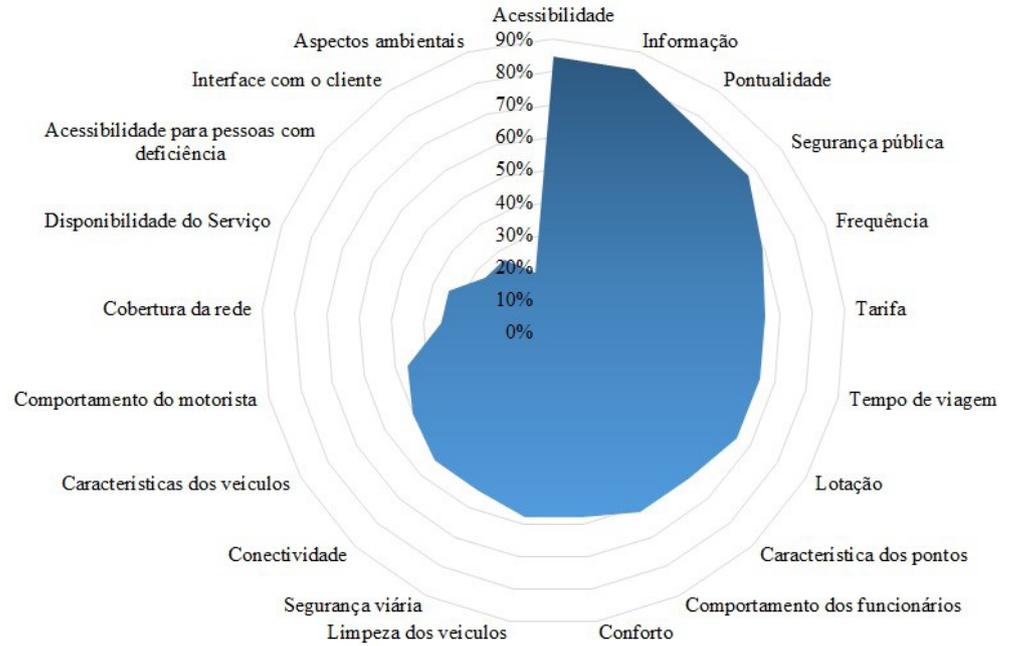
Em seguida, foi utilizada a MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) para efetivamente avaliar como o nível de satisfação dos usuários do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas. A MANOVA é uma análise estatística composta por várias variáveis

independentes para determinar se elas são impactadas por um ou mais fatores (WENG *et al.*, 2018). Os trabalhos de Mahmoud e Hine (2013) utilizaram a técnica para investigar a variação nas preferências de usuários atuais e potenciais em relação a 29 indicadores utilizados para avaliar a qualidade do sistema de TPU e de Weng et al. (2018) avaliam variáveis como tipo de ônibus, linhas e paradas, além de características pessoais, como finalidade da viagem, renda, idade e tempo, para verificar quais fatores influenciam na satisfação do TPU.

3.1 ESTRUTURAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E COLETA DE DADOS

Para a estruturação do questionário, foi realizada uma revisão da literatura dos indicadores mais utilizados para avaliar a qualidade de um sistema de TPU, apresentada no trabalho de Dos Santos et al. (2019), que considerou dois indicadores a mais, relacionado à adaptação dos veículos e dos pontos de ônibus para Pessoas com Deficiência (PcD). Com a revisão foi possível verificar a frequência com que os estudos abordam diversos indicadores de qualidade do TPU. A Figura 1 apresenta os indicadores encontrados na literatura, bem como a frequência com que esses indicadores foram utilizados.

Figura 1 - Frequência em que os indicadores foram utilizados nos trabalhos analisados



Fonte: Autores (2019)

A maioria dos indicadores teve alta taxa de citação, sendo que apenas 5 foram avaliados em menos de 40% dos artigos, sendo estes: cobertura da rede; disponibilidade do serviço; acessibilidade para Pessoas com Deficiência (PcD); interface com o cliente; e aspectos ambientais. Vale destacar os indicadores acessibilidade, informação, pontualidade, segurança pública, e frequência, que foram avaliados em, respectivamente, 88%, 85%, 81%, 77% e 73% dos artigos. De Oña e

De Oña (2013) afirmam que, apesar de não haver um consenso sobre os indicadores que devem ser utilizados para avaliar a qualidade, estes estão entre os mais comuns. Para esse estudo, foram selecionados 20 indicadores para serem avaliados pelos usuários no questionário, pois se mostraram relevantes na literatura pesquisada em mais de 40% dos artigos revisados. A Tabela 1 demonstra os indicadores utilizados e suas definições.

Tabela 1 - Indicadores abordados no trabalho

Indicadores	Definição
Idade	Idade da frota veicular
Limpeza	Nível de limpeza dos veículos
Conforto	Nível de conforto dos veículos
Informação (veículos)	Disponibilidade de informação dentro dos veículos
Acessibilidade	Facilidade de se ter acesso ao serviço – quantidade de pontos
Existência de bancos	Disponibilidade de assentos nos pontos de ônibus
Existência de cobertura	Disponibilidade de cobertura nos pontos de ônibus
Sinalização	Disponibilidade de placas de indicação dos pontos de ônibus
Informação (pontos)	Disponibilidade de informação nos pontos de ônibus
Tempo de viagem	Tempo gasto para chegar ao destino final
Frequência	Intervalo de tempo entre dois ônibus
Pontualidade	Cumprimento dos horários pré-estabelecidos
Lotação	Quantidade de passageiros no interior dos veículos
Segurança pública	Nível de segurança quanto a crimes durante a viagem
Segurança viária	Nível de segurança quanto a acidentes de trânsito
Tarifa	Valor monetário da viagem
Cordialidade dos funcionários	Postura dos funcionários durante o serviço
Habilidade de direção dos motoristas	Desempenho dos motoristas na direção
Integração tarifária	Possibilidade de pagar apenas um valor tarifário para mais de uma viagem dentro de um período de tempo preestabelecido
Intermodalidade	Possibilidade de integração entre dois ou mais modos de transporte

Fonte: Autores (2020)

É observado que a maioria dos indicadores foram aplicados de forma direta, já outros foram desmembrados para melhor entendimento do entrevistado, como a informação, que foi avaliada nos veículos e nos pontos de ônibus. A característica do veículo foi avaliada pela idade veicular e as características do ponto de ônibus pela existência de banco e de cobertura. No questionário foram solicitados os seguintes dados socioeconômicos dos entrevistados: gênero, faixa etária, escolaridade, ocupação, tipo de pagamento, renda domiciliar, frequência de uso do TPU e posse de outros modos de transporte. Em seguida, foi realizada a avaliação dos indicadores em relação ao nível de satisfação, utilizando uma escala Likert variando de 1(péssimo) a 5(excelente). Guirao *et al.* (2016) relatam que a escala Likert de 5 pontos é a mais

adotada em pesquisas de satisfação para avaliar a qualidade do serviço de TPU.

O cálculo do tamanho da amostra foi feito como no trabalho de (PINHEIRO *et al.*,2012), considerando como desvio padrão amostral a satisfação média de cada indicador, o nível de confiança de 95% e o valor médio de usuários por dia de 9.411, resultando na necessidade de 210 amostras. A técnica de coleta dos dados utilizada foi por meio de entrevistas com usuários, em diferentes horários e locais da cidade, visando homogeneidade na amostra. Para medir a confiabilidade interna do questionário, foi utilizado o teste de Alfa de Cronbach (α), que varia entre 0 e 1, sendo o valor de 0,7 o mínimo aceitável, representando boa consistência interna e que os dados realmente refletem a realidade do

objeto (WENG *et al.* ,2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa pesquisa foram coletadas 220 amostras e o teste de Alfa de Cronbach resultou no valor de 0,8032, confirmando a confiabilidade interna do questionário. A caracterização da amostra mostra que a proporção de mulheres e homens entrevistados é quase de 80:20, retratada pela dificuldade na abordagem do sexo masculino para realizar a pesquisa, que informaram, na maioria das vezes, preferirem realizar seus deslocamentos a pé ou de bicicleta.

Para faixas etárias, a maioria dos entrevistados (66%) tem entre 20 e 59 anos. A escolaridade tem predominância do ensino médio e ensino superior/pós-graduação e a ocupação se divide principalmente entre trabalho e estudo. Quase 80% dos entrevistados possuem renda domiciliar mensal de até 3 salários mínimos, evidenciando a necessidade de subsídios por parte dos órgãos competentes que visem tornar este serviço mais acessível para as pessoas que possuem rendas mais baixas. A distribuição amostral da pesquisa é sintetizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição amostral

	Variável	Frequência	Porcentagem
Gênero	feminino	174	79,09%
	masculino	46	20,91%
Faixa etária	15 - 19	54	24,55%
	20 - 35	62	28,18%
	36 - 59	84	38,18%
	> 60	20	9,09%
Escolaridade	básico	20	9,09%
	fundamental	30	13,64%
	médio	108	49,09%
	superior/pós graduação	62	28,18%
Ocupação	trabalho	133	60,45%
	estudo	57	25,91%
	aposentado	13	5,91%
	desempregado	17	7,73%
Pagamento	comum	70	31,82%
	estudante	44	20,00%
	gratuito	16	7,27%
	vale transporte	90	40,91%
Renda domiciliar mensal	até R\$998,00	45	20,45%
	R\$998,00 - R\$2994	124	56,36%
	R\$2995,00 -R\$5988,00	41	18,64%
	>R\$5989,00	10	4,55%
Uso do TP	frequentemente	162	73,64%
	ocasionalmente	34	15,45%
	raramente	24	10,91%
Posse de outros modos de transporte	possui	181	82,27%
	não possui	39	17,73%

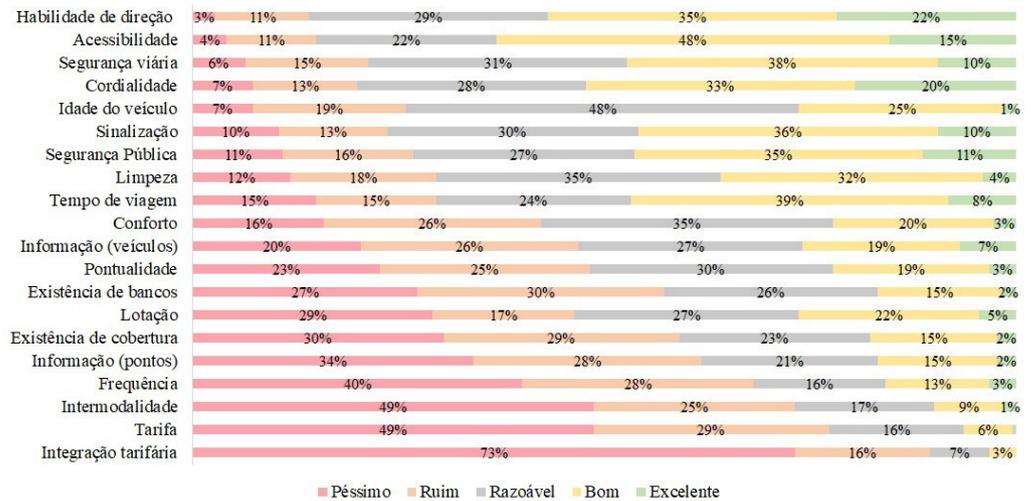
* questionado a posse de carro, moto e/ou bicicleta na residência

Fonte: Autores (2020)

Em relação a posse de outros modos de transporte na residência, somente 18% dos entrevistados afirmaram não possuir nenhum outro modo e, dentre os que possuem, 46% possuem somente um modo de transporte, sendo 20% carro, 20% bicicleta e 6% motocicleta. A representação dos que possuem

dois tipos de modo de transporte na residência é de 25% e apenas 11% dos entrevistados possuem os três tipos de modo de transporte. Em relação ao nível de satisfação, a Figura 2 apresenta a percepção da qualidade do TPU pelo julgamento dos usuários na cidade avaliada.

Figura 2 - Nível de satisfação geral dos indicadores de qualidade do TPU



Fonte: Os autores (2020)

A integração tarifária e a tarifa foram os indicadores com os menores níveis de satisfação, retratando a situação real do objeto de estudo, em que o ônibus é o único modo de TPU disponível, prestado por uma única empresa contratada e, ainda não é oferecido nenhum tipo de integração tarifária. A cidade analisada é considerada de médio porte e o valor tarifário atual é de R\$ 4,00 para as linhas urbanas e R\$ 4,50 para as linhas rurais. Segundo a ANTP (2016), cidades nesse porte são percorridos, em média, 2,7 km por pessoa por dia utilizando o TPU, enquanto para cidades com mais de 1 milhão de habitantes são percorridos o valor médio de 8,1 km, a um custo próximo ao da cidade de

Itajubá (por exemplo, R\$ 4,30 em São Paulo e R\$ 4,50 em Curitiba). Porém, existem outros fatores que impactam no valor da tarifa e, como ressaltado por Redman (2013) e Birago et al. (2017), apesar de ser um fator importante, somente o valor da tarifa não é suficiente para garantir o aumento da demanda.

As características dos pontos de ônibus, como a disponibilidade de informação e de cobertura de proteção também foram mal avaliados. Ambos aspectos são características presentes somente nos pontos de ônibus centrais da cidade. Em Portland, nos Estados Unidos, um guia desenvolvido para estabelecer as diretrizes do

planejamento dos pontos de ônibus ressalta que a primeira impressão que se tem do serviço de TPU por ônibus é feita analisando os pontos, ressaltando a importância de se oferecer pontos que sejam facilmente identificados, seguros, acessíveis e confortáveis (TRIMET, 2010). Os aspectos relacionados a fatores humanos, como a habilidade de direção dos motoristas e cordialidade dos funcionários se destacaram com boas avaliações. Tais aspectos são bastante utilizados para avaliação do TPU e possuem influência na satisfação geral do serviço prestado. Isto pode ser verificado nos trabalhos de Guirao et al. (2016), Mouwen (2015), Maraglino et al. (2017), Bajčetić et al. (2018), que constataram a importância desses indicadores.

Os resultados de avaliação da qualidade do TPU variam de acordo com a realidade do local onde o sistema opera, como a heterogeneidade e com a divergência na percepção dos

usuários no processo de avaliação. Estas características também são evidenciadas por De Oña e De Oña (2013), Diez-Mesa et al. (2016), Abenoza et al. (2017) e Grisé e El-Geneidy (2017). Estes autores destacam a necessidade de entender como diferentes variáveis impactam na percepção do usuário. Para tal compreensão, nesse trabalho foi utilizada a técnica MANOVA. Inicialmente foi verificada a existência de correlação entre os indicadores do nível de satisfação dos usuários do TPU por ônibus na cidade estudada. Os resultados apresentaram a necessidade de se abordar o problema através de uma análise estatística multivariada, visto que a maioria dos pares de indicadores possuem correlação significativa entre si, apresentando um p-valor menor do que 0,05. Assim, foi aplicado o PCA para os indicadores, como forma de reduzir a dimensão do problema estudado. Os resultados obtidos pela aplicação do PCA são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Análise de componentes principais

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Autovalor	4,415	2,032	1,408	1,263	1,081	1,013	0,934	0,881	0,548	0,793
Proporção	0,022	0,102	0,070	0,063	0,054	0,051	0,047	0,044	0,042	0,040
P acumulada	0,221	0,323	0,393	0,456	0,510	0,561	0,608	0,652	0,694	0,734

	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18	PC19	PC20
Autovalor	0,712	0,709	0,676	0,601	0,553	0,530	0,456	0,428	0,349	0,318
Proporção	0,036	0,035	0,034	0,030	0,028	0,027	0,023	0,021	0,017	0,016
P acumulada	0,769	0,804	0,838	0,868	0,896	0,922	0,945	0,967	0,984	1,000

Fonte: Autores (2020)

Com os resultados obtidos pelo PCA, foi possível verificar que 12 dos componentes principais foram responsáveis por representar uma proporção acumulada de explicação de mais de 80% das informações contidas nos indicadores do nível de satisfação dos usuários. Portanto,

esses foram os componentes principais selecionados para a aplicação da MANOVA, que buscou verificar a variação no nível de satisfação dos usuários do TPU devido às suas características socioeconômicas. Os resultados obtidos, baseado no critério de

Wilks's, demonstrando o p-valor para cada característica avaliada é apresentado na Tabela 4.

A partir dos resultados, foi possível perceber que o gênero e a escolaridade foram as características socioeconômicas que influenciaram significativamente no nível de satisfação dos usuários, por apresentarem p-valor menor do que 0,05. De modo similar, Sarkar e Mallikarjuna (2017) apontam o gênero, a escolaridade e a idade

como significativos na explicação das variáveis latentes observadas para a escolha do modo de transporte. Han et al. (2018) apontaram o gênero, bem como renda mensal, finalidade e distância da viagem como fatores que influenciam na escolha pelo transportes público ou privado, sendo que um maior grau de satisfação do ônibus, principalmente em relação à segurança, conforto e conveniência, tende a ser positivo na escolha do TPU ao viajar.

Tabela 4 - Resultados da MANOVA

Característica socioeconômica	Estatística de teste	F	Num	Graus de liberdade	P-valor
Gênero	0,895	1,838	12	188	0,045
Faixa etária	0,773	1,403	36	556	0,063
Escolaridade	0,767	1,450	36	556	0,046
Ocupação	0,797	1,236	36	556	0,166
Pagamento	0,859	0,818	36	556	0,767
Renda domiciliar	0,825	1,039	36	556	0,409
Frequência de uso	0,914	0,722	24	376	0,830
Posse de veículo motorizado	0,905	1,646	12	188	0,082
Posse de bicicleta	0,956	0,718	12	188	0,733

Fonte: Autores (2020)

De Oña e De Oña (2013) adotaram a diferença no gênero ao avaliar a qualidade do serviço de ônibus, e verificaram que os indicadores influenciados pelo gênero são, principalmente, segurança, pontualidade e horário, para os homens, enquanto para as mulheres está a velocidade, frequência e horário. Além disso, os autores abordaram uma importante questão ao afirmar que os principais atributos que afetam a qualidade do serviço tendem a mudar ao longo dos anos e dependem também do segmento em estudo.

5 Conclusão

A partir de um estudo de caso real, este trabalho verificou por meio de

uma estrutura de análise multivariada como o nível de satisfação em relação aos indicadores de qualidade é influenciado pelas características socioeconômicas dos usuários. A aplicação do PCA permitiu reduzir a dimensão do problema estudado de 20 indicadores para 12 componentes principais que apresentaram uma proporção acumulada de explicação de mais de 80% das informações contidas nos indicadores do nível de satisfação dos usuários. A análise MANOVA aplicada aos 12 componentes principais permitiu verificar que as variáveis gênero e escolaridade influenciam significativamente no nível de satisfação dos usuários do TPU por ônibus.

É notório que, além da identificação

do nível de satisfação de diversos indicadores da qualidade de um sistema de transporte público, é importante verificar quais características dos usuários impactam no seu julgamento e fornecer subsídios técnicos que favoreçam a melhoria dos indicadores, atuando também na satisfação de usuários com características socioeconômicas específicas, que são pessoas que podem potencializar o uso do TPU. Tais subsídios técnicos auxiliam as políticas públicas na promoção do TPU, e também a empresa prestadora do serviço a buscar melhorias no fornecimento do serviço. Este trabalho contribui também para pesquisas acadêmicas na área de qualidade do TPU e com a demonstração de análises estatísticas multivariadas de dados. Recomendações de trabalhos futuros incluem a identificação de outros fatores que possam contribuir para o entendimento do nível de satisfação, como aspectos do ambiente construído e localização geográfica dos usuários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PLURIS | 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável de 7 a 9 de abril de 2021 e ao CNPq, à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABENOZA, R. F.; CATS, O.; SUSILO, Y. O. Travel satisfaction with public transport: Determinants, user classes, regional disparities and their evolution. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, p. 64–84, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.11.011>.

tra.2016.11.011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos - Relatório comparativo 2003/2014. 2016. Disponível em: http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade-comparativo-2003_2014.pdf Acesso em: Fevereiro de 2019.

ANTUNES, E. M.; SIMÕES, F. A. Engenharia urbana aplicada: um estudo sobre a qualidade do transporte público em cidades médias. *Revista brasileira de gestão urbana*. p. 51–62, 2013. <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE04>.

BAJČETIĆ, S.; TICA, S.; ŽIVANOVIĆ, P.; MILOVANOVIĆ, B.; ĐOROJEVIĆ, A. Analysis of public transport users ' satisfaction using quality function deployment : Belgrade case study. *Transport*, v. 33, n. 3, p. 609–618, 2018. <https://doi.org/10.3846/transport.2018.1570>.

BARCELOS, M.; LINDAU, L. A.; PEREIRA, B. M.; DANILEVICZ, Â. D. M. F.; TEN CATEN, C. S. Inferindo a importância dos atributos do transporte coletivo a partir da satisfação dos usuários. *Transportes*, v. 25, n. 5, p. 36, 2017. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i3.1336>.

BATTY, P.; PALACIN, R.; GIL, A. G. Challenges and opportunities in developing urban modal shift. *Travel Behaviour and Society*, v. 2, p. 109–123, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2014.12.001>.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management

- research methodologies using quantitative modeling. *Operations management research*, 22(2), 241–264, 2002. <https://doi.org/10.1108/01443570210414338>.
- BIRAGO, D.; MENSAHB, S. O.; SHARMA, S. Level of Service Delivery of Public Transport and Mode Choice in Accra , Ghana. *Transportation Research Part F*, v. 46, p. 284–300, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.033>.
- CHAKRABARTI, S. How can public transit get people out of their cars? An analysis of transit mode choice for commute trips in Los Angeles. *Transport Policy*, 54 (November 2016), 80–89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.11.005>.
- CHAPMAN, L. Transport and climate change: a review. *Journal of Transport Geography*, 15(5), p. 354–367, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.008>.
- CHIOU, Y. C.; JOU, R. C.; YANG, C. H. Factors affecting public transportation usage rate: Geographically weighted regression. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, p. 161–177, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.016>.
- DAVIES, N.; BLAZEJEWSKI, L.; SHERRIFF, G. The rise of micromobilities at tourism destinations. *Journal of Tourism Futures*. 2020. <https://doi.org/10.1108/JTF-10-2019-0113>.
- DE OÑA, J.; DE OÑA, R. Quality of service in public transport based on customer satisfaction surveys: A review and assessment of methodological approaches. *Transportation Science*, 49(3), p. 605–622, 2015. <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0544>
- DE OÑA, R.; DE OÑA, J. Analyzing transit service quality evolution using decision trees and gender segmentation. *WIT Transactions on the Built Environment*, 130, p. 611–621, 2013. <https://doi.org/10.2495/UT130491>.
- Dell’Olio, L.; Ibeas, A.; Cecin, P. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), p. 217–227, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.005>.
- DIEZ-MESA, F.; DE OÑA, R.; DE OÑA, J. The Effect of Service Attributes’ Hierarchy on Passengers’ Segmentation. A Light Rail Transit Service Case Study. *Transportation Research Procedia*, 18(June), p. 234–241, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.032>.
- DOS SANTOS, J. B.; LIMA, J. P.; OLIVEIRA, M. L. Estudo de indicadores de qualidade para Transporte Público Urbano. *ENEGEP 2019 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 2019. https://doi.org/10.14488/enegep2019_tn_sto_291_644_38302.
- EKINCI, Y.; URAY, N.; ÜLENGİN, F.; DURAN, C. A segmentation based analysis for measuring customer satisfaction in maritime transportation. *Transport*, 33(1), p. 104–118, 2018. <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1079800>.
- FATIMA, E.; KUMAR, R. Introduction of public bus transit in Indian cities. *International Journal of Sustainable Built Environment*, v,3 p. 27–34, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.06.001>.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G.

- E. *Transporte público urbano*. São Carlos, ed: Rima, 2004.
- GRISÉ, E.; EL-GENEIDY, A. Evaluating the relationship between socially (dis) advantaged neighbourhoods and customer satisfaction of bus service in London , *Journal of Transport Geograph*, v. 58, p. 166–175, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.11.016>
- GUIRAO, B.; GARCÍA-PASTOR, A.; LÓPEZ-LAMBAS, M. E. The importance of service quality attributes in public transportation: Narrowing the gap between scientific research and practitioners' needs. *Transport Policy*, 49, p. 68–77, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.003>.
- HAN, Y.; LI, W.; WEI, S.; ZHANG, T. Research on Passenger's travel mode choice behavior waiting at bus station based on SEM-logit integration Model. *Sustainability (Switzerland)*, 10(6), 2018. <https://doi.org/10.3390/su10061996>.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; DE OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, 5(1), p. 83-90, 2016.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. *Madison: Prentice Hall International*, 816p, 1998.
- LIMA, J.P.; MACHADO, M. H. Walking accessibility for individuals with reduced mobility: A Brazilian case study. *Case Studies on Transport Policy*, 7, p. 269–279, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.02.007>.
- LIMA, J.P.; LOBATO, K.C.D.; LEAL, F.; LIMA, R.S.. Urban solid waste management by process mapping and simulation. *Pesquisa Operacional*. vol.35 no.1. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2015.035.01.0143>.
- LIMA, J.P., INÁCIO, P.P.A., LEAL, F. Service levels of highway toll plazas: The influence of factors on manual customer service. *Production*. Vol. 29. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20180032>
- LIU, Y.; WANG, S.; XIE, B. Evaluating the effects of public transport fare policy change together with built and non-built environment features on ridership: The case in South East Queensland, Australia. *Transport Policy*, 76, p. 78–89, 2019.
- MAHMOUD, M.; HINE, J. Using AHP to measure the perception gap between current and potential users of bus services. *Transportation Planning and Technology*, 36(1), p. 4–23, 2013. <https://doi.org/10.1080/03081060.2012.745316>.
- Maraglino, V.; Dell'Olio, L.; Borri, D.; Portilla, A. I. Methodology for a Study of the Perceived Quality of Public Transport in Santander. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160(Cit), p. 499–508, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.163>.
- MOUWEN, A. Drivers of customer satisfaction with public transport services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 78, p. 1–20, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.005>.
- NTU (Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos). Anuário de 2018-2019. Brasília, 76p. 2019. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/>

- Pub637020043450950070.pdf> Acesso em Agosto de 2020.
- NTU (Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos). Anuário de 2017-2018. Brasília, 76p. 2018. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636687203994198126.pdf>> Acesso em Agosto de 2020.
- PINHEIRO, J. I. D. *Probabilidade e estatística: quantificando a incerteza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 544 p., 2012.
- REDMAN, L.; FRIMAN, M.; GARLING, T.; HARTIG, T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, v. 25, p. 119–127, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.005>.
- RIBEIRO, K.; KOBAYASHI, S.; BEUTHE, M.; GASCA, J.; GREENE, D.; LEE, D. S.; MUROMACHI, Y.; NEWTON, P. J. *Transport and its infrastructure*, cap 5, p. 324-385, 2007.
- SARKAR, P. P., MALLIKARJUNA, C. Effect of perception and attitudinal variables on mode choice behavior : A case study of Indian city , Agartala. *Travel Behaviour and Society*. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2017.04.003>.
- TEMBE, A.; NAKAMURA, F.; TANAKA, S.; ARIYOSHI, R.; MIURA, S. The demand for public buses in sub-Saharan African cities: Case studies from Maputo and Nairobi. *IATSS Research*, 43(2), p. 122–130, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2018.10.003>.
- TRIMET. Bus Stops Guidelines. Final report. 2010 Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/bus_stop_guidelines_trimet.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- VIJ, A.; CARREL, A.; WALKER, J. L. Incorporating the influence of latent modal preferences on travel mode choice behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 54, p. 164–178, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.07.008>.
- WENG, J.; DI, X.; WANG, C.; WANG, J.; MAO, L. A bus service evaluation method from passenger's perspective based on satisfaction surveys: A case study of Beijing, China. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8), p. 1–15, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10082723>.
- YÁÑEZ, M. F.; RAVEAU, S.; ORTÚZAR, J. D. D. Inclusion of latent variables in Mixed Logit models : Modelling and forecasting. *Transportation Research Part A*, 44, p. 744–753, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.07.007>.
- YANG, Y.; WANG, C.; LIU, W.; ZHOU, P. Understanding the determinants of travel mode choice of residents and its carbon mitigation potential. *Energy Policy*, 115(March 2017), p. 486–493, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.033>.
- ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N. Promote transit via hardening first-and-last-mile accessibility: Learned from modeling commuters' transit use. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102446>.

Integração de ferramentas BIM e SIG para gestão e manutenção de infraestrutura urbana

Integration of BIM and GIS tools for urban infrastructure management and maintenance

Integración de herramientas BIM y GIS para la gestión y el mantenimiento de infraestructuras urbanas

Pedro Veríssimo Soulé

Mestrando, PPGEU, UFSCar,
Brasil
pvsoule@estudante.ufscar.br

Cristiane Bueno

Profa. Dra. PPGEU, UFSCar,
Brasil
cbueno@ufscar.br

RESUMO

As ferramentas computacionais podem ser importantes mecanismos para avaliações mais precisas do meio urbano, ajudando na tomada de decisão dos diversos atores envolvidos nos processos de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana. Ferramentas desenvolvidas com propósitos diferentes podem ser utilizadas de forma conjunta para desenvolver uma plataforma com um potencial de análise mais robusto. O objetivo deste artigo é discutir como a utilização em conjunto de ferramentas BIM e SIG, no manejo de redes de infraestrutura urbana, poderia melhorar a gestão de operação e manutenção dessas redes. Para isso, foi realizada pesquisa bibliográfica, a partir de levantamentos de artigos científicos publicados por meios eletrônicos e revisados por pares, sobre os temas BIM e SIG. Foi analisado como os autores têm utilizado as potencialidades dessas ferramentas em conjunto, de forma a se complementarem, e como tal integração pode gerar melhores resultados nas etapas e processos de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana. Verificou-se que, devido à diferença entre suas características, a integração entre BIM e SIG não é simples, porém é possível trabalhar com essas ferramentas computacionais de maneira conjunta possibilitando a criação de uma plataforma CIM, que servirá como suporte para o processo de tomadas de decisões dos gestores das cidades para o planejamento da gestão e da manutenção das redes de infraestrutura urbana.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; SIG; Infraestrutura Urbana; Gestão; Manutenção;

ABSTRACT

Computational tools can be important mechanisms for more accurate assessments of the urban environment, helping in the decision-making of the various actors involved in the management and maintenance of urban infrastructure networks. Tools developed for different purposes can be used together to develop a platform with a more sturdy analysis potential. The purpose of this article is to discuss how an integrated BIM-GIS method, in the management of urban infrastructure networks, could improve the operation and maintenance management of these networks. For this, bibliographic research was carried out, based on surveys of scientific articles published by electronic means and peer-reviewed, on the topics BIM and GIS. It was analyzed how the authors have used the potential of these tools together, in order to complement each other, and how such integration can generate better results in the stages and processes of management and maintenance of urban infrastructure networks. It was found that, due to the difference between their characteristics, the integration between BIM and GIS is not simple, but it is possible to work with these computational tools together, enabling the creation of a CIM platform, which will serve as a support for decision-making process for city managers to plan the management and maintenance of urban infrastructure networks.

Keywords: BIM; GIS; Urban Infrastructure; Management; Maintenance

RESUMEN

Las herramientas computacionales pueden ser mecanismos importantes para evaluaciones más precisas del entorno urbano, ayudando en la toma de decisiones de los diversos actores involucrados en la gestión y mantenimiento de las redes de infraestructura urbana. Las herramientas desarrolladas para diferentes propósitos se pueden usar juntas para desarrollar una plataforma con un potencial de análisis más robusto. El objetivo de este artículo es discutir

cómo el uso conjunto de herramientas BIM y GIS, en la gestión de redes de infraestructura urbana, podría mejorar la gestión de operación y mantenimiento de estas redes. Para ello, se llevó a cabo una investigación bibliográfica, basada en encuestas de artículos científicos publicados por medios electrónicos y revisados por pares, sobre los temas BIM y GIS. Se analizó cómo los autores han utilizado el potencial de estas herramientas en conjunto, con el fin de complementarse, y cómo dicha integración puede generar mejores resultados en las etapas y procesos de gestión y mantenimiento de redes de infraestructura urbana. Se encontró que, debido a la diferencia entre sus características, la integración entre BIM y GIS no es sencilla, pero es posible trabajar con estas herramientas computacionales de manera conjunta permitiendo la creación de una plataforma CIM, que servirá de soporte para el proceso de toma de las decisiones de los administradores de la ciudad para planificar la gestión y el mantenimiento de las redes de infraestructura urbana.

Palabras-Clave: BIM; GIS; Infraestructura Urbana; Gestión; Mantenimiento

1. INTRODUÇÃO

Os avanços das tecnologias de comunicação e informação digital permitiram a criação de uma nova interpretação dos métodos modernos de gestão e desenvolvimento da infraestrutura urbana, garantindo uma integração eficiente e o desenvolvimento de seus elementos (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020). O uso de ferramentas com tecnologias de informação e comunicação pode melhorar a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos, ao mesmo tempo em que pode atender as necessidades das gerações atuais e futuras, sem prejudicar os componentes econômicos, sociais e ambientais da cidade (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020).

Ferramentas computacionais munidas com tecnologias Building Information Modeling (BIM) e Geographic Information System (GIS) ou Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser grandes aliadas na melhoria dos serviços públicos e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (DANTAS, SOUZA E MELO, 2019). Apesar de o BIM ter sido o centro do desenvolvimento da construção civil nas últimas

duas décadas, não existem muitas pesquisas que tratam da utilização dessa ferramenta para a gestão e o desenvolvimento dos meios urbanos e das cidades (MARZOUK & OTHMAN, 2020). Isso ocorre devido às limitações do BIM em relação à expansão horizontal, por não se tratar de uma ferramenta desenvolvida para trabalhar em escala urbana, desencadeando sua integração com o SIG com a intenção de superar essas limitações e começar a aproveitar os benefícios do BIM em relação aos processos de desenvolvimento da cidade (MARZOUK & OTHMAN, 2020).

Essas ferramentas foram desenvolvidas com propósitos diferentes: enquanto o BIM foi desenvolvido para desenvolver modelos de projetos ricos de informação, o SIG foi criado para representar instalações em grandes áreas geográficas. Desse modo, por serem ferramentas computacionais com características distintas, a integração desses dois modelos ainda é um desafio (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019).

A utilização de ferramentas BIM e SIG de forma conjunta permite

a criação de uma plataforma City Information Modeling (CIM), criando um modelo de informação da cidade com características de ambas as ferramentas (AMORIM, 2016). A criação de um modelo nesse formato para uma área urbana permitiria uma visão ao mesmo tempo global e rica em detalhes das redes de infraestrutura urbana, dando acesso a um complexo conjunto de dados de forma mais simples e organizada, munindo de informações os gestores das cidades nas tomadas de decisões referentes à gestão e a manutenção dessas redes. O SIG seria utilizado para retratar as instalações existentes em uma escala geográfica ampla e o BIM seria utilizado para armazenar e manipular as informações de projeto (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019). Almeida e Andrade (2015), afirmam que o uso de um sistema tecnológico de monitoramento e análise é indispensável na gestão pública do território urbano.

Este artigo faz uma análise de diversas publicações científicas que utilizam ferramentas BIM e SIG de maneiras distintas no meio urbano, apresentando suas potencialidades e algumas possíveis maneiras de integração. A partir desses estudos, este trabalho questionou quais seriam as possíveis formas de utilizar esse conhecimento para melhorar o planejamento de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana, como rede de distribuição de água potável, coleta de esgoto sanitário, drenagem de águas pluviais, rede de distribuição e iluminação pública, sistema viário, transporte público e limpeza pública.

2. OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo analisar pesquisas já realizadas

sobre a utilização em conjunto de ferramentas BIM e SIG no manejo de redes de infraestrutura urbana, e discutir como a utilização de forma conjunta dos potenciais dessas ferramentas poderia melhorar a gestão de operação e manutenção dessas redes.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

O método utilizado para desenvolvimento deste trabalho foi o da pesquisa bibliográfica, a partir de levantamentos de artigos científicos publicados por meios eletrônicos e revisados por pares sobre os temas BIM e SIG, voltados para utilização em projetos, execução, operação e manutenção de redes de infraestrutura urbana, além de artigos que tratavam sobre o uso de ferramentas com tecnologia BIM e SIG utilizadas de maneira complementar.

A partir da leitura e estudo desses artigos, foi analisado como os autores têm utilizado as potencialidades dessas ferramentas em conjunto, de forma a se complementarem, e como tal integração pode gerar melhores resultados nas etapas e processos das redes de infraestrutura urbana desde sua constituição até a gestão de manutenção para atender a sua vida útil de projeto (VUP).

Os resultados foram agrupados em temas que explicam as necessidades de manutenção da infraestrutura urbana e sua relação com a sustentabilidade, às potencialidades do uso das ferramentas BIM e SIG na gestão urbana e na compatibilização de novas redes com as existentes, o uso de ferramentas BIM na gestão e manutenção de edificações e as maneiras de integrar essas duas ferramentas com características

diferentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados foram publicados de 2010 a 2020, revisados por pares, focados em temas de manutenção de infraestrutura urbana, que se mostrou fortemente relacionado com a sustentabilidade do meio urbano, utilização de BIM e SIG na gestão das cidades e na utilização dessas duas ferramentas em conjunto. Os resultados levantados são apresentados a seguir.

A infraestrutura urbana tem um papel importante no desenvolvimento sustentável, sendo a sua manutenção crucial para manter o sistema funcionando de forma adequada e segura. A integração das tecnologias de informação e comunicação podem ser ferramentas importantes para atender as necessidades de suporte para as estratégias e planos de manutenção das redes de infraestrutura urbana, porém a sua aplicação é um desafio, por se tratar de uma atividade complexa, envolvendo vários agentes e requisitando de muitos recursos (HU, M. & LIU, Y.; 2020). O uso dessas ferramentas para gerenciamento da infraestrutura urbana tem a intenção de auxiliar os serviços de manutenção reduzindo os potenciais riscos de segurança causados por processos desordenados de manutenção, facilitando o acesso à informação, sendo possível que qualquer administrador, operador ou especialista faça um diagnóstico, conserte, monitore e colete dados remotamente às redes, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária e a complexidade das operações de manutenção, além de auxiliar as tomadas de decisões (HU,

M. & LIU, Y.; 2020).

4.1 MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Olazabal et al. (2010), mediante um estudo prospectivo, para identificar os principais desafios, critérios e indicadores para a gestão sustentável do território, apresentaram uma abordagem integrada ao gerenciamento espacial sustentável com base no desenvolvimento de um sistema integrado de apoio à decisão, para gestores territoriais que lidam com a implementação de estratégias e planos em nível regional e local. Foram utilizadas ferramentas com tecnologia SIG para criação de mapas, visualização, gerenciamento, processamento e análise dos dados. A elaboração de um modelo conceptual a partir de sessões participatórias e de técnicas de dramatização para identificar demandas e necessidades, constatou que os serviços de infraestrutura urbana são fatores importantes na avaliação de sustentabilidade, tanto para o fornecimento de serviços existentes como para novas demandas (OLAZABAL, *et al.* 2010).

Sohail, Cavill e Cotton (2005) definiram que a operação e manutenção dos serviços urbanos são sustentáveis se a infraestrutura urbana atingir sua VUP. A operação adequada dos serviços refere-se às atividades envolvidas na prestação de um serviço, depende dos usuários e provedores, usando as facilidades e os equipamentos com cuidado para garantir a VUP dos serviços e reduzir as necessidades de manutenção, que são referentes às atividades que garantem que a infraestrutura permaneça em condições de serviço, abrangendo manutenção preventiva,

manutenção corretiva e manutenção de crises (SOHAIL, CAVILL & COTTON, 2005).

As tecnologias de comunicação e informação digital possibilitaram a criação de uma nova interpretação dos métodos modernos de gestão de desenvolvimento da infraestrutura urbana, garantindo uma integração eficiente e o desenvolvimento dos elementos da infraestrutura urbana (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020). Para Sycheva, Budagov e Novikov (2020) o uso dessas novas tecnologias é definido como sustentável à medida que, ao mesmo tempo em que melhoram a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos, também se preocupam em atender as necessidades das gerações atuais e futuras sem prejudicar os componentes econômicos, sociais e ambientais da cidade.

O uso das tecnologias de informação e comunicação permite a otimização dos processos urbanos a partir da combinação de vários elementos e participantes pela interação por um sistema inteligente, permitindo a previsão de situações e comportamentos individuais das infraestruturas, assim como da cidade como um todo. O desenvolvimento dessas novas tecnologias tem conduzido para uma reinterpretção dos métodos modernos de gestão da infraestrutura urbana (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020).

4.2 BIM COMO FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO DE PATRIMÔNIO

Para Hu e Liu (2020), o uso integrado das tecnologias de informação e comunicação pode atender as necessidades de suporte para as estratégias e planos de manutenção. A partir da internet é possível que

qualquer administrador, operador ou especialista faça um diagnóstico, conserte, monitore e colete dados remotamente às redes, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária e a complexidade das operações de manutenção, além de auxiliar as tomadas de decisões (HU, M. & LIU, Y.; 2020).

A modelagem de informações de construção (BIM) pode integrar uma ampla gama de fluxos de informação de sistemas interdepartamentais de forma a alinhar decisões sobre gestão e manutenção com o desempenho organizacional (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

O processo de manutenção de um ativo deve estar estrategicamente dirigido ao longo de todo o ciclo de vida desse ativo, incluindo o planejamento e aquisição, manutenção e descarte ou substituição. A manutenção deve busca garantir a melhor relação custo-benefício dos ativos no atendimento as necessidades estratégicas das organizações do setor público, além de implicar um processo de orientação estratégica para garantir que a otimização dos ativos de uma organização apoie seus principais negócios metas e objetivos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Inicialmente o BIM foi introduzido para resolver problemas das fases de projetos e construção, a partir de uma comunicação aprimorada, servindo como uma ferramenta para mitigar problemas como falta de produtiva, assertividade em custo e planejamento, qualidade da construção e previsões de incompatibilidades (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

O BIM possui potencial para ser uma importante ferramenta de tecnologia da informação e comunicação no auxílio da manutenção ao longo da vida útil de uma construção, porém no pós obra o BIM tem sido mais utilizado apenas nos estágios iniciais do ciclo de vida da construção (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Sistemas computadorizados de gerenciamento de manutenções e instalações já são utilizados para atividades de gestão de ativos, a partir de programações, registro e controle de atividades de manutenção e operação, geração e solicitações de serviços, orçamento e contabilidade de instalações, entre outros (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). Esses sistemas podem ser melhorados a partir da integração com ferramentas computacionais como o BIM, capazes de fornecer diagnósticos do sistema, raciocínio de decisão e coleta e transferências de dados entre sistemas (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). O BIM pode ser uma importante ferramenta para auxílio na manutenção de ativos construídos em que há necessidade de processar grandes conjuntos de informações complexas, utilizando alimentação de dados múltiplos por meio de diferentes partes interessadas (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Modelos BIM podem fornecer um armazenamento de informações rico e centralizado para facilitar a recuperação e transferência de dados entre diferentes sistemas de tecnologia da informação e comunicação usados para manutenção de ativos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). O BIM pode

ajudar a organizar grandes volumes de dados, melhorando a eficiência das atividades de manutenção de ativos, reduzindo o processamento manual de transferência de informações, aumentando a precisão dos dados, apoiando as tomadas de decisões orientadas para manutenção de ativos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Os problemas que impedem a implementação do BIM raramente são técnicos, normalmente estão mais relacionados a questões de gestão e pessoas e na visão de muitas organizações que enxergam a manutenção de ativos construídos como um custo e não como uma adição de valor para a organização (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). Para que o BIM possa ser utilizado em todo seu potencial para as atividades de gestão e manutenção é necessário que as práticas de trabalho mudem, as disciplinas individuais e os regimes de dados proprietários devem ser revertidos para práticas interdisciplinares, baseadas em dados compartilhados em que modelos de informação prevaleçam (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

4.3 UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM E SIG NA GESTÃO URBANA

O uso de ferramentas BIM permite o armazenamento de grandes quantidades de dados, a visualização tridimensional de objetos e a facilidade de identificação de incompatibilidades. Todas essas características podem auxiliar significativamente o gestor na identificação das informações necessárias para tomada de decisão. Entretanto, a representação de redes

de infraestrutura urbana necessita trabalhar em grande escala com coordenadas georreferenciadas, que não são características BIM (TRISYANTI, S. et al., 2019).

Segundo Almeida e Andrade (2015), o SIG é a ferramenta com maior tendência de aplicação nos órgãos públicos de gestão e a sua integração com o BIM possibilitaria a compatibilização automática da infraestrutura urbana e a noção precisa do consumo das demandas a partir de informações extraídas diretamente do modelo. Além disso, permitiria deter maior controle da execução e manutenção das redes instaladas e permitiria tomadas de decisões mais embasadas (ALMEIDA & ANDRADE, 2015).

Dantas, Souza e Melo (2019) afirmam que a gestão da infraestrutura urbana com as ferramentas de modelagem da informação possibilita maior precisão no processo de identificação de problemas, permitindo ações de manutenção mais assertivas, reduzindo gastos para os municípios, e melhorando a qualidade do serviço público para a população.

As cidades possuem muitos agentes envolvidos nos processos decisórios e operacionais, fazendo com que as tomadas de decisões e operações de manutenção não fiquem na responsabilidade de apenas um administrador. Drenagem pluvial, sistema viário e limpeza pública são de responsabilidade do poder público municipal, enquanto serviços como energia elétrica, iluminação pública, abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, geralmente, ficam a cargo de uma autarquia (AMORIM, 2016). Esse cenário cria um quadro constituído por múltiplos agentes operacionais, para cujas atividades

são empregadas diferentes plataformas e sistemas com baixo nível de integração (AMORIM, 2016). Esse modelo de distribuição de responsabilidade pode variar, mas o importante a ser observado é que, raramente, a gestão das redes de infraestrutura urbana está concentrada em um único órgão.

Uma grande diferença entre um modelo CIM em relação ao modelo BIM reside no fato de que as decisões sobre o modelo BIM ficam sob a responsabilidade do proprietário do empreendimento, enquanto no CIM esta responsabilidade é compartilhada por diversas agências oficiais e concessionárias (AMORIM, 2016). Um modelo que integrasse as redes de infraestrutura urbana possibilitaria o acesso de diferentes gestores ao sistema e com níveis de comando diferentes. Trisyanti et al. (2019) criaram um modelo digital tridimensional para gestão de edificações por meio de ferramentas BIM e SIG, que era acessado de forma diferente pelos usuários, separados em grupos "público" e "privado". O primeiro grupo poderia apenas visualizar o modelo e acessar informações gerais, e o segundo grupo teria acesso a uma quantidade maior de dados, podendo editar essas informações, além de customizar as aplicações segundo suas necessidades.

Considerando o objetivo deste estudo é possível fazer uma analogia do modelo criado por Trisyanti et al. (2019) para um modelo CIM hipotético de um meio urbano, em que as responsabilidades das redes de infraestrutura urbana ficam a cargo de diferentes atores. Nesse modelo hipotético, a agência reguladora responsável pela rede de distribuição de água teria acesso às informações

das redes de drenagem para que fosse possível prever compatibilizações e interferências em possíveis obras de expansão e manutenção das redes de água, porém não teria permissão para editar as informações das redes de drenagem, uma vez que a responsabilidade por essas redes fica a cargo de outra agência.

A criação de um modelo CIM que compatibilizasse as redes de infraestrutura urbana de uma cidade traria a integração de informações de responsabilidade distintas para um único modelo, o que poderia facilitar a comunicação entre diferentes agências, encontrando soluções mais compatíveis e ágeis. A gestão pública do território urbano deve acompanhar as transformações que acontecem na cidade e os impactos dessas transformações. Para isso, o uso de um sistema tecnológico de monitoramento e análise se torna indispensável (ALMEIDA & ANDRADE, 2015).

4.4 IMPLANTAÇÃO DE REDES URBANAS EM AMBIENTES CONSOLIDADOS COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

A implantação de novas redes de infraestrutura urbana em ambientes já estabelecidos tem o desafio de criar o menor impacto possível às redes existentes, compatibilizando a nova rede sem criar interferências com as redes já instaladas. Isso se deve à dificuldade, ou, muitas vezes, impossibilidade, de fazer alterações nessas redes. Além do processo de compatibilização entre redes, deve ser previsto o impacto ao meio urbano durante as obras de execução da nova rede. Ferramentas computacionais com tecnologia BIM podem ser grandes aliadas para superar esse tipo de desafio, por se

tratar de ferramentas com capacidade de identificar interferências durante a fase de projeto de maneira mais simples e direta, a partir da modelagem das redes em três dimensões (3D), dependendo menos da percepção dos projetistas, em comparação com os métodos de projetos em duas dimensões (2D) (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019). Entretanto, as ferramentas BIM não foram desenvolvidas para trabalhar em grandes escalas (MARZOUK & OTHMAN, 2020), criando um empecilho para sua utilização em meios urbanos.

Zhao, Liu e Mbachu (2019) utilizaram ferramentas BIM e SIG em conjunto para o projeto de uma nova rede de distribuição de água em um ambiente urbano já consolidado. Nesse projeto, o SIG foi utilizado para retratar as instalações existentes em uma escala geográfica ampla, enquanto o BIM foi utilizado para armazenar e manipular as informações de projeto. Para a criação do modelo tridimensional do estudo, incluindo superfície, edificações existentes e sistemas de tubulação, foram utilizados ArcGIS®, AutoCAD®, Revit® e SketchUp®. A partir do levantamento da área, os pontos foram passados para o AutoCAD e, em seguida, transferidos para o ArcGIS® com as cotas dos pontos, criando uma superfície triangular para representar a superfície real do terreno. As edificações tiveram seus perímetros levantados a partir de imagens aéreas e representadas suas alturas tridimensionalmente no SketchUp®, sendo em seguida exportado para o ArcGIS®. As redes foram preparadas no AutoCAD e exportadas para o Revit®, onde foram modeladas e inseridas as informações dos tubos, sendo na sequência incorporados os dados

no SIG utilizando o CityGML/UtilityNetwork, integrando o modelo tridimensional de tubos no ArcGIS®. Para compatibilização da nova rede com as redes existentes, foi feita uma análise topológica com a ferramenta SIG, considerando os fatores de execução existentes, como espaços para equipamentos, material, serviços, construção no geral. Para isso, foram criadas regras para as representações gráficas no SIG, sendo pontos, linhas e áreas, em que cada uma dessas representações correspondia a um elemento da rede hidráulica. Automaticamente, a partir das regras prescritas para o programa, eram identificados e examinados erros de compatibilização, fazendo com que fosse necessário alterar os locais com esses erros a partir de análises detalhadas. Após a correção, o programa refazia as verificações até que não fossem encontrados mais problemas de compatibilização, estando o projeto pronto para obra. A utilização das ferramentas BIM e SIG de forma complementar permitiu a geração de um modelo tridimensional completo de informações e que previsse os conflitos, permitindo seus ajustes, antes da execução da obra da nova rede de água potável (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019).

4.5 TRANSFERÊNCIA DE DADOS ENTRE FERRAMENTAS BIM E SIG

Em seu estudo de caso, Trisyanti et al. (2019) salvou o modelo tridimensional BIM como Industry Foundation Classe (IFC) e o resultado do mapeamento da área de estudo foi modelado tridimensionalmente em uma ferramenta SIG capaz de armazenar, representar e gerir modelos virtuais tridimensionais de cidades, a partir de um esquema

do banco de dados implementado pelo padrão City Geography Markup Language (CityGML). Da mesma maneira, Zhao, Liu e Mbachu (2019) realizaram a transferência de informações do arquivo BIM do seu modelo de redes para o SIG, utilizando o IFC, a partir de adequações que permitem a leitura dessas informações pelo programa, transformando cada objeto tridimensional e carregado de informações das redes em representações gráficas simplificadas para serem representadas no SIG.

IFC é um formato de dados neutros que constitui um padrão internacional para BIM, possibilitando o compartilhamento de dados da edificação, independentemente da plataforma de trabalho (AMORIM, 2016). Segundo Amorim (2016), o modelo IFC foi desenvolvido com o intuito de permitir o intercâmbio e o compartilhamento de informações sobre edificações, estando em um constante processo de melhoria, sendo que esta prevista a criação do IFC5 para incorporar a modelagem de elementos de infraestrutura urbana, o que possibilitaria a integração de modelos das edificações com modelos de cidade, viabilizando a constituição dos modelos CIM.

O CityGML é um padrão internacional aberto que permite o armazenamento da forma e da geometria tridimensional dos objetos, sendo compatível com ferramentas computacionais com SIG (AMORIM, 2016). O CityGML também pode ser definido como um modelo de dados aberto que permite a troca de dados que descrevem os objetos urbanos e paisagísticos, juntamente com seus atributos espaciais e não espaciais, relação e suas estruturas hierárquicas complexas em cinco níveis de detalhe (LoD) (TRISYANTI,

S. et al., 2019).

5. CONCLUSÃO

O planejamento de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana é um trabalho complexo, que envolve vários atores das esferas público e privada. As atividades relacionadas à infraestrutura urbana abrangem áreas de grandes escalas, podendo envolver cidades inteiras ou até áreas maiores, como conurbações urbanas ou redes de produção, tratamento e distribuição que iniciam e terminam em cidades, estados ou até mesmo países diferentes. As atividades relacionadas à infraestrutura urbana estão em constantes mudanças, devido a novos empreendimentos, mudanças no tecido urbano, variações de consumos e até mesmo pelo limite da VUP das redes instaladas, fatores que aumentam ainda mais a complexidade desses serviços. Isso faz com que o campo de pesquisas futuras para o CIM seja muito amplo, com grande quantidade de oportunidades e desafios, sendo de grande importância para o futuro das cidades, pois a utilização de plataformas com essa tecnologia pode melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas.

Ferramentas SIG são voltadas para a gestão de informação, não tendo características para desenvolvimento de projetos e de modelagem, por esse motivo é necessária sua integração com o BIM para trabalhar com redes de infraestrutura. Da mesma maneira, ferramentas BIM não foram desenvolvidas para trabalhar com dados com referência espacial ou coordenadas geográficas, sendo necessária a sua compatibilização com o SIG para preenchimento dessa lacuna na

utilização para projetos de grande escala. As publicações estudadas neste artigo mostram que é possível o uso dessas duas ferramentas de forma a se complementarem, sendo que utilização do BIM e do SIG pode facilitar desde a visão global até o detalhe dos sistemas de infraestrutura, munindo de informações os atores envolvidos na gestão patrimonial para as tomadas de decisões.

Por se tratarem de ferramentas computacionais com características diferentes, a integração entre BIM e SIG não é simples. As ferramentas BIM utilizam o IFC como formato neutro de transferência de dados entre diferentes ferramentas com essa tecnologia, mas esse formato não é compatível com ferramentas SIG, que utilizam o padrão CityGML para transferência de dados entre ferramentas com essa mesma característica. Essas dificuldades não impossibilitam a transferência de dados entre ferramentas BIM e SIG, pois os objetos tridimensionais criados em um modelo BIM podem ser transformados em representações gráficas passíveis de serem representadas em SIG. Porém, deve-se sempre atentar para o nível de detalhamento desejado, pois mesmo transferências entre ferramentas BIM distintas podem perder informações nas transferências em formatos IFC.

O uso das ferramentas computacionais BIM e SIG em conjunto pode ser a base para a criação de uma plataforma CIM que servirá como suporte para as tomadas de decisões dos gestores das cidades para o planejamento da gestão e da manutenção das redes de infraestrutura urbana. Essa plataforma possibilitaria a integração de redes, que usualmente ficam a cargo de diferentes gestões,

em um mesmo modelo repleto de informações de fácil acesso e passível de atualizações à medida que essas redes vão se expandindo ou alterando.

Devido às particularidades dos municípios em relação à gestão pública dessas redes, a plataforma criada deve ser desenvolvida a atender as necessidades específicas da cidade em que será utilizada.

A criação e utilização de uma plataforma CIM utilizando a modelagem da informação, baseada em um sistema de informações geográficas, pode facilitar a gestão e a manutenção de redes de infraestrutura urbana, mas não só isso. Uma plataforma nesse formato completa e acessível pode ser estudada como fonte de dados para tomadas de decisões no direcionamento de verbas públicas, acompanhamento transparente e detalhado do uso do dinheiro público para as obras de infraestrutura e como parte do desenvolvimento de cidades inteligentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 1º. Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max. A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana. *VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015)*, Recife, 2015.

AMORIM, Arivaldo Leão de. Estabelecendo requisitos para a modelagem da informação da cidade (CIM). *Espaços e Fronteiras da Modelagem da Informação da Cidade (CIM)*. IV ENANPARQ jul, 2016.

DANTAS, H. S.; SOUSA, J. M. M. S.; MELO, H. C. The importance of city information modeling (CIM) for cities' sustainability. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012074.

HU, Min; LIU, Yunru. E-maintenance platform design for public infrastructure maintenance based on IFC ontology and Semantic Web services. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, v. 32, n. 6, p. e5204, 2020.

MARZOUK, Mohamed; OTHMAN, Ahmed. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustainable Cities and Society*, v. 57, p. 102120, 2020.

OLAZABAL, M. et al. Sustainable spatial management: an integrated approach. In: *Proceedings of the institution of civil engineers-municipal engineer*. Thomas Telford Ltd, 2010. p. 33-41.

SYCHEVA, Evelina; BUDAGOV, Artur; NOVIKOV, Andrey. Urban infrastructure development in a global knowledge-based economy. In: *SHS Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. p. 03013.

TRISYANTI, S. W. et al. Low cost web-application for management of 3d digital building and complex based on BIM and GIS. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 42, p. 371-375, 2019.

WANIGARATHNA, Nadeeshani et al. Building information modelling to support maintenance management of healthcare built assets. *Facilities*

37, no. 7/8, p. 415-434, 2019.

ZHAO, Linlin; LIU, Zhansheng; MBACHU, Jasper. An integrated BIM-GIS method for planning of water distribution system. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 8, p. 331, 2019.

Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos no Âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré

*Sustainable Drainage and Revitalization of Urban Rivers in the Framework
of the Tietê-Jacaré Watershed Committee*

*Drenaje Sostenible y Revitalización de Ríos Urbanos en el Ámbito del
Comité de la Cuenca Hidrográfica del Tietê-Jacaré*

Jozrael Henriques Rezende

Prof. Dr. da Faculdade de
Tecnologia de Jahu do
Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza_
Fatec Jahu_CEETEPS
Dep Meio Ambiente e
Recursos Hídricos
jozrael.rezende@fatec.sp.gov.
br

Érica Rodrigues Tognetti
Eng^a. Me. do Departamento
de Águas e Energia Elétrica do
Estado de São Paulo_DAE
comitetj@yahoo.com.br

RESUMO

A degradação dos cursos d'água urbanos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI TJ) reflete um modelo de desenvolvimento que não considera os aspectos ecológicos e hidrológicos no planejamento e governança das cidades. Os impactos ambientais advindos desta estratégia, tais como a poluição hídrica decorrente da inadequação do saneamento, a escassez de água na estação seca e as inundações e alagamentos frequentes no período chuvoso, evidenciam a necessidade de mudança na maneira de gerir as águas urbanas. É preciso integrar os usos do solo e das águas no âmbito das bacias hidrográficas, com ênfase na infiltração de água no solo e na manutenção das funções ecossistêmicas dos cursos d'água. Este trabalho tem como objetivo apresentar as diretrizes e o termo de referência do programa de drenagem urbana e revitalização de rios da UGRHI TJ.

Palavras-chave: Águas Urbanas; Bacia Hidrográfica; Ecohidrologia; Engenharia Natural.

ABSTRACT

The degradation of urban watercourses at Water Resources Management Unit Tietê-Jacaré (WRMU TJ) reflects a development model that does not consider ecological and hydrological aspects in the planning and governance of cities. The environmental impacts arising from this strategy, such as water pollution resulting from inadequate sanitation, the scarcity of water in the dry season as well as the increasingly frequent inundation and flooding in the rainy season, highlight the need for a change in the way of managing urban waters. It is necessary to integrate the uses of soil and water within the scope of watersheds, with an emphasis on soil water infiltration and maintenance of ecosystem functions in watercourses. This paper aims to present the guidelines and the term of reference of the urban drainage and river revitalization program of WRMU TJ.

Keywords: Urban Waters; Watershed; Eco-Hydrology; Natural Engineering.

RESUMEN

La degradación de los cursos de agua urbanos de la Unidad de Gestión de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI TJ) refleja un modelo de desarrollo que no considera los aspectos ecológicos e hidrológicos en la planificación y gobernanza de las ciudades. Los impactos ambientales derivados de esta estrategia, como la contaminación del agua por un saneamiento inadecuado, la escasez de agua en la estación seca y las frecuentes inundaciones en la época de lluvias, resaltan la necesidad de un cambio en la forma de gestionar las aguas urbanas. Es necesario integrar los usos del suelo y de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas, con énfasis en la infiltración de agua en el suelo y en el mantenimiento de las funciones ecossistémicas de los cursos de agua. Este trabajo tiene como objetivo presentar los lineamientos y el término de referencia del programa de drenaje urbano y revitalización de ríos de la UGRHI TJ.

Palabras clave: Aguas Urbanas; Cuenca Hidrográfica; Ecohidrología; Ingeniería natural.

1. INTRODUÇÃO

Usualmente, os processos de urbanização das cidades brasileiras adotam, como práticas, a impermeabilização do solo, as retificações, canalizações e tamponamentos dos cursos d'água e a ocupação dos fundos de vale por vias e edificações. A adoção deste resulta na degradação dos corpos d'água receptores das águas residuárias e pluviais, em danos sociais e prejuízos econômicos devidos aos alagamentos e inundações. (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012). A ocorrência frequente desses problemas indica a necessidade de rever os modelos de drenagem e as formas de intervenção nos cursos d'água urbanos. Os rios urbanos podem ser provedores de serviços ecossistêmicos quantitativos, como regulação de cheias, e qualitativos, como purificação da água para o consumo (JACOBI; FRACALANZA; SIVA-SÁNCHEZ, 2015; POSTEL; THOMPSON; BARTON, 2005).

O objetivo da gestão sustentável da água, na visão integradora e sistêmica, é regular as interações hidrológicas e ecossistêmicas com a sociedade, mantendo o equilíbrio, as funções e a resiliência dos ecossistemas fluviais ao mesmo tempo que protege as pessoas e os bens contra os alagamentos e as inundações (LEZY-BRUNO; OLIVEIRA, 2007; ZALEWSKI, 2010). Esse modelo adota o manejo adaptativo dos recursos naturais, reconhecendo as mudanças e a dinâmica dos recursos naturais, com ajustes contínuos conforme a situação se altera, sempre considerando o aprendizado e a interação entre o sistema social e natural (ARAÚJO, 2012).

Esta abordagem ecohidrológica busca mimetizar ou recuperar processos

naturais dos ciclos hidrológico e ecológico, adotando como conceitos básicos: a permeabilidade máxima das águas de chuva ao longo do curso d'água e na bacia hidrográfica, a manutenção das propriedades naturais dos leitos (sinuosidades) e vegetação ciliar nas margens (SANCHES, 2007). A ecohidrologia adota o conceito de melhoria da resiliência do ecossistema como ferramenta de gestão, reforçando a adoção de uma abordagem preventiva e holística da bacia, ao invés do enfoque reativo, setorial e segmentado, típico das práticas de gerenciamento dos recursos hídricos convencionais (ZALEWSKI, 2010 e 2002).

Os processos hidrológicos e ecológicos são estudados de forma conexa a fim de encontrar soluções de longo prazo, que integrem os componentes sociais e a sustentabilidade do ecossistema, melhorando a eficiência do uso da água. Isso é chamado de objetivo multifuncional dos cinco elementos para o fortalecimento da capacidade de suporte de ecossistemas alterados: água, biodiversidade, serviços ecossistêmicos, resiliência e cultura ou dimensão social (UNESCO, 2018).

O sucesso dessa abordagem depende de ações não apenas nos cursos d'água, mas em toda a bacia hidrográfica, por meio da utilização do solo, da vegetação e da rede hídrica natural como componentes da infraestrutura do sistema de drenagem com o potencial de mitigar os efeitos adversos da urbanização (ROLO; GALLARDO; RIBEIRO, 2017). Essa infraestrutura, chamada de verde e azul, utiliza estratégias tais como a infiltração de água, o aproveitamento da drenagem natural e o incremento de sistemas florestais

urbanos, capaz de gerar interferência positiva no armazenamento hídrico das bacias hidrográficas urbanas, no microclima e na qualidade atmosférica (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Em relação aos rios urbanos, os procedimentos de revitalização com a disponibilização dos serviços desses ecossistemas para as cidades configuram-se como tendências mundiais que fazem parte da revisão do pensamento humano em relação à questão ambiental, social e econômica (LISBOA, 2010).

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo apresentar o termo de referência do programa de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos da UGRHI TJ.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A elaboração do Termo de Referência do "Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Cursos d'água Urbanos para a UGRHI TJ" demandou a capacitação dos membros das Câmaras Técnicas de Recursos Naturais, Saneamento e Educação Ambiental (CT-RN, CT-SAN e CT-EA) do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH TJ) visando à padronização e nivelamento do conhecimento e das informações. Isso foi conseguido por intermédio de revisão bibliográfica a respeito dos principais temas relacionados ao estudo.

2.1 MANEJO SUSTENTÁVEL E ADAPTATIVO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Muito embora a gestão sustentável das águas urbanas seja reconhecida como fundamental para promover qualidade de vida, o modelo higienista de drenagem, caracterizado pela evacuação rápida

das águas pluviais e servidas, por meio de impermeabilização de áreas e de sistemas de condutos artificiais, ainda predomina na maior parte das municipalidades brasileiras (ZANANDREA; SILVEIRA, 2019; TUCCI, 2008).

Na tentativa de sanar boa parte das deficiências apresentadas pelos sistemas higienistas, foram desenvolvidos métodos de manejo de águas pluviais planejados em escala de bacia e introduzindo dispositivos de armazenamento e infiltração (detenções, retenções, pavimentos permeáveis, micro reservatórios, valos e trincheiras de infiltração). Estes métodos, denominados Best Management Practices - BMP passaram a ser recomendados mundialmente a partir da década de 70 (URBONAS; STAHR, 1993).

No Brasil a recomendação das "BMP" ocorreu principalmente a partir da primeira década deste século. As maiores diferenças da adoção destas práticas no país, quando comparadas à aplicação de sistemas tradicionais de drenagem, dizem respeito à implementação de detenções (por meio dos chamados "piscinões"), empregadas como "solução" dos problemas da abordagem higienista. O uso isolado dessa medida, porém, tem gerado inúmeros inconvenientes no tocante à veiculação de doenças e odor oriundos da retenção da água próxima à população (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

Ainda na década de 90, a ciência passou a reconhecer o papel do solo e da vegetação no controle das águas pluviais, ao promover a infiltração, a evapotranspiração e o contato da água com plantas e microrganismos, estabelecendo as bases científicas para os sistemas

naturais de drenagem. Neste sentido, as abordagens que mais avançaram foram a Low Impact Development (LID, denominada no Brasil por Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto) de origem norte-americana; a Water Sensitive Urban Design (WSUD) de origem australiana e a Sustainable Drainage Systems (SuDS) de origem britânica (ZANANDREA, SILVEIRA, 2019; SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

A estratégia de manejo sustentável das águas pluviais e servidas surgiu na década de 80 nos EUA a partir dos modelos de desenvolvimento urbano de baixo impacto (Low Impact Development - LID), que utilizam o planejamento multidisciplinar integrado às práticas de tratamento e controle em pequena escala, ou seja, localizadas, para reproduzir o comportamento hidrológico natural em configurações urbanas residenciais, comerciais, industriais ou mistas, já que o uso das medidas estruturais propostas não tem sido capaz de minimizar todos os impactos hidrológicos da eventual má gestão do uso do solo (ZANANDREA, SILVEIRA, 2019; USEPA, 2000).

A estratégia de manejo sustentável e adaptativo de águas pluviais com ênfase na utilização de ecossistemas naturais como infraestrutura está baseada nos seguintes elementos principais (USEPA, 2012):

- Preservação e recuperação da vegetação e manutenção dos caminhos naturais de drenagem e das características nativas do solo, minimizando as áreas impermeáveis e as intervenções no relevo;
- Projetos únicos e específicos, respeitando as peculiaridades locais e naturais em toda a bacia, em detrimento aos modelos

padronizados;

- Incremento da infiltração e da recarga do fluxo de base e dos aquíferos;
- Manutenção das áreas úmidas e dos riachos;
- Direcionamento controlado do escoamento para áreas vegetadas;
- Manejo hídrico o mais próximo possível da fonte de geração do excedente de escoamento de modo integrado, começando pela residência e quarteirão (controle distribuído de pequena escala);
- Planejamento e implementação de sistemas de drenagem que mimetizem os processos hidrológicos naturais com conservação preditiva e preventiva dos sistemas de drenagem visando o aumento de sua eficiência e longevidade;
- Atuação sistêmica na prevenção da poluição e na educação ambiental;
- Atratividade e pertencimento com paisagismo apropriado e limpeza e manutenção rotineiras.

2.2 REVITALIZAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA URBANOS

As intervenções em cursos d'água para a preservação ou melhoria das condições ambientais podem ser denominadas por diferentes terminologias, implicando em divergências conceituais. Termos como restauração, reabilitação, recuperação, renaturalização e revitalização são amplamente empregados, sem que haja convergência conceitual sobre escopo e abrangência (BAPTISTA; PÁDUA, 2016). Esse trabalho adotou o termo "revitalização" para qualquer experiência inovadora de intervenção em cursos d'água capaz de proporcionar a melhoria do ambiente fluvial e da qualidade da água para usos múltiplos, bem como a recuperação de funções ecológicas

e hidrológicas e a reabilitação das funções sociais dos rios e de suas margens (SELLES, 2001; MACHADO et al., 2010).

Os rios são sistemas lineares abertos que participam de grande parte dos processos hidrológicos ecológicos que ocorrem nas bacias hidrográficas. A dinâmica dos rios ocorre ao longo das dimensões longitudinal (cabeceiras/foz), lateral (calha do rio/margens/planície aluvial) vertical (superfície/fundo), temporal anual (enchente/cheia/vazante/estiagem) e interanual (anos secos/anos normais/anos chuvosos) (BROOKES, 1996; WARD; STENFORD, 1989 apud BARRELA et al 2001).

O regime de pulsos de um rio, composto pelas fases de enchente, cheia, vazante e estiagem, é constituído por um padrão de variabilidade de fases em determinados tempo e espaço; formando um modelo sinusoidal resultante da curva fluviométrica a partir da introdução de um nível de referência, que é normalmente a cota de inundação ou nível de extravasamento do canal do rio (CASCO, NEIFF e NEIFF, 2005;).

Estes processos, quando naturais, são desejáveis, já que determinam a formação de estruturas e arranjos fluviais característicos. Por outro lado, junto às margens e nos leitos de cheia majorados pelas mudanças no uso do solo, existe quase sempre a necessidade de proteção dos taludes fluviais e do leito frente aos danos decorrentes das alterações promovidas no pulso hidrológico dos rios, em particular nas zonas urbanas, visto que o uso e a ocupação do solo para fins urbanos interferem significativamente no balanço hídrico, aumentando o escoamento superficial em detrimento da

infiltração (REZENDE; PIRES; MENDIONDO, 2010; MONTEIRO, 2014).

Nessas áreas, as condições de escoamento e os níveis de água em situações de cheia têm de ser adequadamente geridos de modo a evitar danos, pois as alterações no uso do solo urbano levam ao aumento da vazão máxima em até sete vezes (TUCCI, 2006), com redução do tempo de concentração, devido à impermeabilização e aos condutos artificiais e canalização da drenagem. A alteração do padrão de escoamento na zona urbana provoca ainda redução significativa das vazões de base e do tempo de concentração da bacia que, somados às obras de canalização e retificação, eliminam a maioria dos habitats dos ecossistemas fluviais (BRENNER, 2016; VIEIRA; WILSON JR., 2005).

Os modelos convencionais de gerenciamento das águas urbanas não tratam a prevenção e nem a causa destes problemas. Uma vez ocorrida uma inundação e todas as implicações socioeconômicas decorrentes, o município declara calamidade pública e recebe recursos a fundo perdido, com dispensa de licitação, para a situação emergencial. Como as soluções sustentáveis passam, em sua maioria, por medidas não estruturais, envolvendo restrições à população e interferência nos interesses econômicos de proprietários de áreas de risco, dificilmente a gestão pública municipal busca este tipo de solução (TUCCI, 2003).

A clássica estratégia de transformação de cursos d'água urbanos em canais artificiais retificados com os taludes, e até mesmo o fundo concretados, tem como objetivos drenar rapidamente

as águas pluviais, aumentar a área habitável e ampliar as vias públicas. Os efeitos decorrentes desse tipo de intervenção são observados até hoje, ou seja, a abordagem que atribui aos rios características de canais estáveis e fixos, com várias obras de defesa contra as cheias (diques, proteção das margens, etc.), na grande maioria dos casos provou não ser a melhor solução, ao longo do tempo, levando inclusive a gastos anuais frequentes para a realização de novas obras hidráulicas visando a reparação dos danos, numa espiral interminável de custos crescentes (SANDER et al., 2012; VERÓL, 2013).

Existem aqueles que, a partir de paradigmas já superados, ainda defendem a alteração dos cursos d'água nas áreas urbanas para desempenhar a função hidráulica de drenagem das águas pluviais, ou seja, evitar inundações nas grandes e médias cidades brasileiras. Esta função nunca foi cumprida com êxito e, apesar da insustentabilidade deste modelo demonstrada ao longo de décadas de sofrimento social, perdas econômicas e degradação ambiental, ainda se investiam até a década passada centenas de milhões de reais por ano no Brasil em projetos com essa premissa de transferência rápida do escoamento para jusante (AMORIM, 2004; SEPÚLVEDA, 2010).

As diretrizes para o manejo dos cursos d'água urbanos devem incluir as esferas física, ecológica e política. As duas primeiras dizem respeito às orientações e ações ecohidrológicas e hidráulicas que devem ser seguidas na reconstrução dos habitats e manutenção das características morfológicas dos rios. A esfera política, deve abranger os processos da mudança de comportamento das comunidades que compartilham a

bacia, bem como das decisões de governança (ESPÍNDOLA; BARBOSA; MENDIONDO, 2005). As estratégias atuais para o manejo dos rios têm como premissa a integração sistêmica de parâmetros físicos, químicos, biológicos e morfológicos (Tabela 1).

Para a inserção dos princípios, das estratégias e das diretrizes dos processos de revitalização de cursos d'água urbanos, os objetivos devem ser estruturados de acordo com aspectos dos meios físico (características hidrodinâmicas, morfologia longitudinal, taludes fluviais, zonas de remanso e corredeiras), biótico (ecossistemas aquáticos, de transição e terrestres) e antrópico (cultural, político-social e econômico) (Tabela 2).

Segundo Cardoso (2008) o planejamento das intervenções em cursos d'água urbanos devem ser caracterizadas quanto às condições geomorfológicas, ambientais, sanitárias, hidrológicas/ hidráulicas e de uso e ocupação do solo atuais, para que se possa avaliar os impactos das alternativas de projeto. Os principais itens a serem avaliados em relação ao curso de água e suas áreas ribeirinhas são:

- Forma, sinuosidade e perfil longitudinal do talvegue, do leito e das margens (seções transversais);
- Condições de vulnerabilidade e inundações e processos de erosão e assoreamento;
- Diversidade de habitats;
- Áreas verdes adjacentes ao corpo de água e qualidade da paisagem;
- Proliferação de insetos e condição das áreas ribeirinhas (resíduos sólidos);
- Áreas e equipamentos urbanos e de lazer.

Tabela 1 - Curso d'água urbano degradado e revitalizado: principais características

CURSO D'ÁGUA URBANO	
DEGRADADO	REVITALIZADO
Curso d'água recebe esgoto doméstico e outras águas residuárias sem tratamento.	Todos os efluentes e águas residuárias lançados ao curso d'água previamente tratados.
Saúde pública e vida aquática do curso d'água comprometidas por contaminantes e poluentes.	Saúde pública e ecossistemas aquáticos do curso d'água protegidos de maneira proativa.
Corpo hídrico eutrofizado, com excesso de nutrientes, baixos índices de oxigênio dissolvido e perda de diversidade da fauna nativa, principalmente ictiológica.	Corpo hídrico equilibrado, concentração de nutrientes adequada à cadeia alimentar aquática e níveis de oxigênio propícios à fauna ictiológica nativa.
Baixa resiliência do ambiente aquático às variações de vazão provocadas pela magnitude do pulso hidrológico, devido à impermeabilização e drenagem urbana convencional.	Ambiente aquático resiliente e flexível, com habitats e biodiversidade elevada pela adoção do manejo adaptativo.
Curso d'água com vazões de cheia e de estiagem extremas, devido ao modelo de desenvolvimento com elevada impermeabilização do solo e sistemas de drenagem baseados em condutos artificiais, canalizações e transferências para jusante.	Curso d'água com vazões de cheias minimizadas e vazões de estiagem aumentadas pela adoção de sistemas de drenagem próximos da origem do escoamento, baseados em infiltração e processos hidrológicos naturais.
Curso d'água degradado, taludes fluviais erodidos, calha aprofundada e bacia hidrográfica comprometida por práticas insustentáveis de uso da terra.	Hidrologia da bacia restaurada para manter a continuidade e a integridade física, morfológica e biológica do curso d'água.
Curso d'água homogêneo retificado, canalizado, concretado, por vezes fétido e com elevada carga de resíduos sólidos às margens, depositada no fundo e flutuante.	Curso d'água meandrado, diverso, com áreas de remanso e corredeiras, taludes fluviais estáveis e vegetados, sem a presença de resíduos sólidos no leito e nas margens.
Margens impermeabilizadas ocupadas por edificações e/ou vias públicas. Tubulações do sistema de drenagem lançando águas pluviais sem dissipadores de energia.	Margens vegetadas com mata ciliar ou parques lineares ribeirinhos. Sistemas de drenagem com valas de infiltração, planos de infiltração, retentores de sedimentos, dissipadores de energia, entre outros.

Tabela 2 - Objetivos da revitalização de curso d'água urbanos (Adaptado de COSTA, 2008)

MEIO FÍSICO	<ul style="list-style-type: none"> Preservar áreas naturais Impedir usos que inviabilizem o ecossistema fluvial Recuperar a continuidade do curso d'água Reconstituir as morfologias típicas dos leitos e taludes fluviais Proteger os leitos e taludes fluviais da erosão e do assoreamento
MEIO BIOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> Restaurar os habitats Regenerar a biota natural Restabelecer as faixas marginais de proteção permeáveis Restaurar as matas ciliares e recuperar as nascentes Implementar parques lineares ribeirinhos
MEIO ANTRÓPICO	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolver cultura de preservação ambiental Urbanizar áreas considerando os aspectos hidrológicos e ecológicos Estimular na população sentimento de pertencimento pelos rios Fazer gestão pública integrando as questões ambientais e hídricas Propiciar elementos paisagísticos de lazer e contemplação

2.3 ENGENHARIA NATURAL / BIOENGENHARIA DE SOLOS

A engenharia natural é embasada no uso da vegetação como elemento estruturante ativo, combinado a elementos inertes em obras de estabilização e de recomposição de encostas, áreas degradadas,

margens e taludes de córregos e rios. Como elementos inertes podem ser citados as madeiras, as rochas, os solos, os polímeros naturais, os geossintéticos, as ligas metálicas e até mesmo o concreto. A engenharia natural compreende um conjunto de abordagens técnicas para a gestão dos sistemas hidrológicos

e ecológicos, desde as disciplinas de caracterização e avaliação dos sistemas biofísicos e de uso até, e mais especificamente, às diferentes disciplinas de construção e gestão dos sistemas hidrológicos e ecológicos (DURLO; SUTILI, 2014).

Está fundamentada no princípio da energia mínima, um postulado segundo o qual os sistemas físicos preferem o estado de menor energia. Este princípio é aplicado nas intervenções nos cursos d'água urbanos a partir de duas premissas: o da intervenção mínima e o da área mínima. O primeiro está relacionado à estabilidade dos sistemas, que é

tanto maior quanto mais próximo do natural forem seus componentes e funções, e quanto mais diversificados forem os sistemas integrantes e os seus reguladores. O segundo é a constatação que qualquer sistema exige uma área mínima para poder evoluir de uma maneira equilibrada, gerando e amortecendo as perturbações associadas à variabilidade intrínseca das funções e processos naturais. Sua aplicação é multidisciplinar (Tabela 3) (FERNANDES; FREITAS, 2011; EUROPEAN FEDERATION FOR SOIL AND WATER BIOENGINEERING - EFBI, 2015).

Tabela 3 - Grupos profissionais, domínios e competências necessárias às intervenções da engenharia natural no Brasil (Adaptado de EFBI, 2015)

Grupo profissional	Domínio de especialidade da Engenharia Natural / Bioengenharia	Competências aplicadas
BIOLOGIA (BOTÂNICA)	Fitossociologia, Geobotânica.	Levantamentos fitossociológicos da vegetação remanescente e macrófitas aquáticas.
BIOLOGIA (LIMNOLOGIA)	Ecossistemas fluviais. Qualidade da água.	Levantamentos de plâncton, fauna bentônica e ictiológica. Índice de qualidade da água.
DIREITO	Legislação urbana, ambiental e de recursos hídricos.	Plano Diretor, Código Florestal, Política de Recursos Hídricos e outras.
ENGENHARIA AGRONÔMICA	Pedologia; conservação dos solos; fertilidade, correção e adubação; semeadura, propagação vegetativa, irrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças.	Estabelecimento e manejo da vegetação herbácea e arbustiva, práticas de conservação do solo, controle fitossanitário.
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E AGRIMENSURA	Topografia, batimetria e cartografia.	Levantamentos planialtimétricos, plantas do perfil longitudinal e seções transversais, mapeamento.
ENGENHARIA AMBIENTAL	Plano de bacias hidrográficas, ordenamento e gestão da paisagem, avaliação dos impactos ambientais, aptidão, vulnerabilidade, riscos, impacto de vizinhança, sistemas de gestão ambiental.	Caracterização e manejo de bacias hidrográficas, metodologias de AIA, avaliação de riscos, EIV, gestão ambiental de obras.
ENGENHARIA CIVIL	Sistemas de drenagem sustentáveis, chuvas máximas de projeto, técnicas construtivas.	Projetos de drenagem, fiscalização e direção de obra.
ENGENHARIA FLORESTAL	Silvicultura, produção de mudas florestais, restauração ecológica.	Florestamento, reflorestamento, monitoramento florestal.
ENGENHARIA HIDRÁULICA E DE RECURSOS HÍDRICOS	Obras hidráulicas de proteção transversais e longitudinais, hidrodinâmica fluvial, estabilidade, estudo de vazões.	Cálculos e dimensionamentos de estruturas hidráulicas, vazões máximas e mínimas.
ENGENHARIA SANITÁRIA	Saneamento ambiental.	Tratamento de águas residuárias e pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos.
GEOGRAFIA	Climatologia, biogeografia e geografia física. Sistemas de Informação Geográfica	Estudos de clima e relevo, geoprocessamento.
GEOLOGIA	Morfologia, dinâmica e processos fluviais, geologia fluvial.	Pareceres periciais geológicos e estratégias de estabilização de taludes.
GEOTECNIA	Estabilidade e mecânica de solos.	Pareceres, modelação do terreno, estabilização de encostas e taludes, controle da obra geotécnica.
PAISAGISMO	Modelação local do espaço para uso coletivo.	Criação de espaços atrativos em áreas degradadas.
URBANISMO	Organização, racionalização e interação da área.	Regulação, controle e planejamento de uso e interação com outros componentes urbanos.

A engenharia natural trata os ecossistemas fluviais e ribeirinhos como uma rede ecológica que percorre o território da bacia hidrográfica, cuja diversidade deve ser conservada para que o meio fluvial possa manter sua capacidade de realizar as funções ecossistêmicas em articulação com os meios de transição (várzeas e planícies de inundação) e terrestre. As intervenções nos cursos d'água urbanos, portanto, devem considerar minimamente os seguintes tópicos (DURLO; SUTILI, 2014):

- Conservação da rugosidade do leito;
- Construção de espaços de retenção hídrica;
- Controle de águas residuárias e pluviais;
- Cultivo das condições adequadas para a fauna ictiológica nativa;
- Diminuição da velocidade da corrente nos regimes torrenciais;
- Estabilidade dos taludes fluviais através de recursos vivos, complementados com materiais inertes, quando necessários, sem alterar carácter da linha de água;
- Garantia de nível mínimo de escoamento adequado (vazão ecológica);
- Limitação da ocupação urbana e periurbana;
- Manutenção do comprimento natural do curso d'água;
- Maximização da capacidade de arejamento natural;
- Preservação ou aumento da diversidade dos biótopos;
- Reconstrução da mata ripária;
- Reconstrução de zonas úmidas e de encharcamento típicas;
- Recuperação de meandros destruídos por obras de linearização;
- Recuperação e reconstrução de

habitats diversificados para a fauna e flora;

- Reposição de níveis freáticos mais elevados nas várzeas,
- Sombreamento do leito para evitar o aquecimento da água;
- Utilização das várzeas como espaços de acumulação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI TJ). As Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), criadas pela Lei Estadual nº. 9.034 de 1994, estabeleceram a base territorial para o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, dividindo o território do estado de São Paulo em 22 sub-bacias hidrográficas. A UGRHI - TJ é a de nº 13 e possui área total de 11.794,17 km².

São 34 municípios, com população superior a 1.570.000 habitantes. Os municípios: mais importantes são Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú. Ela é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Jaú, afluentes da margem direita do rio Tietê e Lençóis, Bauru e Claro (Sub-bacia 6) afluentes da margem esquerda, além de outros cursos d'água menores e áreas que drenam para o rio Tietê no trecho situado a jusante da Usina Hidrelétrica de Barra Bonita e a montante da Usina Hidrelétrica de Ibitinga nos reservatórios de Bariri e Ibitinga e suas respectivas áreas de drenagem (Figura 1).

e de revitalização de cursos d'água urbanos;

- Mobilizar e sensibilizar os gestores municipais para a efetivação de estratégias e ações do programa;
- Propor medidas estruturais e não estruturais para aprimorar os sistemas de drenagem urbana;
- Estabelecer diretrizes para a ocupação de fundos de vale e para o manejo dos cursos d'água urbanos;
- Elaborar um projeto executivo piloto de drenagem sustentável e um de revitalização de cursos d'água urbanos em municípios da UGRHI TJ.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os módulos de Diagnóstico, Prognóstico e Plano de Ação foram definidos da seguinte forma:

- Diagnóstico: avaliação da situação atual da drenagem urbana e dos cursos d'água urbanos, suas áreas de preservação permanente e ocupação de fundos de vale das cidades da UGRHI TJ;
- Prognóstico: evolução da situação atual da drenagem urbana e dos cursos d'água urbanos, suas áreas de preservação permanente e ocupação de fundos de vale das cidades da UGRHI TJ, apresentando os cenários espaciais futuros tendencial (se nada for feito), ideal/desejado (sem restrições técnicas e orçamentárias) e possível (com a aplicação das estratégias e ações do programa), nos horizontes temporais de curto (4 anos), médio (8 anos) e longo prazo (12 anos); e
- Plano de ação: conjunto de metas, ações e investimentos de medidas estruturais e não estruturais para que a realidade projetada para o cenário espacial possível seja alcançada nos horizontes temporais previstos; e um conjunto de indicadores para

acompanhar a sua implementação e a consecução de suas metas.

4.1 PRODUTOS DO DIAGNÓSTICO:

O diagnóstico deve constituir a base para a definição das áreas críticas e da ordem de prioridade para a execução das atividades do programa. Deve definir os temas críticos da gestão. Resultados esperados:

- Análise da legislação de uso do solo e outras afins, no âmbito de cada município;
- Avaliação dos Planos Municipais de Drenagem específicos ou do capítulo referente a drenagem dos Planos Municipais de Saneamento;
- Identificação, mapeamento e descrição das áreas críticas de inundação e alagamento em cada município;
- Identificação, mapeamento e descrição dos principais cursos d'água urbanos e periurbanos e da situação das áreas de preservação permanente e dos fundos de vale de cada município, indicando inclusive o tamponamento de trechos;
- Apresentação de iniciativas e experiências exitosas, parcialmente exitosas e fracassadas de drenagem urbana e revitalização de cursos d'água urbanos em municípios da UGRHI TJ;
- Mapas indicando a localização das áreas críticas de inundação, alagamento, corpos d'água degradados, assoreamento, erosão fluvial, voçorocas, disposição inadequada de resíduos, entre outras de pelo um curso de água de cada município;
- Quadros, tabelas e gráficos individuais e detalhados para cada um dos temas descritos como produtos.

4.2 PRODUTOS DO PROGNÓSTICO:

O prognóstico deve caracterizar a evolução tendencial da drenagem urbana e dos cursos d'água urbanos e dos fundos de vale das cidades da UGRHI TJ e definir as estratégias necessárias à mudança deste quadro no curto (4 anos), médio (8 anos) e longo prazo (12 anos). Deve apresentar diretrizes e definir as medidas estruturais e não estruturais, além da ordem e da prioridade das etapas para a elaboração e execução do Plano de Ação. Resultados esperados:

- Compêndio de boas práticas de drenagem sustentável e de revitalização de rios urbanos;
- Materiais informativos e orientativos das principais práticas de drenagem sustentável e de revitalização de rios urbanos existentes e passíveis de aplicação na UGRHI TJ;
- Indicação da localização das principais unidades, elementos e estruturas de drenagem sustentável e de revitalização de rios;
- Descrição e caracterização das medidas estruturais a serem aplicadas na UGRHI TJ, definindo as infraestruturas CINZA (sistemas de drenagem tradicionais, detenções, retenções, micro reservatórios para aproveitamento de água de chuva e outras), VERDE (vegetação e solo como componentes do sistema de drenagem, áreas verdes alagáveis, parques lineares, pavimentos permeáveis, valos e trincheiras de infiltração, entre outras) e AZUL (sistemas naturais hídricos urbanos e periurbanos como elementos de drenagem);
- Estratégias de transição dos modelos sanitaristas/higienistas para os modelos ecohidrológicos;
- Instrumentos de gestão e de políticas públicas para fomentar

estratégias de drenagem sustentável e de revitalização de rios;

- Modelos de normas para disciplinar a drenagem urbana, o uso do solo, o aproveitamento de água de chuva, a ocupação de fundos de vale, o potencial construtivo a aprovação de loteamentos, entre outros, no âmbito dos municípios;
- Estratégias a serem adotadas para garantir o cumprimento das funções sociais, hidrológicas e ecológicas dos corpos hídricos urbanos e de suas margens;
- Definição de metodologia para estimar o escoamento superficial e os tempos de concentração e de residência da água pluvial tanto na área urbana quanto em áreas rurais da bacia a montante da área urbana para os projetos de drenagem urbana;
- Caracterização das principais estruturas de dissipação de energia; detenção, retenção e residência da água pluvial; e de garantia os usos múltiplos da água;
- Descrição das metodologias para implementação e manejo de parques lineares ribeirinhos; de recuperação de nascentes e da vegetação ciliar;
- Descrição das técnicas recomendadas para o manejo biotécnico dos cursos d'água urbanos, visando recuperar taludes fluviais erodidos, prevenir e controlar o assoreamento, a erosão e a poluição difusa;
- Curso de capacitação em "Estratégias de Drenagem Sustentável";
- Curso de capacitação em "Revitalização/Renaturalização de Rios Urbanos".

4.3 PRODUTOS DO PLANO DE AÇÃO:

O plano de ação deve estabelecer o cronograma e a ordem de execução

das medidas não estruturais e medidas estruturais a serem executadas nos municípios no curto (4 anos), médio (8 anos) e longo prazo (12 anos). Estão previstos ainda dois estudos de caso na forma de projetos executivos pilotos, sendo um de "Drenagem Sustentável" e o outro de "Revitalização de Curso d'água Urbano". Resultados esperados:

- Roteiro para elaboração de Projetos Executivos de "Drenagem Sustentável" visando a orientação técnica dos tomadores quanto ao encaminhamento de solicitações ao CBH TJ;
- Roteiro para elaboração Projetos Executivos de "Revitalização de Curso d'água Urbano" visando a orientação técnica dos tomadores quanto ao encaminhamento de solicitações ao CBH TJ;
- Projeto Executivo Piloto de "Drenagem Sustentável" em cidade da UGRHI TJ;
- Projeto Executivo Piloto de "Revitalização de Curso d'água Urbano" em cidade da UGRHI TJ.

Os projetos executivos pilotos são entendidos como o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e deverão com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução. Todos os produtos cartográficos do programa

devem ser gerados em escalas compatíveis e adequadas ao objeto de estudo utilizando o SIRGAS 2000 como DATUM de referência e devem ser gerados metadados conforme os padrões determinados pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de procedimentos para a revitalização dos cursos d'água urbanos e para o manejo sustentável das águas pluviais é necessário para aprimorar os modelos de gestão das águas urbanas. É urgente a adoção de soluções inspiradas e apoiadas pela natureza ("Soluções baseadas na Natureza" – SbN) (UNESCO, 2018). As funções hidrológicas dos ecossistemas naturais, como rios, zonas úmidas e planícies de inundação, devem fazer parte das estratégias institucionais de planejamento e gestão dos recursos naturais, em especial dos recursos hídricos. Espera-se, com a realização do programa proposto, que os municípios da UGRHI TJ possam incorporar a ecohidrologia e suas ferramentas para a regulação das interações hidrologia-ecossistema e sociedade, pois essa abordagem sistêmica do gerenciamento integrado dos recursos hídricos pode contribuir para reverter a degradação dos sistemas urbanos; melhorando o bem estar humano; e harmonizar o potencial e a capacidade de suporte dos ecossistemas com as necessidades das pessoas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental da UFSCar.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. M. *Ocupação de fundos de vale em áreas urbanas. Estudo de caso: Córrego do mineirinho*. São Carlos, SP. 2004. 214 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP. 2004.
- ARAÚJO, M. A. R. A gestão das unidades de conservação à luz da abordagem ecossistêmica. In: *Unidades de Conservação do Brasil: o caminho da gestão para resultados*. Organização NEXUCS. São Carlos: RiMa Editora, 2012. p: 155-187.
- BAPTISTA, M.; PÁDUA, W. L. *Restauração de sistemas fluviais*. Barueri/SP: Manole, 2016.
- BARRELA, W.; PETRERE JR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG. L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp. p. 1187-207, 2001.
- BRENNER, V. C. *Proposta metodológica para Renaturalização de trecho retificado do Rio Gravataí - RS*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016
- BROOKES, A. River channel change. In: G.; CALOW, P. (Eds.). *River flows and channel forms*. Blackwell Science Ltd., 1996.
- CARDOSO, A. S. *Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.
- CASCO, S.L.; NEIFF, M. e NEIFF, J. J. Biodiversidad en ríos del litoral fluvial. Utilidad del software Pulso In: Aceñolaza, F.G. (Ed.) *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II*. Insugeo, Miscelánea 14: 105-120, 2005.
- CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem Ambiente*, n. 25, p. 125-142, 2008.
- COSTA, S. D. *Estudo da viabilidade de Revitalização de Curso d'água em Área Urbana: Estudo de caso no Rio Córrego Grande em Florianópolis, Santa Catarina*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis - SC. 2008.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. *Bioengenharia: Manejo biotécnico de cursos de água*. 3 ed. 192 p. Porto Alegre: EST Edições, 2014.
- ESPÍNDOLA, E. L. G.; BARBOSA, D. S.; MENDIONDO, E. M. *Diretrizes ecológicas em projetos de recuperação de rios urbanos tropicais: estudo de caso no Rio Tijuco Preto*. São Carlos, São Paulo, 2005.
- EUROPEAN FEDERATION FOR SOIL AND WATER BIOENGINEERING. *European Guidelines for Soil and Water bioengineering (Diretrizes Europeias de Engenharia Natural)*. 150p. 2015.

- FERNANDES, J. P.; FREITAS, A. R. M. *Introdução a Engenharia Natural*. EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, 2011. 107p. ISBN 978-989-97459-5-7
- HOULAHAN, J. E.; FINDLAY, C. S. Estimating the 'critical' distance at which adjacent land-use degrades wetland water and sediment quality. *Landscape Ecology*, v.19, p. 677-690, 2004.
- JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. *Cadernos Metrópole*, v. 17, n. 33, p. 61-81, 2015. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3303>.
- LEZY-BRUNO, L.; OLIVEIRA, Y. A experiência francesa em gestão de águas: práticas voltadas para a valorização dos recursos hídricos e da paisagem. In: *Resumos expandidos e Programa do Seminário Nacional sobre o tratamento e Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo*. p.140-141. São Paulo: FAUUSP, 2007.
- LISBOA, A. H. Projeto Manuelzão: uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil. In: MACHADO, A.T.G.M. *Revitalização dos rios no mundo*, p. 13-16. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010.
- MACHADO, T. G. M.; LISBOA, A. H.; ALVES, C. B. M.; LOPES, D. A.; GOULART, E. M. A.; LEITE, F.A.; POLIGNANO, M. V. (orgs.) *Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia*. Anais... 344p.: il. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010.
- MONTEIRO, J. S. *Indicadores de fragilidade à erosão no apoio à definição de Áreas de Preservação Permanente em Rios*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria - RS. 2014.
- POSTEL, S. L.; THOMPSON, J. R.; BARTON, H. Watershed protection: capturing the benefits of nature's water supply services. *Natural Resources Forum*, v. 29, n. 2, p. 98-108, London, 2005.
- REZENDE, J. H.; PIRES, J. S. R.; MENDIONDO, E. M. Hydrologic pulses and remaining natural vegetation in Jaú and Jacaré-Pepira watersheds. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.53, p.1127-1136, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000500017>.
- ROLO, D. A. M. O.; GALLARDO, A. L. C. F. G. RIBEIRO, A. P. Revitalização de rios urbanos promovendo adaptação às mudanças climáticas baseada em ecossistemas: quais são os entraves e as oportunidades? In: *XVII ENANPUR - Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional: caminhos do planejamento urbano e regional*. São Paulo, 2017.
- SANCHES, P. M. O papel dos rios na cidade contemporânea: dimensão social e ecológica. In: *Resumos expandidos e Programa do Seminário Nacional sobre o tratamento e Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo*. p.69-72. São Paulo: FAUUSP, 2007.
- SANDER, C.; WANKLER, F. B.; EVANGELISTA, R. A. O.; SANTOS, M. L.; FERNADEZ, O. V. Q Intervenções

- antrópicas em canais fluviais em áreas urbanizadas: rede de drenagem do igarapé caranã, Boa Vista/RR. *Acta Geográfica*, v. 6, n. 12, 2012.
- SÃO PAULO. SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Roteiro de Elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica*. Anexo da Deliberação CRH nº 146/2012. 2012
- SELLES, I. M. *Revitalização de Rios - orientação técnica*. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUASEMADS / GTZ. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.
- SEPÚLVEDA, R. O. Qual revitalização queremos? In: MACHADO, A.T.G.M. *Revitalização dos rios no mundo*, p. 171-177. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 2, p. 9-18, abr/jun 2012.
- TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. REGA – *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 5, n. 2, p. 71-81, jul/dez 2008.
- TUCCI, C. E.; BERTONI, J. C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. *Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica*. Brasília: MMA, 2006. 302p.
- UNESCO. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. 2018. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 170p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. *Low Impact Development (LID): A Literature Review*. Washington D.C. 35 p. 2000.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. *Terminology of Low Impact Development Distinguishing LID from other Techniques that Address Community Growth Issues*. Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds. Washington, DC, 20460 EPA 841-N-12-003B. 2012
- URBONAS, B.; STAHRÉ, P. *Stormwater: Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage, and CSO Management*. Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey. 1992.
- VERÓL, A. P. *Requalificação fluvial integrada ao manejo de águas urbanas para cidades mais resilientes*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ. 2013.
- VIEIRA DA SILVA, R. C.; WILSON JR., G. *Hidráulica Fluvial*. COPPE/UFRJ, v. II, 256 p. Rio de Janeiro, 2005.
- ZALEWSKI, M. (ed.). 2002. *Guidelines for the Integrated Management of the Watershed: Phytotechnology and Ecohydrology*. Freshwater Management Series No. 5. PNUMA. Disponível em: www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS5/ Acesso em 17mar2019.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology for compensation of Global Change. *Brazilian journal of biology*, 2010, vol. 70, no. 3 (suppl.), p. 689-695. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400001>.

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L. Uso de técnicas de low impact development no controle de impactos hidrológicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol.24 n.6, p.1995-1208, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019188729>.

Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV): regulação em quatro Cidades Médias de São Paulo

Neighborhood Impact Study (EIV): regulation in four Medium Cities in São Paulo

Estudio de Impacto de Vecindad (EIV): regulación en cuatro ciudades medianas de São Paulo, Brasil

Emanoele Lima Abreu

Doutoranda em Ciências Ambientais
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
PPGCam/UFSCar
emanoelelimaabreu@gmail.com

Renata Bovo Peres

Profa. Dra. Departamento de Ciências Ambientais
DCam/UFSCar
renataperes@ufscar.br

RESUMO

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é um dos instrumentos da Política Urbana brasileira regulamentado pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257/2001. É considerado, no Brasil, como um importante instrumento para a gestão urbana municipal, sendo diretamente relacionado à gestão ambiental. Nesse trabalho, buscou-se caracterizar a aplicação do EIV em quatro cidades médias do interior paulista através da análise da regulação existente, das formas de implementação desse instrumento e da capacidade institucional relacionada ao EIV. As informações levantadas no presente trabalho apresentam caráter preliminar e fazem parte de uma pesquisa que visa analisar comparativamente os processos de integração entre EIV e Licenciamento Ambiental Municipal (LAM) em cidades médias do interior de São Paulo. Os resultados prévios revelam que a maioria dos municípios não possuem leis específicas para EIV, o que pode gerar insegurança jurídica tanto para empreendedores que necessitem de aprovar projetos com EIV. Conclui-se que se faz necessário levantar dados através de entrevistas, visitas aos órgãos municipais e levantamento de documentos que não estão disponíveis online, a fim de pesquisar em profundidade o processo de regulação e aprovação de EIV, bem como possíveis integrações com o LAM nesses municípios.

Palavras-chave Estudo de Impacto de vizinhança; Cidades médias; São Paulo; Licenciamento Ambiental Municipal.

ABSTRACT

The Neighborhood Impact Study (EIV) is one of the instruments of Brazilian Urban Policy regulated by the City Statute, Federal Law 10.257 / 2001. It is considered, in Brazil, as an important instrument for municipal urban management, directly related to environmental management. In this article, the EIV application process was characterized in four medium cities in the State of São Paulo, Brazil, through the analysis of the existing regulation, the ways of implementing this instrument and the institutional capacity related to the EIV. The information collected in this work is preliminary and is part of a research that aims to comparatively analyze the integration processes between EIV and Municipal Environmental Licensing (LAM) in medium-sized cities in the State of São Paulo, Brazil. The previous results reveal that the majority of the municipalities do not have specific laws for EIV, which can generate legal uncertainty both for entrepreneurs who need to approve projects with EIV. It is concluded that it is necessary to collect data in interviews with key actors, visits to municipal departments and analysis of documents that are not available online, in order to research in depth the process of regulation and approval of EIV, as well as possible integrations with LAM in these municipalities.

Keywords: Neighborhood Impact Study; Medium-size cities; São Paulo; Municipal Environmental Licensing; Neighborhood Sustainability Assessment Tools.

RESUME

El Estudio de Impacto Vecinal (EIV) es uno de los instrumentos de la Política Urbana Brasileña regulados por el Estatuto de la Ciudad, Ley Federal 10.257 / 2001. Se considera, en Brasil, como un instrumento importante para la gestión urbana municipal, directamente relacionado con la gestión ambiental. En este artículo, el proceso de solicitud de la EIV se caracterizó en cuatro ciudades medianas del Estado de São Paulo, Brasil, a través del análisis de la regulación

existente, las formas de implementación de este instrumento y la capacidad institucional relacionada con la EIV. La información recolectada en el presente trabajo es preliminar y es parte de una investigación que tiene como objetivo analizar comparativamente los procesos de integración entre EIV y Licencias Ambientales Municipales (LAM) en ciudades medianas del Estado de São Paulo, Brasil. Los resultados anteriores revelan que la mayoría de los municipios no cuentan con leyes específicas para EIV, lo que puede generar inseguridad jurídica tanto para los empresarios que necesitan aprobar proyectos con EIV. Se concluye que es necesario recolectar datos en entrevistas con actores clave, visitas a departamentos municipales y análisis de documentos que no están disponibles en línea, con el fin de investigar en profundidad el proceso de regulación y aprobación de la EIV, así como posibles integraciones con LAM en estos municipios.

Palabras clave: Estudio de Impacto Barrial; Ciudades medianas; São Paulo; Licencias Ambientales Municipales.

1 INTRODUÇÃO

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é um dos instrumentos da Política Urbana brasileira regulamentado pelo Estatuto da Cidade (EC), Lei Federal 10.257/2001. Essa lei, além de estabelecer os rumos da Política Urbana Nacional, introduziu uma série de ferramentas urbanísticas inovadoras que viriam a apoiar tanto o planejamento quanto a gestão das cidades brasileiras (TOMANIK; FALCOSKI, 2010). O EIV vem sendo reconhecido no país como um importante instrumento de planejamento urbano (PERES; CASSIANO, 2019; SCHVARBERG *et al.*, 2016), sendo diretamente relacionado à gestão urbano-ambiental (ARAÚJO, 2009). Para regular o processo de expansão urbana de maneira que o mesmo também atenda os interesses da conservação ambiental, as legislações ambiental e urbana precisam se articular e, apesar dos crescentes avanços, ainda restam conflitos gerados por interesses do mercado e outros atores (ABREU *et al.*, 2020).

O EIV é um dos estudos solicitados pela gestão municipal para empreendimentos considerados de impacto, tratando, portanto, de uma

importante etapa do procedimento de Licenciamento Urbanístico (LU) nos municípios (ABREU *et al.*, 2021). Seu objetivo é identificar e prever os impactos socioambientais de atividades e empreendimentos que serão estabelecidos na zona urbana, bem como apontar medidas de prevenção, correção e mitigação destes impactos.

O Estatuto da Cidade apresenta três artigos que tratam especificamente do EIV. O art. 36 trata do conteúdo mínimo que deve ser analisado pelo mesmo, o art. 37 sobre a publicização do seu conteúdo e, por fim, o art. 38 trata da indispensabilidade de regulação do EIV a partir de legislação municipal. Segundo Peres e Cassiano (2019), apoiados nesse artigo iniciou-se um amplo processo de regulação do EIV por parte dos municípios através de leis específicas e, principalmente, nos seus Planos Diretores. Sua regulação, todavia, têm ocorrido de maneira lenta e gradual (ABREU *et al.*, 2019; BARREIROS; ABIKO, 2016). Apesar da existência do instrumento na agenda urbana municipal, e até mesmo da sua aplicação no processo de LU, ainda persistem muitas inseguranças, lacunas e desafios na

sua execução.

Essas lacunas percorrem dimensões técnicas, administrativas e políticas como: ausência de regulamentação a nível municipal e federal, falta de orientações, procedimentos e trâmites dentro dos órgãos licenciadores, relutância dos empreendedores em realizarem estudos com qualidade, melhor demarcação das áreas de cobertura dos estudos, coerência das medidas mitigadoras demandadas, concretização da participação pública através de audiências públicas, barreiras financeiras, conflitos de interesses dos agentes envolvidos e ausência de articulação do EIV com os outros instrumentos ambientais e urbanísticos, sobretudo o Licenciamento Ambiental Municipal (ABREU; FONSECA, 2017; ARAÚJO; OLIVEIRA; SILVA, 2019; HOSHINO et al., 2014; MARQUES; SILVA, 2015; MERÍCIA, 2018; NASCIMENTO et al., 2020; PERES; CASSIANO, 2019; PILOTTO; SANTORO; FREITAS, 2013; SILVA; DE LOLLO, 2013).

A trajetória do EIV, desde a sua fundação até a consolidação como uma ferramenta de avaliação, mitigação e compensação de impactos negativos no território urbano, proporciona a formatação do instrumento como apoio ao licenciamento integrado, buscando a convergência entre as políticas ambientais e urbanísticas nos processos de aprovação de projetos e, conseqüentemente, no planejamento e gestão das cidades (TOMANIK; FALCOSKI, 2010). Quanto mais o LU e o LAM e suas ferramentas e instrumentos estiverem integrados, maior o êxito da gestão municipal para a prevenção e mitigação dos impactos socioambientais urbanos (PERES; CASSIANO, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização da aplicação do EIV em cidades médias do interior paulista, verificando sua possível articulação com o Licenciamento Ambiental Municipal (LAM) através da análise da regulação existente e das formas de implementação desse instrumento.

2 METODOLOGIA

O foco da pesquisa se deu em municípios localizados no Estado de São Paulo, por ser um dos pioneiros na implementação do Licenciamento Ambiental Municipal e do Estudo de Impacto de Vizinhança. Além disso, São Paulo apresenta a maior concentração populacional do Brasil e seus municípios possuem legislações urbanísticas heterogêneas, de acordo com suas realidades socioeconômicas e territoriais (INGUAGGIATO *et al.*, 2021)

Adotou-se a metodologia de Estudos de Casos múltiplos por se tratar de uma estratégia de pesquisa na qual se analisa, profundamente, um fenômeno contemporâneo, que se caracteriza pela identificação evidente entre o fenômeno e o contexto em que ele está inserido e pela coexistência de múltiplas fontes de evidências disponíveis, além de buscar entender fenômenos sociais que ainda não tenham sido muito pesquisados (CRESWELL, 2010)

Segundo a Pesquisa MUNIC 2018 (IBGE, 2019), dos municípios paulistas nas faixas entre 100 mil habitantes a 1 milhão de habitantes (298 municípios), 48,3% (144 municípios) apresentavam o EIV regulado em lei específica ou no Plano Diretor. Para a identificação e seleção dos municípios foram

levantados estudos de tipologia de municípios (BITOUN; MIRANDA, 2009) e os bancos de dados da MUNIC de 2013 e 2018. Com base nestes documentos, dois critérios foram utilizados para selecionar os municípios considerados referência: possuir população acima de 100 mil (por apresentarem maior dinamismo econômico e regional e gestão urbana e ambiental mais avançada) e abaixo de 1 milhão de habitantes; e possuir EIV regulado em sua legislação. A pesquisa, portanto, centra sua análise em dois municípios com faixa populacional entre 100 mil e 500 mil

habitantes e dois municípios de 500 mil a 1 milhão habitantes, localizados no Estado de São Paulo.

A pesquisa documental ocorreu partir do levantamento de documentos relacionados à regulação do EIV. Foram analisados os dispositivos legais (leis, decretos e deliberações normativas), de acordo com a regulamentação normativa descrita na Tabela 1, complementada por processos de EIV protocolados, atas de reuniões, reportagens e demais publicações sobre o tema nos websites oficiais dos municípios.

Tabela 1 - Municípios analisados na etapa de Estudos de Casos

Município	População estimada (2018) ¹	Lei Específica de EIV	Plano Diretor em vigor	Outros documentos analisados	Órgão responsável pelo EIV
Municípios acima de 500 mil habitantes					
Santo André	716 mil	Lei nº 8081/2000 – Revogada pelo Plano Diretor	Lei nº 9394/2012	Lei nº 9924/2016 – Lei de Uso e Ocupação do Solo Roteiro Metodológico de elaboração do EIV	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SDUH)
Sorocaba	671 mil	Decreto nº 22281/2016 – Regulamentou a Lei nº 8270/2007	Lei nº 11022/2014	Lei nº 10.971/2014 Decreto nº 22.281/2016 Lei nº 11.768/2018	Secretaria de Planejamento (SEPLAN)
Municípios entre 100 e 500 mil habitantes					
Americana	233 mil	Lei nº 5.011/2010 – Revogada pelo Plano Diretor	Lei nº 6.492/2020	—	Secretaria de Meio Ambiente (SMA)
Jundiaí	414 mil	Lei nº 7763/2011 – Revogada pelo Plano Diretor	Lei nº 9321/2019	Decreto nº 26.716, de 24 de novembro de 2016 – Termo de Referência	Unidade de Gestão de Planejamento Urbano e Meio Ambiente (UGPUMA)

Fonte: (AMERICANA, 2010, 2020a; JUNDIAÍ, 2016, 2019; SANTO ANDRÉ, 2000, 2016; SOROCABA, 2014a, 2014b, 2016, 2018a, 2018b)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SANTO ANDRÉ

Santo André é um município do sudeste da Região Metropolitana

de São Paulo e parte da região industrial do ABC Paulista. É um estreito crescente de terreno dividido pelo plano diretor da cidade em macrozonas urbanas e ambientais,

sendo apenas 38% do território oficialmente habitável. Os outros 62% abrange parte da região do reservatório Billings, responsável pelo abastecimento de água, geração de energia hidrelétrica e recreação (ALBERT, 2017).

Além dos problemas gerados pela intensa industrialização do seu território, Santo André ainda sofre influência por fazer parte da Região Metropolitana de São Paulo. A gestão das Regiões Metropolitanas (RM) são um grande desafio para governos e sociedade civil, uma vez que a alta concentração demográfica demanda volumosos investimentos em infraestrutura urbana, o que exige uma atuação integrada das cidades que as compõe. Essas aglomerações urbanas, e seus parques industriais, são um considerável foco de consumo de recursos naturais, produção de resíduos sólidos e emissão de efluentes (CEZARE et al., 2007).

Em RM, principalmente em áreas urbanas conurbadas, o EIV tem o potencial de ser um instrumento apropriado para avaliar impactos intermunicipais (FARACO et al., 2009), viabilizando o desenvolvimento responsável dos recursos ambientais, físicos e humanos da área metropolitana (SOUZA, 2019). Todavia, o que se observa é que, apesar da distribuição espacial de empreendimentos sujeitos a EIV se dá em limites administrativos, como foi investigado por Merícia (2018) na Região Metropolitana de Belo Horizonte, muitas vezes não existe diálogo entre os órgãos responsáveis pela gestão urbana e ambiental dessas cidades.

Todavia, fica evidente que incentivar tal integração requer discutir espaços

de poder nos âmbitos local e regional (CEZARE et al., 2007), o que já foi previsto pelo Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/2015)

O Estudo de Impacto de Vizinhança foi regulado em Santo André através da Lei Municipal nº 8081/2000, antes da publicação do Estatuto da Cidade. Além da exigência da apresentação do EIV, a lei apresentou conceitos relacionados ao tema, tal como a abrangência da vizinhança imediata (TOMANIK; FALCOSKI, 2010). De acordo com Peres e Cassiano (2019), a criação de instrumentos de análise de impactos de vizinhança, no momento da elaboração de Leis Orgânicas Municipais, pode ter sofrido forte influência do capítulo 225 da Constituição Federal de 88 e, ainda, pela Lei Federal nº 6938/1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). O EIV, embora não substitua o EIA/RIMA, conforme o próprio Estatuto da Cidade, dispõe da já consolidada, porém controversa, noção de avaliação de impactos (COSTA, 2008).

O Plano Diretor de 2004 revogou a que regulava o EIV em Santo André e previu a criação de nova lei (Tabela 2). Apesar da ausência de lei específica (mesmo após as revisões do PD em 2012 e 2019) o instrumento vem sendo aplicado no município e apresentou ganhos para a qualidade ambiental municipal (TOMANIK; FALCOSKI, 2010). Outros autores, todavia, discutem que a revisão do PD em Santo André trouxe algumas incertezas em relação ao potencial das novas condições jurídico-institucionais, sobretudo em relação à execução dos instrumentos relativos à função social da propriedade (KLINK; DENALDI, 2011).

Tabela 2 - Legislação urbanística relacionada ao EIV no município de Santo André em ordem cronológica

Ordenamento legal	Ano	Descrição	Vigência
Lei nº 8081	2000	Dispõe sobre a obrigatoriedade de apresentação de Estudo e Relatório de Impacto na Vizinhança para o licenciamento e aprovação de projetos de obras, equipamentos e atividades, e dá outras providências.	Revogado
Lei nº 8696	2004	Institui o novo Plano Diretor do município de Santo André Revoga a Lei nº 8081/2000	Revogado
Lei nº 8.836	2006	Institui a Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo da Macrozona Urbana.	Revogado
Lei nº 9394	2012	Altera a Lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que instituiu o Plano Diretor no Município de Santo André, atendendo o art. 181 que prevê a revisão do Plano Diretor.	Revogado
Decreto nº 16.510	2014	DISPÕE sobre o Grupo Técnico Multidisciplinar e dá outras providências.	Em vigor
Lei nº 9924	2016	Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo da Macrozona Urbana e da Macrozona de Proteção Ambiental.	Em vigor
Lei nº 10191	2019	Altera: Lei no 8.869, de 18 de julho de 2006, que dispõe sobre as normas especiais para Habitação de Interesse Social – HIS e Zona Especial de Interesse Social – ZEIS	Em vigor

Fonte: (SANTO ANDRÉ, 2000, 2004, 2006, 2012, 2014, 2016, 2019)

O EIV é analisado por um Grupo Técnico Multidisciplinar, composto por 12 (doze) membros e seus respectivos suplentes, divididos em 02 (dois) subgrupos, todos nomeados mediante Portaria do Chefe do Executivo, na seguinte conformidade, de acordo com o Decreto nº 16.510/2014.

O *website* Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SDUH) disponibiliza documentos e um detalhado fluxograma de aprovação de projetos e implantação de empreendimentos de impacto (com EIV). Além de disponibilizar informações sobre as etapas do LU, a secretaria também disponibiliza online os processos de EIV para consulta pública. Todavia, não existem informações sobre a geolocalização dos empreendimentos submetidos a

EIV. Também não fica claro, apenas pelo website da prefeitura se esses são todos os EIV já protocolados ou só aqueles aprovados.

3.2 SOROCABA

Sorocaba é a quarta cidade mais populosa do interior paulista e faz parte da Região Metropolitana de Sorocaba. A RM Sorocaba possui 27 municípios, desses, 11 estão localizados no eixo das rodovias Raposo Tavares e Castelo Branco. A cidade se estruturou em torno do rio Sorocaba e posteriormente a Estrada de Ferro. Após a década de 50, as rodovias deslocaram o eixo de crescimento urbano para a região Noroeste. De acordo com Santoro et al (2006), apesar de possui muitos vazios urbanos na área consolidada, o padrão de crescimento urbano

ainda é periférico, sobretudo nas regiões Oeste e Norte.

O Plano Diretor de Sorocaba já foi criticado por sua elaboração não apresentar uma tradição de participação popular e pela ausência de estratégias de comunicação com os atores envolvidos. O processo de aprovação do Plano Diretor “limitou-se aos conflitos nas esferas legislativa e jurídica, com pouca aderência em setores sociais mais populares” (SANTORO; CYMBALISTA; NAKAHIMA, 2006). Os mesmos autores apontam que a lei foi aprovada minutos antes do recesso de pré-eleição municipal, com que acentuaria ainda mais o seu atrelamento a questões eleitorais. O processo de participação

popular é feito “apenas como informativa e cooptativa”, somente para o cumprimento das normas estabelecidas no Estatuto da Cidade (MEIRA, 2006).

O EIV em Sorocaba é, atualmente, regulado pelo Decreto Municipal nº 22281/2016, que alterou a Lei municipal nº 8270/2007. Mecanismos de consulta e participação pública no processo de aprovação de empreendimentos e atividades submetidos ao EIV foram encontrados na legislação do município, respectivamente Lei nº 11.768/2018 e Lei nº 10.971/2014. Seu Plano Diretor (Lei nº 11.022/2014) não faz menção ao processo de Licenciamento Ambiental Municipal (Tabela 3).

Tabela 3 - Legislação urbanística relacionada ao EIV no município de Sorocaba em ordem cronológica

Ordenamento legal	Ano	Descrição	Vigência
Lei nº 8270	2007	Dispõe sobre a necessidade de instrução com relatório de impacto de vizinhança - RIVI	Em vigor
Decreto nº 18.655	2010	Dispõe sobre a Regulamentação da Lei nº 8.270, de 24 de setembro de 2007	Revogado
Decreto nº 18.179	2010	Dispõe sobre a criação da comissão de estudos para regulamentação da Lei nº 8.270, de 24 de setembro de 2007	Revogado
Lei nº 10.971	2014	Acresce §§ 5º e 6º ao art. 7º da Lei nº 8.270, de 24 de setembro de 2007 – Dispõe sobre a realização de Audiência Pública	Em vigor
Lei nº 11.022	2014	Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de desenvolvimento físico territorial do município de Sorocaba e dá outras providências.	Em vigor
Decreto nº 22281	2016	Dispõe sobre a regulamentação da Lei nº 8.270, de 24 de setembro de 2007	Em vigor
Lei nº 11.768	2018	Acresce artigo à Lei nº 8.270, de 24 setembro de 2007 – Anuência da vizinhança da área de influência	Em vigor
Decreto nº 23.452	2018	Altera a redação do Decreto nº 22.281, de 18 de maio de 2016	Revogada

Fonte: (SOROCABA, 2007, 2010a, 2010b, 2014a, 2016, 2018b, 2018a)

Uma boa prática apresentada pelo website da prefeitura de Sorocaba é a presença de cartilhas com informações sobre a aprovação de projetos direcionadas tanto para empresários e equipe responsável técnica pela elaboração de EIV, quanto para servidores municipais que irão analisar os documentos (SEPLAN, 2019). Foram encontradas de forma acessível várias leis e orientações gerais. Porém, não foram encontrados processos de EIV aprovados no município. A transparência não é só um dos atributos do EIV, mas também é um requisito básico para que o mesmo cumpra seu papel como instrumento da política urbana municipal (BRAGA, 2018).

3.3 AMERICANA

O município de Americana é localizado na Região Metropolitana de

Campinas e apresenta um dos mais altos Índices de Desenvolvimento Humano da RM. Se consolidou através do seu desenvolvimento industrial, sobretudo têxtil. A Rodovia Anhanguera foi uma importante estruturadora do seu processo de ocupação, devido ao seu uso para escoamento da produção industrial municipal (PASQUOTTO et al., 2015)

O EIV foi regulado em Americana através da Lei municipal nº 5011/2010 e posteriormente revogada pelo seu Plano Diretor (Lei nº 5998/2016). O município apresenta dois Planos Diretores: Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana – PDDI (Lei nº 6.491/2020) e o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana – PDFU (Lei nº 6.492/2020) (Tabela 4).

Tabela 4 - Legislação urbanística relacionada ao EIV no município de Americana em ordem cronológica

Ordenamento legal	Ano	Descrição	Vigência
Lei nº 4.597	2008	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana / PDDI.	Revogado
Lei nº 5011	2010	Institui o Estudo de Impacto de Vizinhança	Revogado
Lei nº 5997	2016	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana / PDDI, e dá outras providências.	Revogado
Lei nº 5998	2016	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU, e dá outras providências.	Revogado
Lei nº 6264	2018	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU, e dá outras providências.	Revogado
Lei nº 6.491	2020	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana – PDDI	Em vigor
Lei nº 6.492	2020	Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU	Em vigor

Fonte: (AMERICANA, 2008, 2010, 2016a, 2016b, 2018, 2020b, 2020a)

O *website* da SMA é pouco transparente, não fica claro qual setor/departamento é responsável pela análise do EIV e nem qual o fluxo do processo. De acordo com publicações do Diário Oficial do município, a consulta aos processos e EIVs elaborados é feita apenas de forma presencial na própria secretaria.

Segundo Peres e Cassiano (2019), componentes básicos para a regulamentação do EIV estão ausentes ou parcialmente presentes na legislação do município, indicando uma possível fragilidade do processo, como por exemplo: triagem, escopo do EIV, análise técnica e consulta pública. O mesmo trabalho encontrou, todavia, boas práticas, como por exemplo a existência de instrumentos de implantação de medidas de monitoramento com definição de custos, ações e cronogramas. Seu Plano Diretor foi destacado por Inguaggiato et al. (2021) por apresentar especificidades ao citar o EIV. O município é, historicamente, palco de conflitos de vizinhança, sobretudo com atividades industriais, fruto da forma de ocupação e modificação do seu território (FONSECA; MATIAS, 2013; IAOCHITE, 2005; TRENTIN; FREITAS, 2010).

3.4 JUNDIAÍ

Desde a aprovação do Estatuto da Cidade, os municípios brasileiros têm passado por transformações profundas e aceleradas. De acordo com Fernandes (2013), apesar das taxas de crescimento urbano no país caírem, ainda são relativamente altas, sobretudo nas cidades médias, levando à formação de regiões

metropolitanas e aglomerações urbanas.

A Aglomeração Urbana de Jundiaí (AUJ) foi a primeira do Estado de São Paulo, sendo institucionalizada pela Lei Complementar Estadual nº 1.146/2011. É formada pelos municípios de Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Itupeva, Jarinu, Jundiaí, Louveira e Várzea Paulista, e abriga aproximadamente 1,8 % da população paulista. A AUJ é formada por um eixo de urbanização quase contínuo entre as regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas, trata-se de um território intensamente industrializado e de ampla acessibilidade com as regiões vizinhas (ABREU et al., 2019).

A proximidade com as Regiões Metropolitanas de Campinas e São Paulo e a facilidade de acesso através de complexo viário contribuiu para a expansão de condomínios fechados na cidade (GOULART; BENTO, 2011), mas trouxe problemáticas em relação à mobilidade e ausência de equipamentos urbanos para atender a demanda crescente de pessoas (FANELLI; SANTOS JUNIOR, 2013).

A Lei nº 7763/2011 regulava o EIV no município de Jundiaí, bem como criava uma Comissão Municipal de Impacto de Vizinhança e uma Cartilha direcionada a empreendedores. Essa lei foi revogada pelo Plano Diretor (Lei nº 9321/2019). Atualmente o instrumento é regulado pelo atual Plano Diretor e pelo Decreto nº 26.716/2016, que institui seu Termo de Referência, esse documento, por sua vez, detalha as informações que deverão ser apresentadas nos EIV para empreendimentos de Uso Residencial e Uso não Residencial (Tabela 5).

Tabela 5 - Legislação urbanística relacionada ao EIV no município de Jundiá em ordem cronológica

Ordenamento legal	Ano	Descrição	Vigência
Lei Complementar 415	2004	Institui o Plano Diretor de Jundiá	Revogado
Lei complementar 416	2004	Lei de Uso e Ocupação do Solo	Revogado
Lei Municipal nº 7503	2010	Revoga a LC 416/2004 Nova Lei de Uso e Ocupação do Solo	Revogado
Lei Municipal nº 7763	2011	Regula, nos termos do Plano Diretor, o Estudo de Impacto de Vizinhança e seu respectivo Relatório de Impacto de Vizinhança (EIV/RIVI) e cria a Comissão Municipal de Impacto de Vizinhança; Manual para elaboração do EIV/RIVI	Revogado
Lei Municipal nº 7.857	2012	Plano Diretor Estratégico	Revogado
Lei Municipal nº 8.683	2016	Plano Diretor Participativo	Revogado
Decreto nº 26.716	2016	Termo de Referência EIV/RIV	Em vigor
Lei Municipal nº 9.321	2019	Plano Diretor do município de Jundiá	Em vigor

Fonte: (JUNDIAÍ, 2016, 2019)

O EIV é tratado, no Plano Diretor de 2019, na Seção XVIII nos artigos 123 a 134 visto que a Lei Municipal nº 7763/2011, que regulava o EIV em Jundiá, foi revogada. O artigo 125 trata dos impactos negativos e positivos a serem considerados pelo EIV. Os mesmos são detalhados no Termo de Referência em vigor, publicado através do Decreto nº 26.716/2016. O TR divide em dois tipos de uso: Residencial, para habitações multifamiliares verticais ou horizontais, e Uso não Residencial, para todos os outros.

O Plano Diretor de 2019 prevê, ainda, a análise integrada dos processos de EIV por meio de um Grupo Técnico do EIV, composto por dois (02) servidores da UGPUMA, um (01) da Unidade de Gestão de Mobilidade e Transporte (UGMT) e um (01) da Unidade de Gestão de Infraestrutura e Serviços Públicos (UGISP).

Os documentos integrantes do EIV/RIV, o parecer conclusivo do Grupo Técnico do EIV e a autorização emitida pela UGPUMA são considerados de interesse público, sendo disponibilizados no website da Unidade. Nos casos de relevante interesse público e repercussão social, poderá ser convocada Audiência Pública.

As informações georreferenciadas sobre o município estão disponíveis no GeoJundiá - Portal de Geotecnologias (JUNDIAÍ, 2021). A Figura 1 mostra a geolocalização de todos os EIVs protocolados até 2020, classificada por Uso, totalizando dez categorias: Comercial e serviços, Industrial, Industrial e Comercial, Industrial e Logística, Institucional, Logística, Loteamento, Residencial e Comercial, Residencial Horizontal, Residencial Vertical.

Figura 1 - Empreendimentos com EIV em Jundiá – Categorizados por Uso.



Fonte: GeoJundiá (JUNDIÁ, 2021)

4 CONCLUSÕES

A aplicação do EIV com vistas à garantia do direito ao ambiente equilibrado é o que viabiliza o seu vínculo com os processos de licenciamento adotados pelos municípios, sobretudo com o EIA. Apesar da introdução do EIV acrescentar mais exigências e etapas aos trâmites burocráticos, o mesmo pode garantir maior eficiência na análise dos processos de licenciamento, visto que o mesmo proporciona uma análise integrada dos projetos, contemplando aspectos ambientais aplicáveis às diversas áreas envolvidas na gestão municipal, aproximando as dimensões ambiental e urbanística (TOMANIK; FALCOSKI, 2010).

Observou-se, com exceção de Jundiá, um caráter fragmentado da gestão municipal, com secretarias/departamentos distintos para tratar da mesma temática: o meio ambiente urbano. Essa fragmentação está relacionada, conforme aponta Maricato (2015), a uma tradição de se distribuir os setores da máquina administrativa a diferentes partidos e atores relacionados às forças que elegeram o prefeito daquela gestão.

Apesar de Jundiá não apresentar o LAM em sua rotina administrativa, o LU, e consequentemente o EIV, parece preencher essa lacuna, abordando diversos componentes ambientais. Algumas questões, principalmente relacionadas a participação pública e equidade socioambiental, podem ser

melhor exploradas em entrevistas com gestores e técnicos envolvidos, visto que uma política urbana pautada por valores sustentáveis devem prever minimamente tais critérios (COSTA, 2008).

Quanto à existência de legislação urbanística e ambiental, observou-se que os municípios, com exceção de Sorocaba, não possuem leis específicas para EIV em vigor, o que pode gerar insegurança jurídica tanto para empreendedores que necessitem de aprovar projetos com EIV, quanto para analistas dos órgãos licenciadores. Isso, todavia, parece ser contornado através da disponibilização de orientações e informações aos interessados, como cartilhas e Termos de Referências. A disponibilidade de informações nos websites de Americana e Sorocaba pode melhorar com a publicação dos processos de EIV aprovados nos municípios, visto que a transparência não é só um dos atributos do EIV, mas também é um requisito básico para que ele cumpra seu papel como instrumento da política urbana municipal.

No contexto dos objetivos deste artigo, salienta-se, todavia, que pesquisas que se limitam à análise documental de leis, decretos, documentos oficiais e etc., possuem algumas limitações metodológicas. A primeira delas refere-se às frequentes atualizações das leis e processos. A segunda diz respeito à possíveis desencontros entre a legislação e os trâmites dentro da própria prefeitura. Através da análise documental, foi possível observar divergências entre o organograma oficial da prefeitura e o Plano Diretor, ou lei específica, sobre qual secretaria é responsável pela análise do EIV. Essas são questões serão

mais bem analisadas e aprofundadas em futuras pesquisas.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental.

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/24661-0.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. L.; FONSECA, A. Análise comparada da descentralização do licenciamento ambiental em municípios dos estados de Minas Gerais e Piauí. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 8, n. 3, p. 167–180, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v8n3.2017.21891>

ABREU, E. L.; SANTILLI, C. A.; PERES, R. B. Regulação e aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) no município de Jundiaí-SP. In: 2019, Fortaleza. *X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Fortaleza: Anais..., 2019. p. 1–9. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2019/V-054.pdf>

ABREU, E. L.; SANTILLI, C. A.; PERES, R. B. Integração entre Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e Licenciamento Ambiental Municipal (LAM): avanços, limitações e conflitos no Brasil. In: PLURIS2021, Evento Digital. *9o Congresso Luso-brasileiro par o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. Evento Digital: Anais..., 2021. p. 1–12. Disponível em: <https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper1017.pdf>

ABREU, E. L.; SAQUY, S. D.;

- FERNANDES, P. H. de G.; JESUS, S. C. de; CATOJO, A. M. Z. O processo de expansão urbana e seus impactos na Estação Ecológica de Ribeirão Preto, SP. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 42, p. e43, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X40783>
- ALBERT, V. Power, Policy, and Citizen Participation in Santo André, Brazil. *Latin American Perspectives*, v. 44, n. 2, p. 149–167, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0094582X16650673>
- AMERICANA. *Lei no 4.597, de 1o de fevereiro de 2008.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana / PDDI., 2008.
- AMERICANA. *LEI No 5.011, DE 10 DE JUNHO DE 2010.*: Dispõe sobre o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e dá outras providências., 2010.
- AMERICANA. *LEI No 5.997, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2016.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana / PDDI, e dá outras providências, 2016a.
- AMERICANA. *LEI No 5.998, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2016.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU, e dá outras providências., 2016b.
- AMERICANA. *LEI No 6.264, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2018.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU, e dá outras providências., 2018.
- AMERICANA. *Lei no 6.492, de 18 de dezembro de 2020.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Urbanístico do Município de Americana - PDFU, e dá outras providências., 2020a.
- AMERICANA. *Lei no 6.491, de 18 de Dezembro de 2020.*: Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Americana – PDDI, e dá outras providências., 2020b.
- ARAÚJO, R. P. Z. de; OLIVEIRA, E. T. M. de; SILVA, B. R. S. e. Da mitigação à compensação adaptativa: os (des) caminhos da aplicação recente do Estudo de Impacto de Vizinhança na RMBH. In: 2019, Natal. *Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*. Natal: ANPUR, 2019. p. 0–20.
- ARAÚJO, R. P. Z. *Contradições e possibilidades da regulação ambiental no espaço urbano*. 2009. Tese (Doutorado em Geografia) - UFMG, Belo Horizonte, 2009.
- BITOUN, J.; MIRANDA, L. . *Tipologia das Cidades Brasileiras*. 2a ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2009. E-book. Disponível em: http://www.observatoriodasmetrolopes.ufrj.br/Vol2_tipologia_cidades_brasileiras.pdf
- BRAGA, R. Transparência e controle social nas normas sobre Estudo de Impacto de Vizinhança na Aglomeração Urbana de Piracicaba-SP. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 16, n. 1, p. 111–125, 2018.
- CEZARE, J. P.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A. Avaliação de Política Ambiental e sustentabilidade: Estudo de Caso do município de Santo André-

- SP. *Eng. sanit. ambient.*, v. 12, n. 4, p. 417-425, 2007.
- COSTA, H. S. de M. A trajetória da temática ambiental no planejamento urbano no Brasil: o encontro de racionalidades distintas. In: *Planejamento urbano no Brasil: Trajetória, avanços e perspectivas*. Belo Horizonte: C/Arte, 2008. p. 80-92.
- CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3a ed. Porto Alegre: Artmed/Bookman, 2010.
- FANELLI, A. F. D. M.; SANTOS JUNIOR, W. R. dos. O Aglomerado Urbano de Jundiaí (SP) e os desafios para a mobilidade metropolitana paulista. *Cadernos MetrÓpole*, São Paulo, v. 15, n. 30, p. 461-487, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2013-3005>
- FARACO, J. L.; AYOUB, T. D. A.; ROVERI, L. F. Estudo de Impacto de Vizinhança e a Sustentabilidade Metropolitana. *Revista Tecnológica*, v. 18, n. 1, p. 103-113, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v18i1.8935>
- FERNANDES, E. Estatuto da Cidade , Mais De 10 Anos Depois: Razão de descrença, ou razão de otimismo? *Rev. ufmg*, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 212-233, 2013.
- FONSECA, M. F.; MATIAS, L. F. Planos diretores municipais e o zoneamento urbano: uma análise da (des) articulação entre os instrumentos de planejamento territorial no entorno do reservatório de Salto Grande (SP). *Sociedade & Natureza, Uberlândia*, v. 25, n. 1, p. 61-74, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1982-45132013000100006>
- GOULART, J. O.; BENTO, P. P. Enclaves fortificados e segregação urbana: o caso de Jundiaí. *Sociedade e Cultura*, Goiânia, v. 14, n. 1, p. 181-193, 2011.
- HOSHINO, T. de A. P.; WÜTRICH, F.; JACOBOWSKI, A.; FAGGION, A.; BECHER, J.; AULER, M. M. *Do Estudo de Impacto de Vizinhança e de sua impostergável regulamentação e implementação no Município de Curitiba: análise comparativa e recomendações*. Nota Técnica: Projeto Cidade em Debate (UFPR/UP/MPPR), 2014.
- IAOCHITE, J. C. *Apropriação e revalorização do espaço urbano: análise da ocorrência de Brownfields no município de Americana - SP*. 2005. Dissertação (Mestrado em geografia) - UNESP, Rio Claro, 2005.
- IBGE. *Perfil dos Municípios Brasileiros 2018 - Pesquisa de Informações Básicas Municipais Perfil (MUNIC)*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.
- INGUAGGIATO, F. F.; STANGANINI, F. N.; MELANDA, E. A. O Estudo de Impacto de Vizinhança como ferramenta de Gestão Urbana em Municípios Paulistas de Médio Porte (100 mil a 400 mil habitantes). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 13, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200059>
- JUNDIAÍ. *Decreto no 26.716, de 24 de novembro de 2016: Dispõe sobre o Termo de Referência em Jundiaí*, 2016.
- JUNDIAÍ. *Lei n.º 9.321, de 11 de novembro de 2019: Revisa o PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ*;

- e dá outras equilibrado se dá por meio da distribuição socialmente justa dos acessos providências., 2019.
- JUNDIAÍ. *GeoJundiaí - Portal de Geotecnologias*. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://geo.jundiai.sp.gov.br/geojundiai/#>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- KLINK, J.; DENALDI, R. O Plano Diretor Participativo e a produção social do espaço. O caso de Santo André (São Paulo). *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Barcelona, v. 15, n. 382, p. 1-23, 2011.
- MARICATO, E. *Para entender a Crise Urbana*. 1. ed. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2015.
- MARQUES, A. L.; SILVA, C. F. E. O estudo de impacto de vizinhança (EIV) como estratégia de requalificação urbana: o caso do Distrito Federal. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, Brasília, n. 14, p. 83-94, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n14.2015.16939>
- MEIRA, S. I. de. Planejamento e gestão urbanos em sorocaba-sp: Análise das políticas públicas de habitação popular. *RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 10, n. 12, p. 59-72, 2006.
- MERÍCIA, E. J. de. *Estudo de Impacto de Vizinhança: diferentes experiências de regulamentação e aplicação em municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG*. 2018. Dissertação de mestrado - UFOP, Ouro Preto, 2018.
- NASCIMENTO, T.; ABREU, E. L.; FONSECA, A. Decentralization of Environmental Licensing and Impact Assessment in Brazil: Literature and Regulatory Reviews. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 23, p. 1-22, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180266r2vu202011ao>
- PASQUOTTO, G. B.; SILVA, P. F. F. da; SOUSA, L. de S. e; SILVA, M. S. M. da. A expansão urbana de Americana e a questão regional. *Rua*, v. 20, n. 2, p. 144, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rua.v20i2.8638925>
- PERES, R. B.; CASSIANO, A. M. O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) nas regiões Sul e Sudeste do Brasil: avanços e desafios à gestão ambiental urbana. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 11, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180128>
- PILOTTO, A. S.; SANTORO, P. F.; FREITAS, J. C. De. Estudo de Impacto de Vizinhança: desafios para sua regulamentação frente ao caso de São Paulo. In: 2013, São Paulo. *VII Congresso Brasileiro de Direito Urbanístico*. São Paulo: [s. n.], 2013. p. 1-20.
- SANTO ANDRÉ. *Lei no 7.871, de 20 de julho de 2000*. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Oriental do Rio Grande do Norte e dá outras providências. : DISPÕE sobre a obrigatoriedade de apresentação de estudo e relatório de impacto na vizinhança para o licenciamento e aprovação de projetos de obras, equipamentos e atividades, e dá outras providências., 2000.
- SANTO ANDRÉ. *LEI Nº 8.696 de 17 de dezembro de 2004*: INSTITUI o novo Plano Diretor do município de Santo

- André, nos termos do artigo 182 da Constituição Federal, do capítulo III da Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001 - Estatuto da Cidade - e do Título V, Capítulo III, da Lei Orgânica do Município de Santo, 2004.
- SANTO ANDRÉ. *Lei Nº 8.836 de 10 de maio de 2006*: Institui a Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo da Macrozona Urbana., 2006.
- SANTO ANDRÉ. *Lei no 9.394 de 05 de janeiro de 2012*: ALTERA a Lei no 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que instituiu o Plano Diretor no Município de Santo André, atendendo o art. 181 que prevê a revisão do Plano Diretor., 2012.
- SANTO ANDRÉ. *Decreto nº 16.510 de 17 de abril de 2014*: DISPÕE sobre o Grupo Técnico Multidisciplinar e dá outras providências. CARLOS, 2014.
- SANTO ANDRÉ. *Lei no 9.924, de 21 de dezembro de 2016.*: Dispõe sobre a Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo no Município de Santo André, e dá outras providências., 2016.
- SANTO ANDRÉ. *Lei nº 10.191, de 30 de julho de 2019*: ALTERA a Lei no 8.869, de 18 de julho de 2006, que dispõe sobre as normas especiais para Habitação de Interesse Social – HIS e Zona Especial de Interesse Social – ZEIS; a Lei no 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que institui o Plano Diretor do Município e, 2019.
- SANTORO, P. F.; CYMBALISTA, R.; NAKAHIMA, R. Plano Diretor de Sorocaba: um olhar sobre os atores e a auto-aplicabilidade dos instrumentos urbanísticos. In: 2006, São Paulo. *IV Congresso Brasileiro de Direito Urbanístico Desafios para o Direito Urbanístico Brasileiro no Século XXI*. São Paulo: IBDU, 2006. p. 1–27.
- SCHVARSBERG, B.; MARTINS, G. C.; CAVALCANTI, C. B. (org. . *Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação*. Brasília: Universidade Federal de Brasília, 2016. v. 4
- SEPLAN. *Cartilha aos responsáveis técnicos: O que o responsável técnico precisa saber para a aprovação de projetos?* Sorocaba: Secretaria de Planejamento e Projetos: Divisão de Planejamento Estratégico e Monitoriamento Urbano – DPEMU, 2019.
- SILVA, P. D. D. O.; DE LOLLO, J. A. O Estudo de Impacto de Vizinhança como instrumento para o desenvolvimento da qualidade de vida urbana. *Holos Environment*, Rio Claro, v. 13, n. 2, p. 151–162, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/holos.v13i2.6361>
- SOROCABA. *Lei no 8270, de 24 de Setembro de 2007*: Dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança - RIVI - o licenciamento de projetos e licitação de obras e dá outras providências., 2007.
- SOROCABA. *DECRETO No 18.655, DE 05 DE NOVEMBRO DE 2010.*: Dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança o licenciamento de projetos e licitações de obras, 2010a.
- SOROCABA. *DECRETO No 18.179, DE 6 DE ABRIL DE 2010.*: Dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança o licenciamento de projetos e licitações de obras; Nomeia membros e dá outras providências., 2010b.

- SOROCABA. *Lei no 10.971, de 24 de Setembro de 2014.*: Dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança o licenciamento de projetos e licitações de obras, 2014a.
- SOROCABA. *Lei no 11.022, de 16 de dezembro de 2014.*: Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor do município de Sorocaba e dá outras providências, 2014b.
- SOROCABA. *Decreto no 22.281, de 18 de Maio de 2016.*: Dispõe sobre a regulamentação da Lei no 8.270, de 24 de setembro de 2007, que dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança - RIVI - o licenciamento de Projetos e Licitação de obras e dá outras providências., 2016.
- SOROCABA. *Decreto no 23.452, de 2 de fevereiro de 2018.*: Dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança - RIVI - o licenciamento de projetos e licitação de, 2018a.
- SOROCABA. *Lei no 11.768, de 30 de julho de 2018.*: Acresce artigo à Lei no 8.270, de 24 setembro de 2007, que dispõe sobre a necessidade de instrução com Relatório de Impacto de Vizinhança - RIVI e dá outras providências., 2018b.
- SOUZA, S. F. *Impacto de Vizinhança e Área de Influência Direta : Implicações na Região Metropolitana da Grande Vitória Impacto de Vizinhança e Área de Influência Direta : Implicações na Região Metropolitana da Grande Vitória.* 2019. Dissertação de mestrado - UFES, Vitória, 2019.
- TOMANIK, R.; FALCOSKI, L. A. N. O Estudo de Impacto de Vizinhança e o Licenciamento Integrado: novas tecnologias de gestão do espaço. In: 2010, Faro. *4o Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS)*. Faro: [s. n.], 2010. p. 1-12.
- TRENTIN, G.; FREITAS, M. I. C. O Contexto da Expansão Urbano-Industrial de Americana-SP: Do pequeno aglomerado à cidade industrial. *Geografia*, Rio Claro, v. 35, n. 2, p. 291-306, 2010.

Gestão de águas pluviais em áreas já urbanizadas: Aplicação da Matriz SWOT para a caracterização de Técnicas Compensatórias

*Rainwater management in already urbanized areas: SWOT Matrix
application for the characterization of Compensatory Techniques*

*Gestión de aguas pluviales em zonas ya urbanizadas: Aplicación de la
Matriz SWOT para la caracterización de Técnicas Compensatorias*

Bruna Lamorea Veiga Lopes

Mestre em Engenharia
Urbana _ PPGEU | UFSCar
bruna.lamorea@hotmail.com

Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Doutor em Hidráulica e
Saneamento
Professor do PPGEU _ UFSCar
em Sustentabilidade Urbana e
Regional

RESUMO

Devido ao aumento da população e assim, conseqüentemente, a impermeabilização do solo, houve uma necessidade de avaliar a eficiência das técnicas de drenagem convencionais, e introduzindo técnicas compensatórias em áreas urbanas como uma alternativa mais sustentável para prevenir enchentes nas cidades. O seguinte trabalho baseou-se numa revisão bibliográfica em publicações sobre Técnicas Compensatórias para conseguir encontrar suas características primordiais para serem implantadas em uma área já urbanizada. A partir dessa revisão, foi possível utilização da ferramenta de avaliação de Matriz SWOT para conseguir identificar as Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças de cada Técnicas Compensatórias para assim, poder serem avaliadas antes de sua implantação, e conseguir definir qual técnica será mais apropriada a ser construída em uma área já urbanizada. Como conclusão, foi possível uma classificação mais detalhada das Técnicas Compensatórias, analisando seus pontos principais positivos e negativos que precisam ser destacados antes de sua implantação, sempre visando a necessidade da escolha do local primeiramente para depois poder avaliar qual técnica melhor irá satisfazer as necessidades a serem sanadas ou minimizadas de acordo com a área estudada.

Palavras-Chave: Técnicas Compensatórias. Drenagem Urbana. Matriz SWOT

ABSTRACT

Due to the increase in population and consequently, the waterproofing of the soil, there was a need to evaluate the efficiency of conventional drainage techniques, and introducing a compensatory techniques in urban areas as a sustainable alternative to prevent flooding in cities. The following work was based on a bibliographic review on publications about Compensatory Techniques to find the primordial characteristics about they to be implemented in an already urbanized area. From this review, it was possible to use the SWOT Matrix assessment tool to identify the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats of each Compensatory Techniques to be evaluated before its implementation, and to define which technique will be most appropriate to be built in na already urbanized area. As a conclusion, it was possible to have a more detailed classification of the Compensatory Techniques, analyzing their positive and negative points that need to be highlighted before their implementation, always looking at to choose the location first and then to evaluate which technique will satisfy the needs to remedied or minimized according to the area studied.

Keywords: Compensatory Techniques. Urban Drainage. SWOT Matrix.

RESUMEN

Debido al aumento de población y, em consecuencia, la impermeabilización del suelo, surgió la necesidad de evaluar la eficiencia de las técnicas de drenaje convencionales, e introducir técnicas compensatorias em áreas urbanas como uma alternativa más sostenible para prevenir inundaciones em la ciudades. El siguiente trabajo se basó em uma revisión bibliográfica de publicaciones sobre Técnicas Compensatorias para poder encontrar sus características primordiales para ser implementadas em uma zona ya urbanizada. A partir de esta revisión, fue posible utilizar la herramienta de evaluación Matriz SWOT para poder identificar las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas de cada Técnicas Compensatoria para que puedan ser

evaluadas antes de su implementación, y poder definir qué técnica será la más adecuada para se construirá em una zona ya urbanizada. Como conclusión, se pudo tener una clasificación más detallada de las Técnicas Compensatorias, analizando sus principales puntos positivos y negativos que es necessário ressaltar antes de su implementación, apuntando siempre a la necesidad de elegir primeiro la ubicación y luego poder evaluar qué técnica satisfará mejor las necesidades de remediado o minimizado según el área estudiada

Palabras-Clave: Técnicas Compensatorias. Drenaje Urbano. Matriz SWOT.

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão urbana e a ocupação populacional indevida, começaram a ocorrer problemas de drenagem pluvial devido a impermeabilização do solo, fazendo com que fosse necessário avaliar a eficiência das técnicas de drenagem convencionais utilizadas até hoje e que, muitas vezes trazem impactos negativos, gerando assim, novos problemas ao meio ambiente e ao meio hídrico. Para solucionar ou tentar reduzir os problemas ocasionados, começaram a utilizar como uma alternativa mais sustentável, a implantação de Técnicas Compensatórias em áreas urbanas, visando a prevenção do risco de enchentes e alagamentos na cidade.

Para que seja possível a utilização das Técnicas Compensatórias em um meio já urbanizado, é necessário fazer uma avaliação para escolher a mais adequada dependendo do tipo de situação onde ela será inserida, e para isso, é necessário o auxílio de uma ferramenta de avaliação para conseguir encontrar os pontos negativos e positivos de cada técnica, para assim, conseguir caracterizar qual ou quais serão mais vantajosas com sua implantação.

Com a utilização da ferramenta Matriz SWOT de avaliação, é possível auxiliar fazer uma análise mais detalhada para conseguir discutir quais Técnicas Compensatórias melhor se encaixariam em determinada

situação em meio já urbanizado, conseguindo caracterizar suas Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças, assim, servindo de base para uma análise mais detalhada de cada Técnica antes de ser implantada no local escolhido.

2 OBJETIVOS

O presente artigo tem como objetivo analisar Técnicas Compensatórias (TC) com o auxílio da ferramenta de avaliação de Matriz SWOT para conseguir identificar os pontos negativos e positivos das TC a ser estudada, para assim, classifica-las para poder serem implantadas em um meio já urbanizado.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nessa pesquisa foi baseada em uma revisão bibliográfica em publicações que abordavam TC, para conseguir encontrar suas características principais. A partir desta revisão, foi aplicado a ferramenta de avaliação de Matriz SWOT para conseguir classificar cada TC individualmente, buscando encontrar características específicas necessárias a serem observadas para serem implantadas em meios urbanos. Assim, caracterizando as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada TC, auxiliando na escolha da mais apropriada a ser introduzida em um local já urbanizado.

4 ENCHENTES URBANAS

Alterações como desmatamento, substituição da cobertura vegetal natural, instalação de redes de drenagem artificial, ocupação das áreas de inundação, impermeabilização das superfícies, redução dos tempos de concentração e o aumento dos deflúvios superficiais, podem ocasionar efeitos diretos sobre os recursos hídricos, afetando o ciclo hidrológico e por consequência impactando o funcionamento eficiente de sistemas de drenagem. A quantificação do escoamento superficial é importante na hidrologia urbana, pois é com essa concepção do sistema de drenagem que é possível pensar no controle da acumulação da água na superfície, evitando assim os problemas de alagamento e inundações (RIGHETTO, 2009).

Segundo Tucci (1997), enchentes em áreas urbanas são consequência de dois processos:

- Devido a Urbanização: são ocasionadas devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos, juntamente com o desenvolvimento urbano, pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.
- Em Áreas Ribeirinhas: são enchentes naturais que atingem a população, normalmente de baixa renda, que ocupa áreas de risco de acordo com o Plano Diretor, próximas aos rios por falta de planejamento do uso do solo.

De acordo com Tucci (1997), o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal, provocando assim, vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico

natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando alterações em seu ciclo.

A urbanização desordenada também pode promover mudanças nos regimes de chuvas, na concentração da poluição do ar, do solo, da água e sonora, na impermeabilização excessiva, na elevação da temperatura e, depredação de áreas externas às cidades para atender as necessidades impostas à ampliação e manutenção da malha urbana.

4.1 SISTEMAS DE DRENAGEM CONVENCIONAL

Basicamente, um sistema convencional se resume na rápida remoção das águas pluviais em excesso no meio urbano, evitando a ocorrência de inundações urbanas, acúmulo de água e o escoamento excessivo em termos de volume e velocidade. Esse sistema pode ser dividido em outros dois subsistemas: Microdrenagem e a Macrodrenagem, que são diferenciados entre si.

- Microdrenagem: Segundo Tucci e Bertoni (2003), a microdrenagem é definida pelo sistema de condutos de águas pluviais em nível de loteamento. Os principais métodos utilizados para seu dimensionamento são: redes de galerias, poços de visita, bocas-de-lobo, tubos de ligação, sarjetas, meios-fios, condutos forçados, estações de bombeamento, dentre outros.

- Macrodrenagem: Segundo Martins (2015), a macrodrenagem é feita essencialmente pela rede de drenagem natural pré-existente, composta pelos cursos d'água

naturais ou artificiais, presentes em vales e talvegues. Suas estruturas são responsáveis pela condução final das águas pluviais da microdrenagem.

5 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

As TC estão sendo desenvolvidas desde meados da década de 1970, com o objetivo de compensar ou minimizar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico urbano, trazendo benefícios à qualidade de vida da população e a preservação do meio ambiente.

Segundo Baptista, Nascimento e Barraud (2015), essas TC são definidas basicamente por seu caráter estrutural ou não estrutural. As medidas não-estruturais visam minimizar significativamente os prejuízos da má drenagem urbana com um custo menor, como a criação de regulamentos de ocupação de áreas de inundações, regulamentação do loteamento e código de construção, criação de seguro de inundações, alerta de previsão de cheias, planos de evacuação, dentre outras. E, as medidas estruturais são obras de engenharia para reduzir ou mitigar o risco de enchentes.

As técnicas compensatórias podem ser divididas em três: centralizadas, lineares e localizadas (Baptista et al, 2015).

- Técnicas de controle centralizado são caracterizadas pela sua associação em áreas de drenagem de grande porte, como as bacias de retenção e retenção, ou infiltração. Essas estruturas permitem múltiplas configurações, com a associação ou não do armazenamento e infiltração, tendo como função o amortecimento de cheias no meio urbano, redução do volume de escoamento superficial

e redução da poluição difusa de origem pluvial.

- Técnicas de controle lineares são caracterizadas por conseguirem ser implantadas juntamente aos sistemas viários, como em estacionamentos e arruamentos, sendo definidas por pavimentos permeáveis, trincheiras, valas e valetas.

- Técnicas de controle localizadas ou pontuais, são aquelas que podem ser implantadas na fonte e associadas a pequenas superfícies de drenagem, como poços de infiltração e telhados verdes.

5.1 BACIAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

As bacias de retenção e retenção são estruturas que possibilitam por um período de tempo o armazenamento de água pluvial. Estas estruturas possuem descargas de fundo fechadas durante eventos de chuvas, e que após decantação, pode ser aberta para drenar a água armazenada para uma estação de tratamento de esgoto ou para o meio natural, devendo ser removidos os sedimentos depositados no fundo da bacia. As bacias de retenção armazenam a água de escoamento pluvial por um longo período, enquanto as bacias de retenção armazenam essa água por um período curto e permanecem abertas constantemente. Elas também podem ser integradas ao meio urbano no período de estiagem, utilizando paisagismo para compor praças e parques, e também espaços de lazer ou esporte como quadras (PERONI, 2018).

Na Figura 1, é um exemplo mais comum de uma bacia de retenção, implantada na região de Araraquara-SP.

Figura 1: Bacia de detenção em Araraquara – SP.



Fonte: Peroni, 2018.

5.2 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Como as superfícies utilizadas para o sistema viário e estacionamento ocupam cerca de 30% da área de uma bacia de drenagem, a utilização de pavimentos permeáveis nessas áreas são para auxiliar a redução da velocidade de escoamento, armazenamento temporário de

volumes de água, ajudam na infiltração, possuem baixos custos de implantação e manutenção (TOMINAGA, 2013).

Esses tipos de pavimentos existem em diversos formatos, e que podem ser adequados para suprir as necessidades do local onde será inserido. Um exemplo de pavimento permeável é mostrado na Figura 2.

Figura 2: Pavimentos Permeáveis.



Fonte: Resin Fantasy Floor, 2016.

5.3 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As trincheiras de infiltração e retenção tem como objetivo recolher as águas pluviais, sendo estruturas pouco profundas que podem ser implantadas junto à superfície ou a uma pequena profundidade no solo, favorecendo o armazenamento temporário e/ou a infiltração. São compostas por material granular

gráudo, como pedra de mão ou britas, e seu esvaziamento pode ser feito por infiltração no solo, descarga no meio natural ou sistema de drenagem (BAPTISTA et al, 2015). As valas e valetas são bem similares a essa técnica.

Na Figura 3 é mostrado uma trincheira de infiltração localizada no campus da UFSCar em São Carlos-SP.

Figura 3: Trincheira de Infiltração no campus da UFSCar, São Carlos – SP.



Fonte: Lucas, 2011.

5.4 POÇOS DE INFILTRAÇÃO

Segundo Reis et al (2008), os poços de infiltração consistem em um poço escavado no solo, revestido por tubos de concreto perfurado ou tijolos assentados em crivo, envoltos por uma manta geotêxtil fazendo a interface solo/tubo, e com fundo revestido por uma cama de agregados graúdos, também envolta por geotêxtil, de forma a permitir a infiltração da água pluvial escoada no seu interior para o solo.

Nesta técnica, toda a água de chuva captada pela edificação é lançada inicialmente no poço de infiltração, e após a diminuição da capacidade de absorção do solo e total enchimento do poço, a água passa a ser lançada no sistema público de drenagem.

Na Figura 4 é possível observar um poço de infiltração localizado no Campus da UFSCar em São Carlos – SP.

Figura 4: Poço de Infiltração no campus da UFSCar, São Carlos – SP.



Fonte: Barbassa et al, 2014.

5.5 TELHADOS VERDES

Os telhados verdes ou telhados de cobertura vegetal são implantados em tetos de edificações, que além de possuir características paisagísticas, consegue auxiliar na proteção térmica dos mesmos. Esses telhados consistem num armazenamento temporário de água pluvial, que será liberada lentamente ao sistema de

drenagem ou voltará para atmosfera por evapotranspiração, e podem ser planos ou com inclinação máxima de 5% (BAPTISTA et al, 2015).

Os telhados de cobertura vegetal possuem um esquema simples de implantação, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Esquema de Telhado Verde com cobertura vegetal.



Fonte: ICF Construtora, 2016.

6 FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE MATRIZ SWOT

Segundo Silva et al (2011), a ferramenta de avaliação de Matriz SWOT surgiu em meados da década de 1960, em discussões na escola de administração que começaram a analisar a sua compatibilização entre "Forças" (Strengths) e "Fraquezas" (Weakness) de uma organização, e as "Oportunidades" (Opportunities) e "Ameaças" (Threats), que quando conectadas, formam uma base sólida para a tomada de decisões de escolha, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6: Matriz SWOT



Fonte: Adaptado SILVA et al, 2011.

Essa ferramenta normalmente é utilizada para auxílio na gestão de uma empresa, mas também pode ser utilizada para uma análise mais criteriosa na avaliação de fatores de diversos objetivos, que no caso deste presente artigo, a classificação das TC encontradas na bibliografia para serem utilizadas em meio urbano.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a identificação das TC na bibliografia e com a obtenção de dados relevantes sobre as características

necessárias a serem avaliadas em cada uma para serem implantadas em meio já urbanizado, foi possível fazer a aplicação da ferramenta de Matriz SWOT para uma melhor compreensão das mesmas.

Para a análise de Forças e Fraquezas, foi definido encontrar aspectos que falavam da principal utilização da TC em um meio já urbanizado, que seria resolver o problema sobre drenagem de origem pluvial. Como a análise é feita com base em meio já urbanizado, foi necessário também priorizar aspectos para a sua implantação. E, na análise de Oportunidades e Ameaças foram avaliados aspectos além dos fatores principais, como problemas sociais, estéticos, sanitários, dentre outros.

A partir da definição da diferença entre Forças/Fraquezas e Oportunidades/Ameaças, foi possível escolher quais características são primordiais a serem analisadas em cada TC para serem implantadas em um meio urbano consolidado. E assim, conseguindo aplicar a ferramenta de Matriz SWOT, como é mostrado nas figuras a seguir:

Figura 7: Aplicação de SWOT para Bacias de Detenção/Retenção

<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento do volume escoado; • Melhoria da qualidade da água; • Grande capacidade de armazenamento; • Redução do volume de pico 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de grande espaços; • Necessidade de manutenção regular;
<ul style="list-style-type: none"> • Integração com o meio urbano e paisagístico; • Multifuncionalidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência em redes de infraestruturas já existentes; • Aceitação da população local; • Impactos sobre a vegetação existente;

Fonte: Autores, 2020.

Figura 8: Aplicação de SWOT para Pavimentos Permeáveis

<ul style="list-style-type: none"> • Redução do escoamento superficial; • Redução dos condutos de drenagem pluvial; 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção do sistema para evitar colmatção; • Maior custo de construção;
<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos do sistema de drenagem pluvial; • Redução da lâmina d'água de estacionamentos e passeios; • Utilização em estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego; 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de contaminação dos aquíferos;

Fonte: Autores, 2020.

Figura 9: Aplicação de SWOT Trincheiras de Infiltração

<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento/Infiltração do volume escoado; • Redução do Volume de escoamento superficial; • Facilidade de implantação; • Redução da carga de poluição de origem pluvial; 	<ul style="list-style-type: none"> • Restrições de implantação em áreas com acentuada declividade; • Necessidade de manutenção regular;
<ul style="list-style-type: none"> • Adaptação ao sistema viário; • Recarga do lençol freático; • Rearranjo temporal de vazões; • Utilização em estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego; 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de contaminação do lençol freático;

Fonte: Autores, 2020.

Figura 10: Aplicação de SWOT para Poços de Infiltração

<ul style="list-style-type: none"> • Redução de vazões de pico; • Redução de volumes de água para o sistema convencional de drenagem; • Necessidade de pequenos espaços para sua implantação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de armazenamento pequena; • Necessidade de manutenção periódica;
<ul style="list-style-type: none"> • Utilização como unidade complementar com outras obras de armazenamento; • Possibilidade de integração paisagística; 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de contaminação do lençol freático;

Fonte: Autores, 2020.

Figura 11: Aplicação de SWOT para Telhados Verdes

<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento temporário; • Proteção térmica; 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de manutenção periódica; • Custo elevado para implantação;
<ul style="list-style-type: none"> • Complementação paisagística; • Drenagem por evapotranspiração; • Possibilidade de implantação em residências; 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de infiltrações na cobertura das edificações;

Fonte: Autores, 2020.

Após a aplicação da Matriz SWOT nas TC encontradas na bibliografia, foi possível analisar suas características principais para serem utilizadas como solução do problema de drenagem pluvial em áreas já urbanizadas.

Foi possível observar que as bacias de detenção e retenção possuem grande capacidade de armazenamento da água pluvial escoada, mas também, precisam de grandes espaços para sua implantação.

As trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis, possuem a vantagem da possibilidade de serem utilizados no sistema viário, quadras esportivas e estacionamentos, possuindo além disso, baixo custo de manutenção.

Já os poços de infiltração possuem a vantagem de ocuparem pequenos espaços, mas também uma capacidade de armazenamento pequena, juntamente com o risco de

contaminação do lençol freático.

E os telhados verdes além de uma complementação paisagística, também ajudam na proteção térmica, mas possuem o risco de gerar infiltração na cobertura das edificações.

8 CONCLUSÃO

Com a análise de cada TC utilizando a ferramenta de avaliação da Matriz SWOT, conseguindo identificar seus pontos positivos e negativos, é possível identificar quais TC podem trazer mais vantagens a serem implantadas em um meio já urbanizado.

Para conseguir escolher qual TC é mais apropriada para cada situação, é necessário primeiramente escolher o local onde se deseja implantar uma TC, e após, analisar os fatores primordiais antes de sua construção, como o espaço disponível, capacidade de armazenamento de água pluvial, adaptação com o meio, dentre outros.

Assim, com a utilização da Matriz SWOT, gera uma maior facilidade na percepção de qual ou quais TC podem ser aplicadas ou não em um meio já urbanizado, conseguindo analisar suas características principais para serem avaliadas antes da tomada de decisão da TC a ser escolhida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 1o. Simpósio Cidades + Resilientes e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo de Mestrado.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. 2 edição. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015.

BARBASSA, A. P.; ANGELINI SOBRINHA, L.; MORUZZI, R. B. *Poço de infiltração para o controle de enchente na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção*. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2014.

ICFConstrutora, 2016. Disponível em < <http://www.icfconstrutora.com.br//template/uploads/institucional/29.jpg> > Acesso em: 10 de julho de 2020.

LUCAS, H. A. *Monitoramento e Modelagem de um Sistema Filtro-Vala-Trincheira de Infiltração em escala real*. Dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – UFSCar, 2011.

PERONI, C. Z. *Avaliação de Bacias de Detenção na Gestão de Águas Pluviais em Araraquara, SP*. Dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – UFSCar, 2018.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. *Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais* – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.

RIGHETTO, A. M. *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Resin Fantasy Floor, 2016. Disponível em <<http://www.resinfantasyfloor.com/media/slide/>>

- drenanti/1200x500_2.jpeg> Acesso em: 10 de julho de 2020.
- TOMINAGA, E. N. S. *Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte*. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.
- TUCCI, C. E. M. *Água Doce – Capítulo 14, Água no Meio Urbano*. 1ª edição – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. *Inundações Urbanas na América do Sul*, 1ª edição - Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003.
- SILVA, A. A.; SILVA, N. S.; BARBOSA, V. A.; HENRIQUE, M. R.; BAPTISTA, J. A. *A Utilização da Matriz SWOT como Ferramenta Estratégica – um Estudo de Caso em uma Escola de Idioma em São Paulo*. VIII Simósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2011.

Determinação das Áreas de Inundação da bacia do Córrego das Flores, Bauru - SP (Brasil)

Determination of Flood Areas in the Stream of Flores basin, Bauru - SP (Brazil)

Determinación de áreas inundables en la cuenca corriente de Flores, Bauru - SP (Brasil)

Richard Takeo Takehara

Arquiteto e Urbanista,
Especialista em Projeto e
Gestão de Infraestrutura
richardtakehara@hotmail.com

Erich Kellner

Professor Associado
UFSCar_PPGEU, Brasil.
erich.kellner@ufscar.br

RESUMO

O modelo de ocupação urbana desenvolvido nas bacias hidrográficas, em especial pela ocupação dos fundos de vale, traz algumas consequências severas ao próprio modelo urbano. Com a impermeabilização do solo ocorre a diminuição da infiltração das águas de chuva, diminui o tempo de concentração da bacia, ocasiona o aumento do escoamento superficial direto e provoca a rápida elevação dos níveis de água que escoam pelo talvegue, resultado, muitas vezes, no transbordamento das águas para fora do canal de drenagem ou leito principal dos corpos d'água ocasionando os alagamentos das áreas ribeirinhas ou leito secundário. Na impossibilidade de alteração do desenho urbano estabelecido, o conhecimento das áreas afetadas por eventos de chuva, permite ao gestor urbano traçar planos para mitigar os riscos aos quais as pessoas são expostas na ocorrência desses eventos extremos. O objetivo deste trabalho foi o de construir mapas de áreas de alagamento ao longo da Avenida Nações Unidas localizada na cidade de Bauru (SP), a partir da análise da capacidade de escoamento do canal que forma o talvegue da bacia do Córrego das Flores. Foram determinadas as vazões excedentes, as alturas de elevação e as áreas de alagamento a partir dos cálculos hidráulicos e hidrológicos tendo como referência normas projetuais e legislações normativas. Os Resultados mostraram que mesmo chuvas de recorrências mais frequentes (TR=2 anos) são capazes de causar inundações e oferecer riscos a população, sendo agravadas em eventos de maior intensidade.

PALAVRAS-CHAVE: Alagamento. Prevenção de Risco. Drenagem urbana.

ABSTRACT

The urban occupation model developed in river basins, in particular by the occupation of valley bottoms, brings some severe consequences to the urban model itself. With the waterproofing of the soil, there is a decrease in the infiltration of rainwater, decreases the time of concentration of the basin, causes an increase in the direct runoff and causes a rapid increase in the water levels that flow through the thalweg, a result, many times, in the overflow of water out of the drainage channel or main bed of the water bodies, causing flooding of the riverside areas or secondary bed. In the impossibility of changing the established urban design, knowledge of the areas affected by rain events, allows the urban manager to draw up plans to mitigate the risks to which people are exposed in the occurrence of these extreme events. The objective of this work was to build maps of flooding areas along Avenida Nações Unidas located in the city of Bauru (SP), from the analysis of the flow capacity of the channel that forms the thalweg of the Córrego das Flores basin. Excess flow rates, elevation heights and flooding areas were determined from hydraulic and hydrological calculations using design norms and normative legislation as a reference. The Results showed that even more frequent recurrence rains (TR = 2 years) are capable of causing flooding and offer risks to the population, being aggravated in events of greater intensity.

KEYWORDS: Flooding. Risk Prevention. Urban drainage

RESUMEM

El modelo de ocupación urbana desarrollado en las cuencas hidrográficas, especialmente por la ocupación de los fondos de los valles, trae algunas consecuencias severas al propio modelo urbano. Con la impermeabilización del suelo se produce una disminución en la infiltración de

Data da Submissão:
01junho2021

agua de lluvia, disminuye el tiempo de concentración de la cuenca, provoca un aumento de la escorrentía directa y provoca un rápido aumento de los niveles de agua que drenan por el desagüe, resultado, muchas veces, en el desborde de agua fuera del canal de drenaje o lecho principal de los cuerpos de agua, provocando la inundación de las zonas ribereñas o lecho secundario. Ante la imposibilidad de cambiar el diseño urbano establecido, el conocimiento de las áreas afectadas por eventos de lluvia, permite al gestor urbanístico elaborar planes para mitigar los riesgos a los que están expuestas las personas en la ocurrencia de estos eventos extremos. El objetivo de este trabajo fue construir mapas de áreas inundables a lo largo de la Avenida Nações Unidas ubicada en la ciudad de Bauru (SP), a partir del análisis de la capacidad de flujo del canal que forma el desagüe de la cuenca Córrego das Flores. Los caudales excesivos, las alturas de elevación y las áreas de inundación se determinaron a partir de cálculos hidráulicos e hidrológicos utilizando las normas de diseño y la legislación normativa como referencia. Los Resultados mostraron que lluvias recurrentes aún más frecuentes (TR = 2 años) son capaces de provocar inundaciones y ofrecer riesgos a la población, agravándose en eventos de mayor intensidad.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones. Prevención de riesgos. Drenaje urbano

1. INTRODUÇÃO

Considerando que uma grande parte da urbanização foi concebida sem um controle adequado e a segurança às intempéries naturais algumas vezes negligenciadas ou subestimadas por diversos motivos, problemas decorrentes a desastres naturais estão se tornando cada vez mais frequentes à medida que uma cidade cresce.

As enchentes são fenômenos inerentes a urbanização na proximidade de corpos d'água, ocupação esta realizada de maneira a atender as necessidades dos indivíduos por esse recurso ou pela área ali disponível (BENÉVOLO, 2009), colocando os rios e os indivíduos em convívio mútuo. Acontece que essa convivência se tornou um risco ao longo da evolução da ocupação humana, conforme retratado por Santos (1992, p.4).

"a história do homem sobre a Terra é a história de uma ruptura progressiva entre o homem e o entorno. Esse processo se acelera quando, praticamente ao mesmo tempo, o homem se descobre como indivíduo e inicia a mecanização do Planeta, armando-se de novos instrumentos para tentar dominá-lo".

A ocupação urbana da cidade de Bauru, localizada no interior do estado de São Paulo, não foge à regra.

A ocupação das terras nas proximidades de corpos d'água inicialmente por plantações de café, posteriormente pelas linhas férreas e o surgimento do modal rodoviário impulsionaram o desenvolvimento de diversos eixos viários ao longo das margens dos rios (Ghirardello 2008).

Tal desenvolvimento levou a canalização do principal rio da cidade o Rio Bauru através de um canal aberto e seu afluente chamado Córrego das Flores está atualmente sob a principal via arterial do município, a Avenida Nações Unidas.

Atualmente essa avenida serve como importante via arterial, que surgiu com a necessidade de conectar as grandes áreas urbanizadas em suas margens e que, ao se consolidar como eixo viário, concentrou em sua extensão diversas atividades comerciais e de lazer.

No entanto, a solução utilizada para viabilizar os deslocamentos, canalizou o Córrego das Flores, enterrando-o logo abaixo da via.

Ao longo do tempo, essa proposta propiciou o surgimento de inundações cada vez mais severas e com custos financeiros cada vez mais elevados para a sua solução, conforme apontado por Bauru (2008).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi a criação de mapas de alagamento da bacia do Córrego das Flores no município de Bauru/SP, para diferentes períodos de retorno.

3. METODO DE ANÁLISE

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo refere-se à bacia do Córrego das Flores localizado no centro do perímetro urbano do município de Bauru SP, pertencente à bacia do Rio Bauru juntamente com as sub-bacias dos córregos Vargem Limpa, Barreirinho, Grama, Sobrado e Água da Ressaca.

A bacia do Córrego das Flores, apresentada na Figura 1, estende-se na direção SE-NO, possui área de 4,715km², perímetro de 10,742km e comprimento do talvegue de 3,934km.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Córrego das Flores (Bauru, SP – Brasil)



Fonte: Google Earth (2019) adaptado pelos autores.

3.2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E MORFOLÓGICA DA SUB-BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir da delimitação da bacia do Córrego das Flores, utilizou-se do software AutoCadMap® para

confeção das plantas gráficas referentes a distribuição das elevações e declividades.

Com as dimensões referentes ao comprimento principal do talvegue e a declividade média da sub-bacia, estimou-se o tempo de concentração

(t_c) que é conceitualmente definido como o tempo que leva para que toda a área da bacia contribua com a vazão no ponto de estudo (exutório), conforme proposto pelo DAEE (2006) e representado pela Equação (01), a qual é conhecida por Fórmula de Kirpich.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (01)$$

Onde t_c é tempo de concentração (min), L é o comprimento do talvegue (km) e Δh é o desnível geométrico entre o ponto mais distante da bacia e o exutório (m).

Segundo Villela e Mattos (1975), existe uma estreita relação entre as características físicas de uma bacia hidrográfica e seu regime hidrológico. Essa relação pode ser matematicamente traduzida pelos fatores de forma (K_f) e de compacidade (K_c), conforme apresentados nas Equações (02) e (03).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (02)$$

Onde A é a área da bacia (km^2); L o comprimento do talvegue (km) e K_f é o fator de forma (adimensional).

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (03)$$

Onde A é a área da bacia (km^2); P é o perímetro da bacia (km) e K_c é o fator de compacidade da bacia

(adimensional).

3.3. CARACTERIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir da planta de ocupação urbana da bacia, foram identificados, divididos e categorizados os tipos de ocupação e uso do solo, a fim de estimar o coeficiente de deflúvio da bacia.

Assim, considerando cada área característica e seus respectivos coeficientes de deflúvio, estimou-se o coeficiente de deflúvio equivalente, conforme a Equação (04) e que foi aplicado a toda a bacia.

$$C_{eq} = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (04)$$

Onde C_{eq} é o coeficiente de deflúvio da bacia (adimensional); C_i é o coeficiente de deflúvio (adimensional) relativo à área A_i (km^2).

Os coeficientes de deflúvio para as áreas específicas foram determinados a partir dos dados propostos por Tucci (1993, p.543). Para este estudo não foi considerada a variação do coeficiente de deflúvio em função do período de retorno.

3.4. APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO I-D-F PARA O MUNICÍPIO DE BAURU (SP)

Para a determinação da intensidade de chuva, empregou-se Equação (05) proposta por DAEE (2018) para o município de Bauru (SP).

$$i = \left(35,4487 \cdot (t + 20)^{-0,8894} + 5,9664 \cdot (t + 20)^{-0,7749} \cdot \left[-0,4772 - 0,901 \cdot \ln \left(\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right) \right] \right) \quad (05)$$

Onde i é a intensidade da precipitação (mm/min), t é o tempo de precipitação (min) e TR é o período de retorno (anos).

3.5. DETERMINAÇÃO DAS SEÇÕES CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir das características do arruamento e do sistema de micro drenagem existente e, foram determinadas as oito seções ao longo do talvegue da bacia do Córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Determinação dos pontos de estudo na bacia do Córrego das Flores



Fonte: adaptado pelos autores a partir do Google Earth.

Os pontos de estudo considerados neste estudo foram as vias transversais ao talvegue, a saber: (1) Rua Eduardo Vergueiro de Lorena; (2) Rua Albino Tambara; (3) Rua Ver. Joaquim da Silva Martha; (4) Rua Aviador Gomes Ribeiro; (5) Rua Constituição; (6) Av. Rodrigues Alves; (7) Rua Marcondes Salgado; (8) Ferrovias.

3.6. CÁLCULO DAS VAZÕES E DETERMINAÇÃO DAS ALTURAS D'ÁGUA

Para o cálculo das vazões decorrentes do escoamento superficial direto

adotou-se o Método Racional, conforme apresentado pela Equação (06), conforme proposto por Tucci (1993).

$$Q = 0,2778 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (06)$$

Onde Q é a vazão gerada pelo escoamento superficial direto (m^3/s); C é o Coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio (adimensional); i é a intensidade de precipitação (mm/h); A é a área de drenagem da bacia (km^2); 0,2778 é o fator de conversão entre as variáveis dependentes e a variável independente.

Indicado como método principal para calcular a vazão de cheia (Q) pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2006) para áreas menores que 2 km², embora alguns autores consideram que possa ser utilizados em áreas de até 5 km², já que acima desse valor a vazões de pico são superestimadas. (GENOVEZ 1991).

Para cada sub-bacia formada pelas seções características foi aplicado o coeficiente de deflúvio considerado único para toda a bacia, e as intensidade de precipitação foram determinadas considerando-se os períodos de retorno adotados (TR=2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos), tendo como tempo de precipitação o período de retorno obtido para a bacia do Córrego das Flores.

A vazão excedente (Q_E) foi calculada conforme Equação (07).

$$Q_{Ez} = \sum_1^z Q_i - \sum_1^z Q_T \quad (07)$$

Onde Q_E é a vazão excedente (m³/s) na seção z ; Q_i é a vazão gerada pelo escoamento superficial direto referente a seção i (m³/s); Q_T é a capacidade de vazão do talvegue sem causar o transbordamento obtido para a seção i (m³/s).

Determinada a vazão excedente (Q_{Ez}) para cada uma das seções analisadas e, considerando que a calha secundária possa ser considerada um retângulo, com comprimento L e altura h , determinou-se a altura da lâmina líquida pela Equação (08).

$$\frac{n \cdot Q_{Ez}}{\sqrt{I}} = (L \cdot h) \cdot (2 \cdot h + L)^{2/3} \quad (08)$$

Onde n é o coeficiente de rugosidade de Mannig; Q_{Ez} é a vazão excedente (m³/s); I é a declividade do trecho a montante da seção z (m/m); L é a largura transversal da seção z (m); h é a altura de água (m) na seção z , acima da cota máxima de transbordamento.

Para efeito de cálculo foi considerado $n=0,030$, característico para canais irregulares, com pedregulhos e vegetação, conforme Tucci (1993).

Assim, para cada seção z analisada foi determinada a cota máxima de elevação da água, para cada um dos períodos de retornos considerados) e lançadas no software AutoCad Map[®] para a confecção dos mapas.

4. RESULTADOS

O coeficiente de forma da bacia do Córrego das Flores obtido foi de 0,30, enquanto o coeficiente de compacidade foi de 1,39, conforme determinado pelas Equações (02) e (03).

Segundo Vilella e Mattos (1973), o coeficiente de compacidade superior a 1,0 e o coeficiente de forma, tendendo a valor menor que um, indicam bacia de forma alongada, de maneira que, morfologicamente pouco contribui como fator significativo para ocorrência de enchentes. Nesse caso, ao se observar a ocorrência de eventos reais de enchentes, como a mostrada na Figura 3, é possível inferir que o uso e a ocupação do solo na bacia possam ser significativamente responsáveis pelas ocorrências.

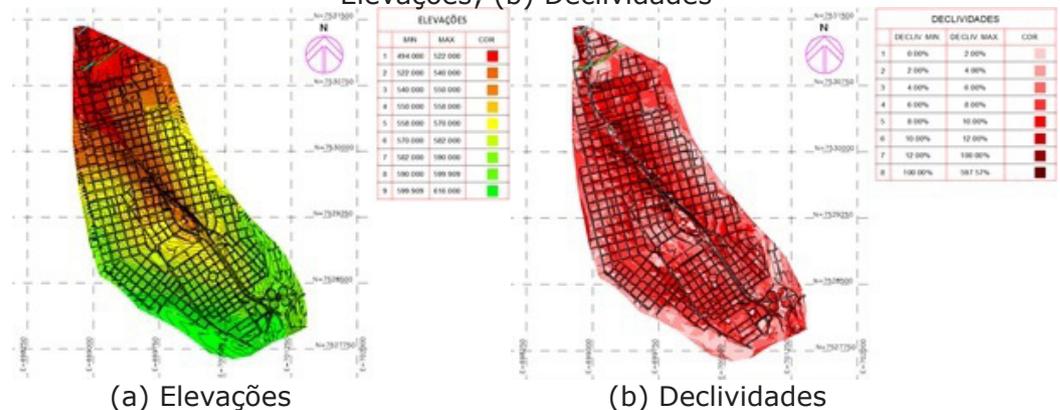
Figura 3: Alagamento no cruzamento da Av. Nações Unidas com AV. Rodrigues Alves – Seção (6) - (30/01/2020)



Fonte: MORAES, Tisa; BRUNELLI, Francisco; GARCIA, Ana Beatriz (2020). Crédito da imagem: Samantha Ciuffa

Com o auxílio da ferramenta declividades da bacia do Córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Características morfológicas da bacia do Córrego das Flores: (a) Elevações; (b) Declividades



Fonte: os autores.

Ao observar a Figura 4 percebe-se que a declividade média de toda a bacia é de 6,0%, sendo que, ao longo do leito do córrego a declividade varia de 2,0% a 3,0%.

O comprimento total do talvegue foi de 3,934 km enquanto o desnível observado foi de 113,00m. Dessa maneira, ao aplicar a Equação (01) para o cálculo estimativo do tempo de concentração da bacia, obteve-se

44,92 min.

A partir da determinação das áreas, das tipologias de uso e ocupação do solo observados na bacia do córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 3 e

Figura 5: Identificação dos usos e tipos de ocupação do solo na bacia do Córrego das Flores



da determinação dos coeficientes de deflúvio considerados para cada uma das áreas, conforme apresentado na Tabela 1, determinou-se o coeficiente de deflúvio equivalente, conforme Equação (04).

Tabela 1: Áreas características em função do uso e tipo de ocupação do solo e os coeficientes de deflúvios (C) considerados

Descrição	Área (km ²)	C _i (adm.)	C _i · A _i (km ²)
Área Verde	0,15	0,25	0,0375
Industrial	0,10	0,90	0,0900
Universidade	0,16	0,60	0,0960
Residencial	2,60	0,75	1,9500
Área Mista	0,60	0,85	0,5100
Comércio e Serviço	0,33	0,75	0,2475
Cemitério	0,05	0,90	0,0450
Viário Principal	0,60	1,00	0,6000
Aeroporto	0,15	0,40	0,0600
Σ	4,74	—	3,6360

Fonte: os autores

O coeficiente de deflúvio equivalente para a bacia do córrego das Flores foi de 0,77, sendo que para efeito de cálculo foi considerado 0,80, aplicado a toda a bacia.

As intensidades de chuva foram

obtidas para os períodos de retorno estabelecidos e, considerando-se o tempo de concentração de cada uma das sub-bacias do Córrego das Flores formada pelas seções características, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Intensidades de chuva (mm/h) calculadas para cada sub-bacia em função do tempo de concentração e do período de retorno (TR) considerado

Seção	Área (m ²)	Compr. do Talvegue (m)	Desnível do trecho (m)	T _c (min)	Período de Retorno – TR (anos)					
					2	5	10	25	50	100
					Intensidade de chuva (mm/h)					
1	501.645,09	710,00	35,03	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
2	991.517,86	671,00	22,01	10,94	96,812	122,399	139,341	160,746	176,625	192,388
3	1.091.187,28	686,00	16,01	12,68	92,178	116,700	132,936	153,450	168,668	183,774
4	362.774,28	231,00	6,87	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
5	608.102,56	540,00	13,22	10,35	98,467	124,433	141,625	163,347	179,462	195,458
6	359.967,82	377,00	6,23	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
7	242.322,85	497,00	10,89	10,14	99,100	125,212	142,500	164,343	180,548	196,632
8	558.087,96	222,00	2,74	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
Σ	4.715.605,70	3.934,00	113,00	44,92	49,9	64,3	73,9	85,9	94,8	103,7

Fonte: os autores

Na sequência foram estabelecidos escoamento superficial direto para a capacidade de escoamento do talvegue sem a ocorrência de transbordamento, assim como foram calculadas as vazões geradas pelo

escoamento superficial direto para cada uma das sub-bacias e em função do período de retorno (TR) considerado, estanho os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Capacidades de escoamento do talvegue e vazões geradas pelo escoamento superficial direto em função do período de retorno (TR) considerado

Seção	Capacidade de escoamento no talvegue sem transbordamento para a seção (m ³ /s)	Vazão gerada pelo escoamento superficial direto em função do período de retorno – TR (m ³ /s)					
		Período de Retorno – TR (anos)					
		2	5	10	25	50	100
1	2,896	11,092	14,014	15,948	18,391	20,204	22,003
2	5,791	21,331	26,969	30,702	35,418	38,917	42,390
3	7,535	22,352	28,298	32,235	37,209	40,900	44,563
4	9,516	8,022	10,134	11,533	13,300	14,611	15,912
5	14,131	13,306	16,815	19,138	22,074	24,251	26,413
6	21,196	7,960	10,056	11,444	13,197	14,498	15,789
7	15,120	5,337	6,743	7,674	8,850	9,722	10,589
8	0,868	12,341	15,590	17,742	20,461	22,477	24,479
Σ	77,053	101,741	128,619	146,416	168,9	185,58	202,138

Fonte: os autores

A partir da seção de montante, foram determinadas as vazões transbordadas pela diferença das vazões geradas pelo escoamento superficial direto e da capacidade

acumulada de escoamento no talvegue, estando os resultados apresentados na Tabela 4 em função do período de retorno considerado.

Tabela 4: Determinação da vazão excedente a calha principal do talvegue em função do período de retorno (TR) adotado

Seção	Capacidade acumulada de escoamento pelo talvegue sem o transbordamento (m³/s)	Vazão excedente a capacidade de escoamento pelo talvegue em função do período de retorno – TR (m³/s)					
		Período de Retorno – TR (anos)					
		2	5	10	25	50	100
1	2,896	8,196	11,118	13,052	15,495	17,308	19,107
2	8,687	26,632	35,192	40,859	48,018	53,33	58,602
3	16,222	47,24	61,746	71,35	83,483	92,486	101,421
4	25,733	53,281	69,899	80,902	94,802	105,116	115,352
5	39,869	61,972	82,099	95,425	112,261	124,752	137,15
6	61,065	62,867	85,09	99,804	118,393	132,185	145,874
7	76,185	74,28	97,909	113,554	133,319	147,983	162,539
8	77,053	100,873	127,751	145,548	168,032	184,712	201,270

Fonte: os autores

Considerando o coeficiente de rugosidade de Manning igual 0,030, a largura da seção transversal de cada uma das seções analisadas, as declividades (I) dos trechos a montante das seções consideradas e as vazões excedentes apresentadas na Tabela 4, aplicou-se a Equação (08) e calculou-se as alturas d'água acima das cotas máximas de transbordamento, estando os resultados apresentados na Tabela 5.

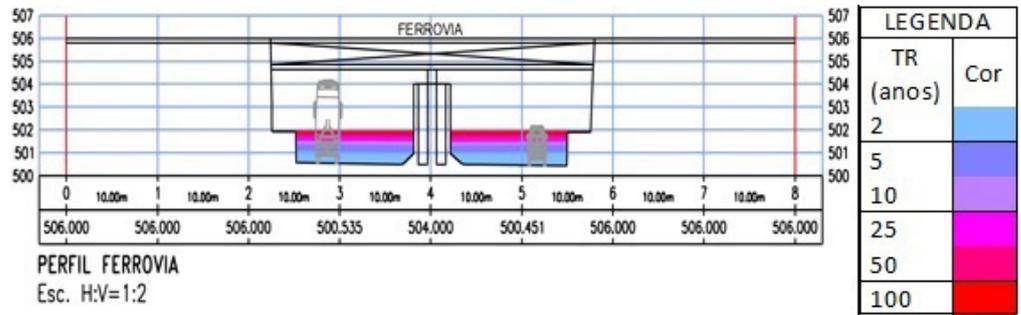
Tabela 5: Altura d'água nas seções analisada em função do período de retorno (TR) considerado

Seção	Largura da seção transversal (m)	Declividade média a montante da seção (m/m)	Altura d'água excedente a cota máxima de transbordamento do canal principal em função do período de retorno – TR (m)					
			Período de Retorno – TR (anos)					
			2	5	10	25	50	100
1	25,00	0,049	0,155	0,186	0,205	0,227	0,243	0,258
2	20,00	0,033	0,383	0,462	0,509	0,566	0,606	0,645
3	60,00	0,023	0,290	0,351	0,389	0,432	0,463	0,492
4	25,00	0,030	0,450	0,564	0,632	0,712	0,768	0,821
5	51,00	0,024	0,304	0,397	0,451	0,514	0,558	0,599
6	32,00	0,017	0,346	0,521	0,618	0,729	0,804	0,875
7	41,00	0,022	0,195	0,362	0,449	0,545	0,609	0,670
8	20,00	0,012	0,528	0,831	0,996	1,187	1,319	1,443

Fonte: os autores

A Figura 6 ilustra, para a seção 8, as estimativas para os níveis d'água acima da cota de transbordamento. O mesmo procedimento foi adotado para as demais seções para a confecção do mapa de alagamento.

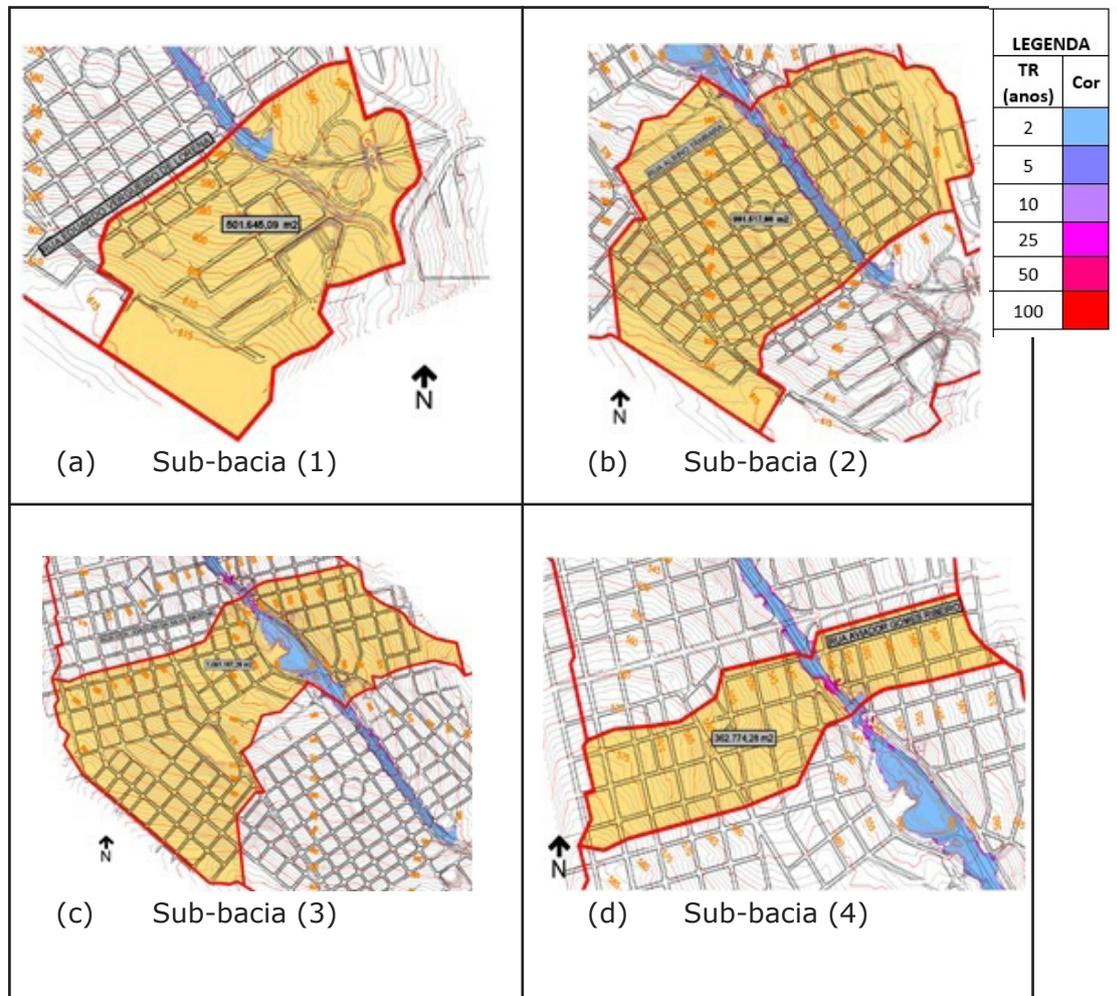
Figura 6: Perfil transversal da seção 8 com as indicações dos níveis d' água em função do Período de Retorno (TR)

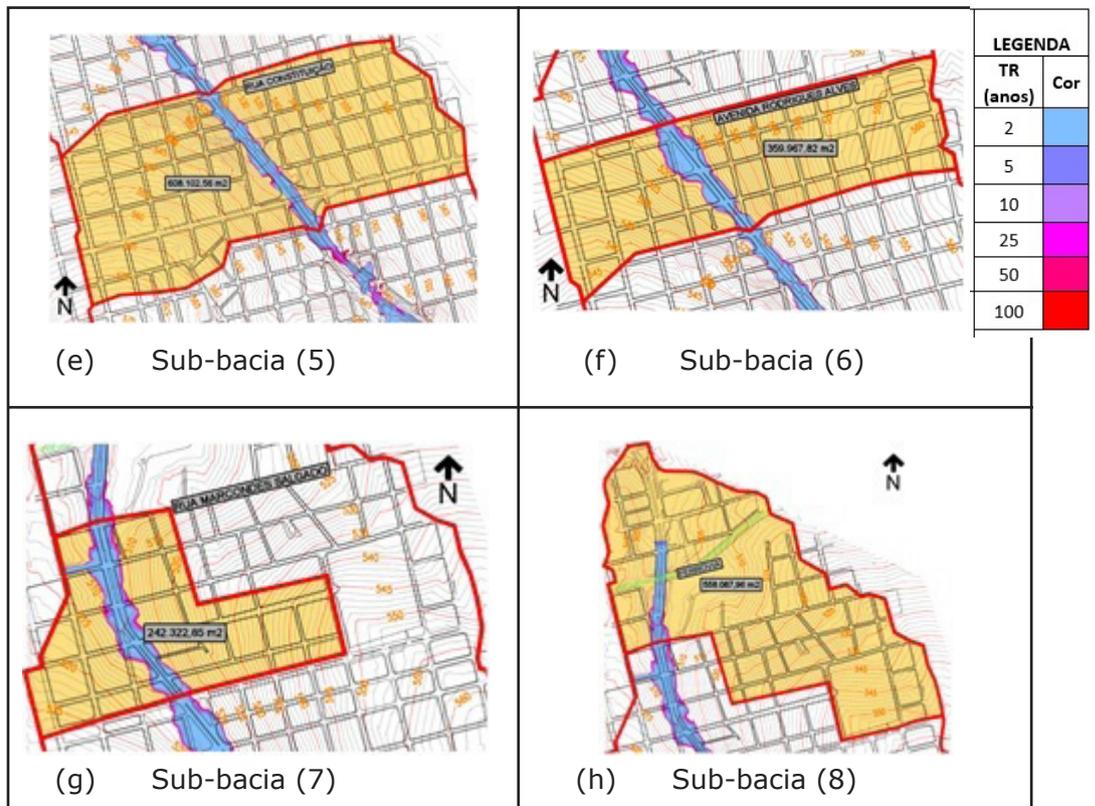


Fonte: os autores

A Figura 7 ilustra os trechos de seccionamento da bacia do Córrego das Flores com as áreas de inundação obtidas para os períodos de retorno considerados.

Figura 7: Áreas de inundação em relação às seções analisadas

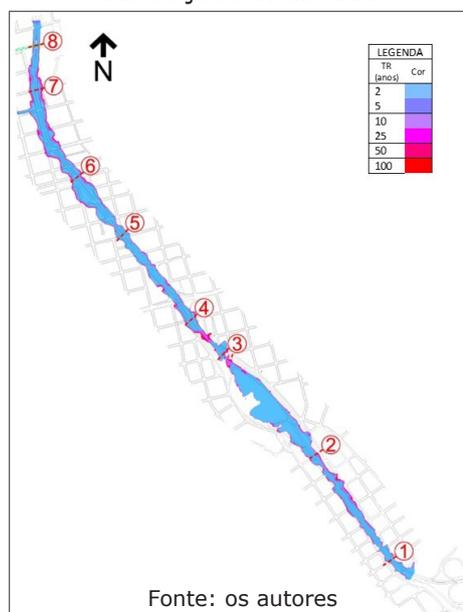




Fonte: os autores

A Figura 8 ilustra a mancha de inundação na bacia do Córrego das Flores, provocada pelo transbordamento do córrego.

Figura 8: Mapa de alagamento da bacia do Córrego das Flores e indicação das seções analisadas



Ao analisar as seções características apresentadas na Figura 7 ou mesmo o mapa de alagamento da bacia do Córrego das Flores apresentado na Figura 8 que, para eventos pluviométricos com período de retorno (TR) de 2 anos já ocorrem trechos de alagamento, provocando a ocupação de parte da Avenida Nações Unidas, desde o acesso pela Rodovia Mal. Rondon até a região ortogonal a linha férrea.

Em termos de área superficial de alagamento, pode-se perceber que não há grande diferença entre precipitações com período de retorno (TR) de 2 ou 100 anos, conforme pode ser observado na **Figura 8**. No entanto, ao se verificar as alturas das lâminas líquidas formadas a partir do transbordamento do córrego das Flores, conforme apresentado na **Tabela 5**, percebe-se que os valores podem variar de 0,15m na seção (1) até 1,44m na seção (8).

Dependendo do posicionamento da massa pluviométrica em relação à bacia as vazões escoadas superficialmente e, conseqüentemente as alturas d'água formadas podem ser menores daquelas aqui apresentadas.

De maneira geral o mapa da mancha de alagamento desenvolvido permite inferir a insuficiente capacidade de escoamento do canal existente, como pode ser verificado com os resultados apresentados na **Tabela 3**, ao se comparar a capacidade hidráulica de escoamento existente e as vazões superficiais diretas estimadas. Vale mencionar que essa incapacidade do escoamento das águas é observada desde o início do córrego das Flores, próximo a seção (1).

5. RESULTADOS

A bacia Córrego das Flores possui coeficiente de forma de 0,30 e coeficiente de compacidade de 1,39, não apresentando características naturais de inundação.

Os efeitos de alagamento observados podem, provavelmente, serem decorrentes da ação antrópica decorrente do tipo de uso e ocupação do solo.

Foram desenvolvidos mapas com as manchas de inundação provocadas por eventos extremos com período de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Eventos extremos com período de retorno de 2 anos podem comprometer vários trechos de toda a bacia do córrego das Flores, dependendo da região de ocorrência das chuvas.

As plantas de inundação são ferramentas que auxiliam as autoridades públicas administrativas a tomarem decisões quanto as áreas de isolamento e determinação de possíveis rotas de fuga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao evento 1º Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

REFERÊNCIAS

BAURU (2008). *LEI 5631 de 22 de agosto de 2008*. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Bauru, Bauru-SP, p 9283/06.

BENEVOLO, Leonardo, *História da Cidade*. 4. São Paulo – SP. Ed. Perspectiva. 2009.

- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA. *Precipitações intensas no estado de São Paulo*, Governo do Estado de São Paulo-SP, maio de 2018. 246p.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA, DAEE, *Hidrologia e Hidráulica: Conceitos Básicos e Metodologias. Capítulo 1 Hidrologia Vazão de enchente*. 2ª edição. 2006. Disponível em <https://www.dae.gov.br> Acessado em: 15/06/2020
- GENOVEZ, A.M. *Avaliação dos métodos de estimação das vazões de enchente para pequenas bacias rurais do estado de São Paulo*. 1991. 245f. Tese (Livre docente em Engenharia), Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).1991.
- GHIRARDELLO, Nilson. Primórdios da formação de Bauru. In: FONTES, M.; GHIRARDELLO, N. (org.) Olhares sobre Bauru. São Paulo: Unesp; Faac, 2008.
- MORAES, Tisa; BRUNELLI, Francisco; GARCIA, Ana Beatriz. *Chuva arrasta carros e alerta continua até domingo*. JcNet, Bauru, 20 de jan. de 2020. Crédito da Imagem: Samantha Ciuffa. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/geral/2020/01/712556-nacoes-unidas-vira-rio-com-chuva-moderada.html>>. Acesso em: 15 de jun. de 2020.
- SANTOS, M. (1992). "1992: a redescoberta da natureza". In: Estudos Avançados, São Paulo, Edusp, nº14, V.6, jan.-abr., pp.95-106.
- TUCCI, Carlos E. M. (org). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1993. 943p.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw Hill, 1975. 250p

De Volta Para o Futuro: Configuração Urbana e Segregação Socioeconômica em Rio Branco – Acre

Back to The Future: Urban Configuration and Socioeconomic Segregation in Rio Branco – Acre

Regreso al Futuro: Configuración Urbana y Segregación Socioeconómica en Rio Branco - Acre

Leonardo Neder de Faro Freire

Mestre em Arquitetura e Urbanismo_UnB, 2021
Universidade de Brasília | UnB
leconeder@gmail.com

Frederico Rosa Borges de Holanda

PhD em Arquitetura_Univ. de Londres, 1997
Universidade de Brasília | UnB
fredholanda44@gmail.com

Valério Augusto Soares de Medeiros

Doutor em Arquitetura e Urbanismo_UnB, 2006
Universidade de Brasília | UnB
valeriodemedeiros@gmail.com

RESUMO

A rede de cidades amazônicas transformou-se substancialmente nos últimos dois séculos e o resultado é um contexto de migração, êxodo rural/florestal, favelização, conflitos fundiários e defasagem de empregos, criando um panorama em que a inserção das populações oriundas do interior ocorreu segundo a matriz tradicional ribeirinha. Para contribuir com a compreensão desta conjuntura a pesquisa explora certas regularidades morfológicas da referida rede e investiga, por meio da Sintaxe Espacial, a correlação entre a expansão diacrônica configuracional da amostra (oito cidades, com foco em Rio Branco/AC), de modo a discutir a existência de padrões socioespaciais. Os achados reforçam o valor das análises da expansão urbana e das redes de caminhos no estudo de contradições inerentes a estas cidades.

Palavras-chave: Urbes Amazônicas, Sintaxe Espacial, Ocupações de Áreas de Risco.

ABSTRACT

The network of Amazonian cities has changed substantially in the last two centuries and the result is a context of migration, rural/forest exodus, slums, land conflicts and employment lag, creating an panorama in which the insertion of populations from the interior occurred according to the traditional riverside matrix. To contribute to the understanding of this conjuncture, the research explores certain morphological regularities of this network and investigates, through spatial syntax, the correlation between the configurational diachronic expansion of the sample (eight cities, focusing on Rio Branco/AC), in order to discuss the existence of socio-spatial patterns. The findings reinforce the value of the analyses of urban expansion and path networks in the study of contradictions inherent to these cities.

Keywords: Amazonian Urbes, Spatial Syntax, Occupations in Hazardous Areas.

RESUMEN

La red de ciudades amazónicas ha cambiado sustancialmente en los últimos dos siglos y el resultado es un contexto de migración, éxodo rural/florestal, tugurios, conflictos por la tierra y desajuste de puestos de trabajo, creando un panorama en el que la inserción de las poblaciones desde el interior se produjo de acuerdo con la matriz tradicional ribereña. Para contribuir a la comprensión de esta coyuntura, la investigación explora ciertas regularidades morfológicas de esta red e investiga, a través de la sintaxis espacial, la correlación entre la expansión diacrónica configuración de la muestra (ocho ciudades, centrándose en Rio Branco/AC), con el fin de discutir la existencia de patrones socio-espaciales. Los hallazgos refuerzan el valor de los análisis de la expansión urbana y las redes de trayectorias en el estudio de las contradicciones inherentes a estas ciudades.

Palabras-clave: Urbes amazónica, sintaxis espacial, ocupaciones en áreas peligrosas.

1 INTRODUÇÃO

A compreensão das urbes amazônicas pressupõe respeito à simbiose dos povos ribeirinhos com o ambiente e ao potencial das apropriações produtivas vernaculares pouco adensadas, resilientes e de baixo impacto nas margens fluviais, segundo Cardoso e Miranda (2018). Há que se considerar também a ameaça de efeitos adversos aos cogitados, na medida em que ambientes urbanos insalubres, inseguros, localizados não nas margens, mas nos leitos dos rios amazônicos, acabem legitimados enquanto meras tradições culturais populares.

Neste caso, ao contrário de povos adaptados ao meio através do saber tradicional, estar-se-ia chancelando a expulsão de grupos de baixa renda para os leitos dos rios, em ocupações muito adensadas, sob enchentes recorrentes e sobre solos muitas vezes instáveis, sujeitos à contínua deficiência de habitabilidade, infraestrutura, serviços e de equipamentos públicos. Segundo Canto (2007), nem todos os moradores de áreas ribeirinhas devem ser tidos como povos ribeirinhos, para os quais “[...] a natureza não se limita à condição de base material de sua vida; natureza e comunidade fazem parte de uma única estrutura orgânica. Nessas condições, água-terra-organização social formam algo indissociável, um amálgama”.

Com base nestas premissas, a pesquisa dedica-se à análise de aspectos socioespaciais em oito cidades da Região Norte do país, com o foco em Rio Branco – AC. A capital do Estado do Acre ilustra as cidades amazônicas e os desafios inerentes à relação dos assentamentos urbanos com os rios que lhes caracterizam, em

conflitos que expressam problemas de segregação socioespacial e heranças de ocupação.

Adotam-se conceitos, procedimentos e estratégias vinculados à Teoria da Lógica Social do Espaço (Sintaxe do Espaço) (HILLIER e HANSON, 1984) com o intuito de identificar padrões socioespaciais, a partir de dois objetivos: (1) analisar a configuração da rede de cidades amazônicas em busca de padrões e (2) investigar a transformação configuracional diacrônica de Rio Branco.

2 METODOLOGIA

O arcabouço teórico, metodológico e ferramental da pesquisa baseia-se na Teoria da Lógica Social do Espaço (Sintaxe Espacial), assumindo as técnicas de axialidade e segmentos: compreendem modelagens configuracionais e permitem explorar aspectos socioespaciais a partir do movimento potencial, sendo compatível com a escala municipal. A execução dos mapas ocorre através do software QGis, sobre imagens georreferenciadas, processando-os pelo software DepthMap, o que gerou medidas geométricas e topológicas.

Em relação aos estudos de caso, a pesquisa considera a análise dos municípios de Marabá, Itaituba, Parauapebas e da Região Metropolitana de Belém, no Pará; de Macapá, no Amapá; de Porto Velho, em Rondônia; de Manaus, no Amazonas; e de Rio Branco, no Acre. A amostra foi definida considerando a disponibilidade de modelagens configuracionais prévias (vinculadas ao Grupo de Pesquisa DIMPU/UnB) e a máxima variedade dimensional/populacional, de modo a compreender cidades médias, capitais estaduais e metrópoles. Também buscou-se

diversidade sub-regional, ainda que com evidente predominância de casos paraenses.

A análise foi fracionada em dois momentos. No primeiro, para as oito cidades foram avaliadas variáveis configuracionais geométricas – relativas ao comprimento médio dos segmentos (parâmetro equiparável ao tamanho médio dos quarteirões) e a compacidade B (comprimento de eixos em km por km²) – e topológicas – conectividade (nº médio de conexões por eixo do sistema), integração global-Rn (linhas mais acessíveis em relação ao conjunto), integração local-R3 (linhas mais acessíveis em relação ao entorno imediato), inteligibilidade (correlação entre Rn e CONN), sinergia (correlação entre Rn e R3), NAIN (acessibilidade angular de segmentos) e NACH (caminhos mais utilizados). Os valores obtidos foram confrontados com as variáveis taxa de crescimento populacional e IBEU – índice de bem estar urbano, que abrange aspectos de mobilidade urbana, condições ambientais e habitacionais, serviços coletivos e de infraestrutura urbana, conforme sugerem Ribeiro e Ribeiro (2016).

Em um segundo momento, procedeu-se a investigação configuracional diacrônica de Rio Branco para sete períodos (1946, 1981, 1989, 1996, 2008, 2012 e 2019). Nesta parte foram acrescentadas as medidas relativas à área do sistema (menor polígono que envolva todos os eixos), ao número e ao comprimento médio dos eixos, ao número de segmentos e à compacidade A (número de eixos por km²). Além disso, foi avaliada, para o cenário mais recente, a relação entre rendimento nominal médio mensal e as medidas configuracionais.

3 DESCRIÇÃO DA REDE DE CIDADES AMAZÔNICAS

3.1 A OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA

A ocupação da Amazônia a partir de meados do século XIX decorre de um quadro de pujança econômica do extrativismo, articulada a embriões industriais, em que as redes técnicas mais modernas, as ações de remodelação e as estratégias de intervenções com foco na cidade formal foram prioridade. A despeito disso, deficiências de mão-de-obra, infraestrutura, mercado e recursos financeiros inviabilizaram a consolidação de cadeias econômicas estruturadas e duradouras, como a do látex.

A partir de finais do século XIX e ao longo das primeiras décadas do século XX, na tentativa de alavancar o território pela industrialização vinculada à substituição de importações, ocorreu a integração das redes rodoviária e ferroviária. O efeito, entretanto, foi o inverso, com prejuízos para o setor industrial, em função da concorrência. A expectativa gerada nas cidades e a baixa demanda de mão-de-obra nos latifúndios que substituíram os seringais se conjugaram a processos de migração, êxodo rural/florestal, favelização, conflitos fundiários com indígenas, quilombolas e extrativistas e em déficit de postos de trabalho. Os fluxos seguiram em direção às cidades, cabendo à matriz tradicional ribeirinha a inserção destas populações nas sedes municipais.

Entre as décadas de 1970 e 1980 cerca de dois milhões de pessoas (quase metade da população rural da Região Sul) deixou o campo com a modernização do setor, sendo cruciais na dinamização da Região

Norte. Segundo Andrade e Serra (2001), no período, Macapá (AP) e Santarém (PA) alcançaram taxas de crescimento populacional de 3,57% a.a. e 3,26% a.a., respectivamente. Os autores afirmam que “[...] praticamente 30% do crescimento demográfico das cidades médias deveram-se ao efeito líquido das imigrações que para lá se orientaram, com particular intensidade (quase 50%) para as situadas no Norte e no Centro-Oeste [...]”.

Nas décadas seguintes, a industrialização também dinamizou urbes como Imperatriz (MA), Santana (AP), Marabá (PA) e Macapá (AP) (influenciadas pela mineração) e Santarém (PA) (focada em madeira e fibras). A concentração metropolitana também foi reforçada, agora caracterizada por fatores como mão-de-obra mais qualificada, sofisticação de serviços e maior acessibilidade às cadeias produtivas do país, decorrendo um simultâneo fortalecimento de cidades médias e de metrópoles na região. Atualmente há na Região Norte as regiões metropolitanas de Palmas e de Gurupi, no Tocantins; as da Capital, da Central e do Sul do Estado, em Roraima; e as das regiões de Santarém, Belém, Manaus, Macapá e Porto Velho.

3.2 SÍNTESE PARA SETE CIDADES

Marabá integra as cadeias de siderurgia, construção, madeira e agropecuária e intermedia a ação dos municípios próximos com relação a metrópoles como São Luís, Belém, Goiânia e Brasília. Foi fundada em 1913, elevada à categoria de cidade em 1923, e teve 1.269% de evolução populacional entre os anos de 1960 e a atualidade, com um pico de crescimento na década de

1980 de 144,81% (35.441 pessoas), atingindo atualmente 275.086 moradores.

Parauapebas, que surgiu em 1981 como uma vila de Marabá e foi elevada a município em 1988, tem uma das maiores jazidas minerais do mundo e foi projetada para 5.000 pessoas. A cidade teve 2.978% de crescimento populacional até o presente, com um pico de 630% na primeira década e de 115% (82.340 pessoas) na última, alcançando na atualidade uma população de 208.273 habitantes.

Porto Velho, criada oficialmente em 02 de outubro de 1914 no contexto da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré, é centrada em serviços e comércio. A população foi ampliada em cerca de 1.025% entre as décadas de 1960 e 2010, com um pico de 115% entre as décadas de 1980 e 1990, período que coincide com a maior taxa de ampliação da mancha urbana.

Belém chegou a cerca de 1,5 milhões de habitantes decorridos 400 anos desde sua fundação, sem apresentar picos de evolução, revelando um perfil relativo à gestão de serviços e fluxos. Manaus, uma metrópole com cerca de 350 anos e 2,2 milhões de habitantes, é associada a uma indústria fortalecida pela Zona Franca, com crescimento populacional de 1.145% desde 1960 e um incremento decenal regular de 328.000 a 398.000 pessoas nos últimos 50 anos.

Macapá e Itaituba são oriundas do Período Pombalino, entre 1750 e 1820, quando o Marquês de Pombal implantou um conjunto de estratégias em prol da soberania portuguesa contra as incursões espanholas na atual Região Norte. As ações

incluiram a fundação de diversas vilas de essência renascentista, em que o rigor geométrico atendeu também à urgência correlata à demarcação territorial local.

São José de Macapá, atual Macapá, foi fundada em 1758 e exerce hoje a função prioritária de comércio e serviços para o circuito inferior (o circuito superior é atendido pela cidade de Santana), sendo que sua evolução populacional tem uma dinâmica similar a outras urbes como Porto Velho e Rio Branco, com cerca de 973% de aumento entre 1940 e a atualidade. O município difere destas últimas cidades quanto à presença de grandes explosões demográficas absolutas em décadas determinadas, pois o maior percentual de acréscimo foi de 87% entre 1960 e 1970, ou 40.850 pessoas.

Apesar de ocupada desde 1812, Itaituba evoluiu para vila em 1854 e para cidade em 1900, tendo os municípios de Aveiro e de Jacaré-a-Canga desmembrados em 1960 e 1991. Dispõe de uma economia baseada em minérios, serviços e logística e de um perímetro ocupado por unidades de preservação ambiental, que representam cerca de 80% das terras. A população se limitava a 38.584 indivíduos até 1980, saltando para 116.402 pessoas em 1991 (um crescimento de 202% ou 77.818 hab.), com decréscimo de 19% na década posterior em função do desmembramento de distritos, seguido de relativa estagnação.

3.3 O CENÁRIO DE RIO BRANCO

Rio Branco experimentou aumento de população similar ao de Porto Velho, com um pico máximo estimado em cerca de 158% por década, entre 1960 e 1980. Fundado em 28 de

dezembro de 1882, o seringal Volta da Empreza evoluiu inicialmente para o povoado Villa Rio Branco e posteriormente para a capital do território, ocupando parte da margem direita do Rio Acre, onde se fixaram as ruas e bairros pioneiros, além do centro comercial conectado ao porto. A partir de 1909, com a abertura das principais vias do centro, começou o processo de ocupação da margem esquerda do rio por lotes urbanos e traçados regulares até o limite da atual Avenida Ceará e de redução no ritmo da expansão do Segundo Distrito, predominado por áreas alagáveis e por pastos particulares.

Entre 1927 e 1930 se assentou a centralidade do 1º Distrito, simbolizada pela implantação do Mercado Municipal, do Palácio do Governo, do Quartel da PM e da Sede da Prefeitura. Após 1942 os seringais decadentes voltaram a produzir em função da Batalha da Borracha e surgiram colônias agrícolas como Cerâmica, Aviário, Estação Experimental, Sobral, Aeroporto Velho, São Francisco e Apolônio Sales, originando alguns dos atuais bairros.

Este ciclo foi seguido, entretanto, por uma nova crise do látex e culminou em estímulo por parte do governo estadual para a vinda de empresas, fazendeiros e especuladores de terras para o Acre. O resultado foi o êxodo de milhares de famílias das florestas para as cidades, causando uma explosão demográfica em Rio Branco, com ocupações em áreas de risco.

Neste quadro surgiu a COHAB/AC, em 1965, que edificou 2.934 casas no município entre 1971 e 1973 e amplos conjuntos habitacionais, até 1976. Em 10 de outubro de 1972

foi publicada a Lei nº 149, Plano de Organização Físico Territorial da Cidade de Rio Branco e, em 19 de dezembro de 1972, a Lei nº 155 do Plano de Desenvolvimento Urbano, focando infraestrutura e hierarquia viária (leis sucedidas por outros três planos diretores).

Após os anos 1990 o estado buscou conciliar agropecuária, extrativismo e manejo florestal sustentável para obter preservação com incremento econômico, resultando em um aumento do produto interno bruto estadual de 2,97 bilhões para 14,27 bilhões, entre 2002 e 2017. Mas o Acre permaneceu na 21ª posição nacional do IDH e a inadequação das moradias se acirrou no período, fazendo que com o PMCMV I fosse utilizado para mitigar o déficit habitacional de Rio Branco com a priorização de grupos que detinham condições de arcar com as parcelas exigidas, em detrimento do reassentamento das populações vulneráveis.

4 ANÁLISE CONFIGURACIONAL COMPARATIVA DA REDE DE CIDADES AMAZÔNICAS

A análise configuracional para a amostra que representa a rede de cidades da Região Amazônica foi desenvolvida conforme as estratégias recomendadas pela Sintaxe do Espaço e baseou-se na comparação das variáveis, conforme expresso na Tabela 1. Nela também são indicados os coeficientes de determinação entre a variável independente (variação populacional) e os valores sintáticos.

As correlações foram classificadas segundo a Escala de Cohen (Medeiros, 2013), o que apontou para

os seguintes achados: correlação quase perfeita para tamanhos das áreas dos sistemas e números de segmentos, com os valores de $R^2=0,90$ e $R^2=0,85$; muito grande para os números de linhas e eixos, com $R^2=0,77$; grande para inteligibilidade e compactidade B, com os valores $R^2=0,33$ e $R^2=0,40$; moderada para comprimentos médios dos segmentos, sinergia e compactidade A, com os valores de $R^2=0,13$, $R^2=0,15$ e $R^2=0,13$; e baixa/inexistente para conectividade, integrações global e local, NAIN, NACH e comprimentos dos eixos, abaixo de $R^2=0,08$.

Isto significa que não apenas os sistemas sintáticos e as quantidades de eixos e segmentos integrantes se revelam maiores na medida em que as cidades crescem em termos populacionais, mas também há aumento na relação de comprimento de linhas por área e perda de similaridade entre as propriedades globais e locais de acessibilidade. Observa-se que as cidades maiores são conjuntos de subsistemas com menor proporção de eixos globalizantes, o que compromete a acessibilidade configuracional.

Conclui-se também que a variação populacional explica em parte os diferentes graus de complexidade dos sistemas, com as mais populosas apresentando menor correspondência entre as áreas mais integradas e as mais conectadas. O ponto fora da curva nesta série é Porto Velho, cuja rigorosidade regular gera medidas excepcionalmente altas, razão pela qual a exclusão desta amostra mudaria a correlação para $R^2=0,32$, o que a tornaria grande.

Tabela 1 Correlação entre população e configuração na rede de cidades amazônicas.

Cidades Amazônicas	Pop. Estimada (mil)	Área do Sistema (Km²)	Número de Linhas/Eixos	Comprimento Médio das Linhas/Eixos	Número de Segmentos	Comprimento Médio dos Segmentos	Compacidade A: N° de Eixos por Km²	Compacidade B: Comp. de Eixos por Km²	Conectividade	Integração Global (Rn)	Integração Local (R3)	Sinergia	Inteligibilidade	NAIN	NACH
*RMB conurbada (Belém, Marituba e Ananindeua)															
**Urbe Manaus (não a RMM)															
Itaituba-PA	101	45,27	1419	321,79	4534	92,86	31,35	10,09	4,07	0,64	1,79	0,40	0,15	0,87	0,92
Parauapebas-PA	208	124,65	9213	166,57	23095	59,83	73,91	12,31	3,22	0,45	1,57	0,38	0,10	0,78	0,83
Marabá-PA	279	130,38	5341	258,70	14302	85,03	40,96	10,60	3,54	0,59	1,69	0,22	0,04	0,87	0,87
Rio Branco-AC	407	146,59	9260	190,99	21202	76,84	63,17	12,07	3,09	0,48	1,56	0,24	0,04	0,77	0,83
Macapá-AP	503	113,28	2641	387,07	9011	106,76	23,31	9,02	4,24	0,68	1,93	0,30	0,08	0,83	0,90
Porto Velho-RO	530	99,51	3501	396,06	17600	78,79	35,18	13,94	4,03	1,03	2,00	0,63	0,12	1,23	0,68
Belém - RMB*	2.155	286,55	16314	236,19	44707	73,81	56,93	13,45	3,47	0,72	1,95	0,24	0,03	1,11	0,83
Manaus-AM**	2.183	364,07	23672	218,07	60946	67,50	65,02	14,18	3,35	0,51	1,67	0,22	0,05	0,79	0,80
Coef. de Determinação R ²		0,90	0,77	0,06	0,85	0,13	0,13	0,40	0,07	0,00	0,05	0,15	0,33	0,05	0,07
Média Norte	796	163,78	8920	271,93	24425	80,18	48,73	11,96	3,63	0,64	1,77	0,33	0,07	0,91	0,83
Média Brasil		141,88	5980	282,67	15758	89,44	47,00	5,47	3,55	0,70	1,77	0,36	0,14	0,87	0,90

As cidades maiores parecem dispor ainda de quadras sutilmente menores do que as cidades médias, o que suscita um ganho de urbanidade quanto a este aspecto, segundo os conceitos de vitalidade amplamente incorporados ao urbanismo a partir das críticas ao modernismo.

A correlação pequena ou inexistente entre importantes variáveis topológicas, como NACH, NAIN, Integrações Global/Local e Conectividade, aduz que as opções de configuração adotadas em cada sistema explicam mais efetivamente o potencial de centralidades, subcentralidades, caminhos e hierarquias viárias do que o simples incremento demográfico.

Destaca-se adicionalmente a proeminência dos traçados regulares de Itaituba, Macapá e Porto Velho em relação às variáveis topológicas em geral, excetuando-se o resultado da capital rondoniense para escolha, que acaba apresentando as menores medidas da amostra.

A dimensão populacional impactou com maior intensidade os aspectos correspondentes às variáveis geométricas (incluindo a compacidade) e à correlação entre as propriedades globais e locais dos sistemas, como a percepção das urbes e a conectividade das áreas mais integradas. Os valores topológicos foram mais impactados por fatores atinentes ao ritmo de crescimento demográfico e ao tipo predominante das malhas, no que se refere aos eixos globais, às conexões em "T" e às discontinuidades, dentre outros aspectos morfológicos.

No caso de Porto Velho, em que também houve momentos de rápida expansão da mancha, o diferencial para a obtenção de maior desempenho configuracional correspondeu à opção reiterada pelo traçado acessível globalmente. Parauapebas coaduna-se com esta leitura, pois se trata da cidade mais recentemente fundada e do principal exemplar de crescimento populacional acelerado da amostra, tendo resultado em medidas gerais

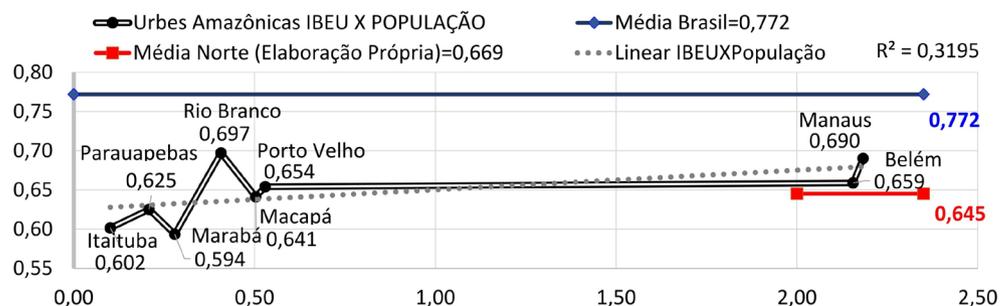
de integração e de conectividade que compõem os polos inferiores destas variáveis, em conjunto com Manaus e Rio Branco, sugerindo gestação e gestão sem suficiente foco na integração socioespacial.

Quanto à compacidade B, Wiesinieski et al. (2020) sugerem que a influência de restrições ambientais amazônicas produziu um conjunto de cidades mais compactas do que a média nacional. Também alegam que este fator subdividiu o grupo entre urbes mais compactas não cindidas por grandes rios (como Parauapebas, Manaus, Porto Velho e Belém) e outras menos compactas, que são cindidas por rios importantes (como Marabá, Itaituba e Rio Branco) ou apresentam severas limitações

(como Macapá, situada em apenas uma das margens do Rio Amazonas, mas restrita por uma ampla área de várzea alagável).

Os autores entendem que o ritmo de evolução populacional não explica os resultados de compacidade e de bem estar (IBEU) (Figura 1), pois urbes médias com rápida evolução demográfica, como Parauapebas e Marabá, integram os polos inferiores destas medidas em conjunto com outras que cresceram mais lentamente, como Macapá e Itaituba. Da mesma forma dividem os polos superiores dos valores as metrópoles de Manaus e Belém, apesar de a primeira ter evoluído com picos de crescimento intenso e a segunda progressivamente.

Figura 1 Correlação entre população e Índice de Bem-Estar Urbano.



Os achados apontam ainda grande a correlação entre o IBEU e a população, $R^2=0,3195$, mas também a inferioridade regular do Norte em relação ao índice nacional e certas idiossincrasias. A exemplo, o fato de Rio Branco ocupar uma posição superior mesmo não protagonizando as principais cadeias econômicas da Amazônia, como mineração, madeireira e indústrias, e ter conjugado agronegócio e manejo florestal com a preservação de 87% da floresta local.

Há contrastes intrarregionais entre, por exemplo, Belém e Manaus, situadas no polo superior do gráfico do IBEU e as cidades médias de Itaituba, Parauapebas e Marabá, que também integram os eixos de atuação do grande capital na região, mas figuram nas posições inferiores quanto ao bem estar urbano. O cenário demonstra desequilíbrio das políticas públicas regionais e a baixa efetividade de certas dinâmicas desenvolvimentistas, incapazes de converter parte dos lucros

auferidos em contrapartidas urbanas adequadas.

5 ANÁLISE DIACRÔNICA DA CONFIGURAÇÃO DE RIO BRANCO

O crescimento populacional da Região Norte foi o mais elevado do país entre os anos de 2000 e 2010: praticamente o dobro da taxa nacional. No período, o Estado do Acre e sua capital Rio Branco apresentaram números ainda maiores do que a média da região, embora com tendência atual de redução nos percentuais de aumento.

Na capital acreana, entre as décadas

de 1940 e 1980, houve incremento de cerca de 730% de população e de 950% de área. Entre 1980 e 2020 o aumento foi respectivamente de 350% e 1870%. Se a evolução proporcional ocorrida até 1980 permitiu soluções racionalizadas, o aumento acentuado da área nos 40 anos seguintes trouxe um conjunto de problemas para o sistema urbano. Para discutir o desempenho configuracional diacrônico da cidade diante de sua respectiva expansão populacional, o que serve para ilustrar o cenário da Região Norte, apresenta-se a Tabela 2 contendo a compilação de variáveis.

Tabela 2 Correlação diacrônica entre população e configuração em Rio Branco.

MÉDIAS CONFIGURACIONAIS DE RIO BRANCO E MÉDIA BRASIL* X CRESCIMENTO POPULACIONAL															
Cidade	Pop. Aprox. (mil)	Área do Sistema (Km2)	Número de Eixos	Compr. Médio dos Eixos	Número de Segmentos	Compr. Médio dos Segmentos	Compacidade A: N° de Eixos/Km2	Compacidade B: Comp. Eixos/Km2	Conectividade	Integração Global (Rn)	Integração Local (R3)	Sinergia	Inteligibilidade	NAIN	NACH
	Ano														
Rio Branco AC	16 1946	0,822	72	187,409	162	77,06	87,59	16,42	3,03	0,90	1,46	0,74	0,46	1,01	0,87
	117 1981	7,839	788	204,875	2175	68,04	100,52	20,59	3,58	0,92	1,76	0,35	0,12	1,11	0,94
	197 1989	25,295	2297	192,300	5752	70,48	90,81	17,46	3,35	0,60	1,66	0,23	0,06	0,79	0,88
	253 1996	44,178	3867	194,720	9828	70,49	87,53	17,04	3,39	0,61	1,68	0,19	0,05	0,84	0,88
	291 2008	66,809	5283	201,715	13605	72,13	79,08	15,95	3,40	0,57	1,69	0,15	0,04	0,80	0,86
	348 2012	78,990	6171	197,892	15789	71,37	78,12	15,46	3,38	0,56	1,68	0,15	0,03	0,81	0,85
	407 2019	146,586	9260	190,992	21202	76,84	63,17	12,07	3,09	0,48	1,56	0,24	0,04	0,77	0,83
R2**		0,899	0,77	0,056	0,849	0,13	0,13	0,40	0,07	0,00	0,05	0,15	0,33	0,05	0,07
Média Brasil*	2019	141,880	5980	283,00	15758	89,44	47,00	5,47	3,55	0,70	1,77	0,36	0,14	0,87	0,90

*Média Brasil Aproximada, adaptada de Medeiros (2019). ** R² = Coeficiente de Determinação

Em perspectiva histórica, a estrutura viária original planejada no século XIX e parcialmente implantada em Rio Branco comportou o movimento migratório até 1980, contribuindo para o adensamento inicial da cidade. A dispersão posterior decorreu do esgotamento desta infraestrutura ociosa para atender o afluxo, enquanto que o aumento

do número de linhas decorre principalmente da morfologia dos conjuntos habitacionais implantados então com um ritmo acelerado em distantes áreas perimetrais ou no entorno próximo. Os acréscimos no tecido urbano foram feitos com predominância de pequenos traçados hipodâmicos, irregularmente delimitados e com poucas conexões

globalizantes.

Outro fator a destacar é a expressiva quantidade de rupturas no traçado da cidade, causadas pelo intrincado sistema fluvial. A interligação de muitas destas vias exigiria investimentos em obras de pontes e galerias de macrodrenagem, além de indenizações de benfeitorias ou desapropriações, muitas vezes com recursos municipais, o que acabou por reforçar um cenário de irregularidade.

Ao se confrontarem os comprimentos médios com os totais das linhas e eixos, observa-se que não houve estagnação na evolução física da cidade, e sim a consolidação de uma tipologia urbana caracterizada por vias curtas, que variaram entre 187m e 205m. Já o comprimento médio dos segmentos, entre 68m e 77m, sugere compatibilidade com os parâmetros nacionais e dimensões que favorecem a interação social, com mais urbanidade.

Quanto à compacidade foi constatada uma variação peculiar em relação à literatura, já que traçados irregulares tendem a ter maiores quantidades de eixos por km², o que não se verificou integralmente. De fato, houve acréscimo nestes valores e relativa atenuação da regularidade entre as décadas de 1940 e 1980, mas nos quarenta anos seguintes os eventuais ganhos de compacidade decorrentes da tipologia irregular amplamente predominante foram neutralizados por um processo de dispersão excepcionalmente grave.

Em relação à conectividade, Medeiros (2013) observa que sistemas com médias elevadas são mais acessíveis por oferecerem uma maior quantidade de possibilidades de percurso,

enquanto tecidos irregulares ou em "estruturas de árvore" tendem a diminuir esta medida. Os baixos valores iniciais desta variável em Rio Branco derivam de um embrião urbano subdividido pelo rio, com ocupações dispersas em ambas as margens. O ano de 1981 revela as maiores medidas da série em função do adensamento deste tecido, seguido pela citada expansão urbana fragmentada. Mas mesmo os traçados regulares iniciais não obtiveram medidas aproximadas à média nacional, em função da desconexão global das subcentralidades, já que a ligação entre as vias bem conectadas localmente e o núcleo de integração ocorria principalmente por caminhos com baixas ou médias conectividades.

A integração global é muito utilizada nos estudos de Sintaxe Espacial e permite apreender a acessibilidade, principalmente em relação às centralidades constituídas pelos destinos potenciais, a partir das distâncias topológicas entre todos os eixos. A escala cromática adotada parte das cores mais quentes para as mais frias, representando assim as linhas mais integradas e as mais profundas. O conjunto de eixos vermelhos é denominado de núcleo de integração, o qual tende a concentrar usos e atividades que se beneficiam desse movimento potencial e a coincidir com centros ativos urbanos, segundo Medeiros (2013).

O núcleo de integração de Rio Branco se inicia no cruzamento entre a Avenida Getúlio Vargas (conectada à única ponte então existente) e a Rua Comercial Epaminondas Jácome, em 1946, coincidindo com os registros históricos sobre as áreas comerciais. Até 1981 o centro se expande no

primeiro distrito, abrangendo o traçado regular original, que coincide com a instalação de instituições como a Prefeitura Municipal, o Quartel da Polícia Militar, o Palácio de Governo, a Catedral e os principais órgãos públicos (Figura 2).

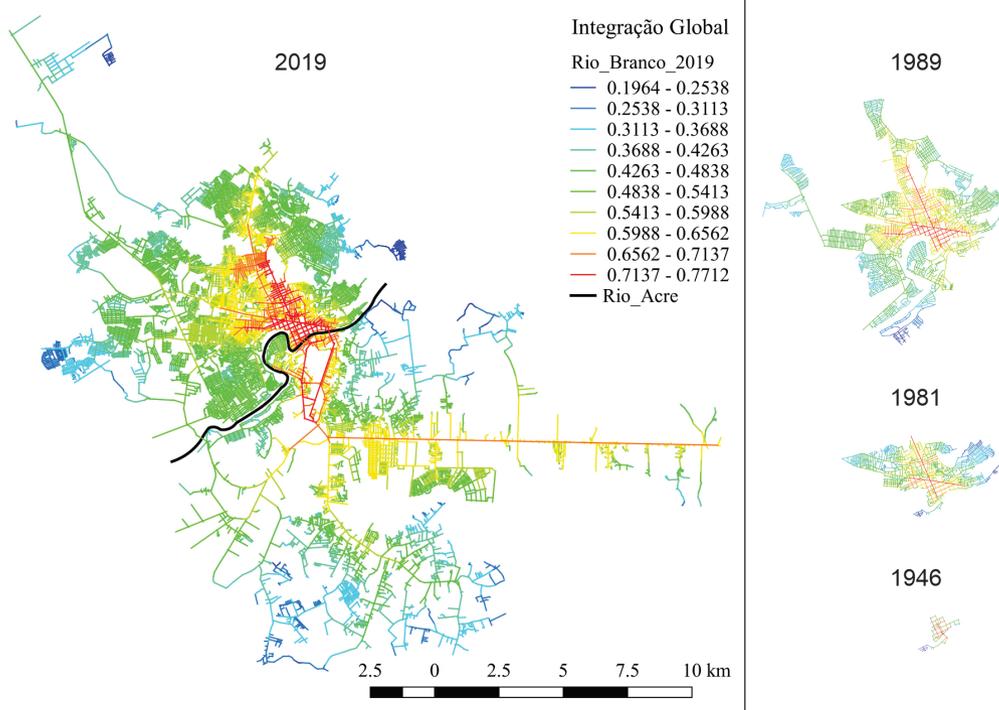
Até 1989 predominam os vetores de expansão urbana Norte e Oeste, no Primeiro Distrito, enquanto as ocupações das margens opostas do rio caracterizam a expansão sul e o núcleo de integração incorpora as vias do entorno, com aumento de área ocupada. A ampliação do tecido urbano continua nos sentidos norte, sul e oeste até 2012, determinando a inexistência de deslocamentos no núcleo, que se amplia e adensa nos sentidos norte e oeste, coincidindo com a intensificação da atividade empresarial ocorrida naquele íterim.

Os empreendimentos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida 1 foram distribuídos também

nestes mesmos vetores, reforçando a tendência multidirecional. No entanto, uma efetiva alteração desta configuração é observada no período histórico recente, em que a cidade retorna às origens de sua fundação e a evolução passa a se direcionar para a região do Segundo Distrito, nos sentidos sul e leste, conjugados às obras do PMCMV II.

A integração global média do sistema apresentou medidas elevadas até o ano de 1981, em um contexto de consolidação do tecido previamente existente por meio de acréscimos de eixos em malhas regulares e integradas. O decréscimo vertiginoso ocorrido entre as décadas de 1980 e 1990 é reflexo direto da ruptura com o modelo de cidade compacta e adensada, convertida numa morfologia dispersa, fragmentada e sem eixos globalizadores: a evolução do NAIN também apresentou estreita similaridade com este quadro.

Figura 2 Evolução do potencial de integração global de Rio Branco.



Quanto à integração local foi adotada uma análise em raio 3, técnica que avalia a integração de todas as linhas em relação àquelas que se encontram a até três passos topológicos (mudanças de direção). As medidas de Rio Branco para a variável decresceram ao longo do tempo, desempenho similar aos valores de integração global nas últimas décadas, expondo a deficiência não apenas de eixos globais, mas também de eixos de integração local com as vias do entorno imediato. A BR 364 apresenta integração local e conectividade muito elevadas, sendo que há relativas centralidades locais no Centro e em conjuntos habitacionais no Bosque, Tancredo Neves, Esperança, Sobral, Estação, Conquista, Santo Afonso e na via Amadeu Barbosa.

A medida de escolha revelou igualmente uma involução importante a partir de 1981: a

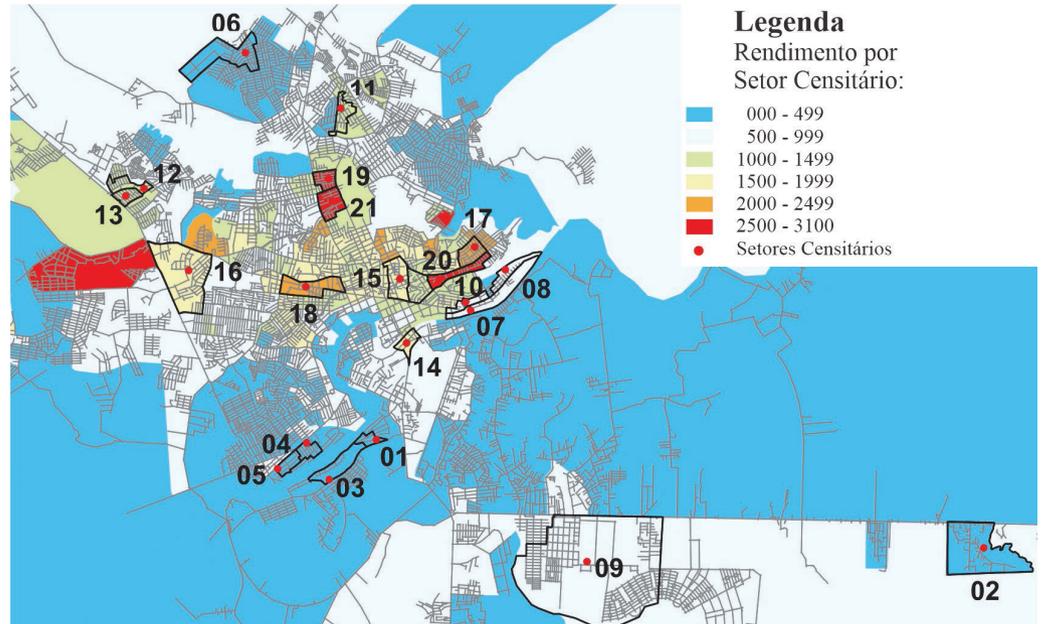
hierarquização viária potencial extraída desta variável corrobora a realidade empírica conhecida e revela o déficit de interligações centrais no entorno do Rio Acre. Além disso, aponta a subutilização do anel viário e dos vetores sul e leste ao longo de trechos urbanos de estradas pouco adensadas e com capacidade ociosa, além da falta de conexões para a região oeste, que é o principal foco do interesse especulativo imobiliário público e privado.

Para avaliar o nexos entre a configuração urbana e a distribuição socioeconômica em Rio Branco, foram comparadas 21 amostras de setores censitários quanto às variáveis topológicas e ao rendimento nominal médio mensal. A seleção foi definida para incluir variados grupos de renda e localizações, englobando os conjuntos, as margens fluviais e as franjas urbanas (Tabela 3 e Figura 3).

Tabela 3 Correlação diacrônica entre renda e configuração em Rio Branco

ITEM	SEQUÊNCIA NUMÉRICA DE SETORES CENSITÁRIOS										
	R ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Renda (Mil)		0,28	0,33	0,43	0,44	0,45	0,48	0,57	0,60	0,72	0,89
CONN	0,56	2,69	2,09	3,32	4,09	3,63	3,91	3,14	3,22	4,06	4,13
Int. Global	0,45	0,49	0,56	0,44	0,48	0,48	0,46	0,53	0,49	0,56	0,63
Int. Local	0,48	1,25	1,75	1,41	1,91	1,86	1,86	1,52	1,56	2,11	1,76
NAIN	0,64	0,78	0,78	0,73	0,74	0,71	0,72	0,82	0,80	0,77	0,96
NACH	0,50	0,93	0,65	0,90	0,91	0,73	0,81	0,83	0,70	0,83	0,96
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Renda (Mil)	1,11	1,29	1,33	1,65	1,75	1,97	2,13	2,35	2,54	2,57	2,59
CONN	3,74	4,39	4,63	4,29	4,75	3,89	4,16	4,16	6,37	4,43	5,42
Int. Global	0,52	0,46	0,47	0,70	0,67	0,52	0,63	0,63	0,68	0,55	0,67
Int. Local	1,76	1,90	1,94	1,86	2,08	1,79	1,95	1,95	2,47	1,99	2,36
NAIN	0,77	0,77	0,79	1,03	1,01	0,89	0,87	0,99	1,02	0,94	1,03
NACH	0,82	0,91	0,89	1,04	1,01	0,94	0,95	0,97	1,07	0,99	0,97

Figura 3 Mapa de rendimento mensal médio segundo seleção de setores censitários



Os menores valores correspondem aos setores localizados nas margens do Rio Acre e do sistema, como 01, 03, 04, 05, 07 e 08, com baixa integração global e NAIN. As áreas ribeirinhas consolidadas 10 e 14 e os antigos conjuntos habitacionais 12, 13 e 17 atingiram valores médios a altos, enquanto as áreas 19 e 21 apresentaram as medidas mais elevadas. Os resultados mostram que Rio Branco tem uma correlação que varia de grande a muito grande entre a forma e a distribuição socioeconômica. Os coeficientes de determinação obtidos foram $R^2=0,45$ (renda e integração global), $R^2=0,50$ (renda e NACH), $R^2=0,56$ (renda e conectividade) e $R^2=0,64$ (renda e NAIN).

6 CONCLUSÃO

O artigo partiu do interesse em (1) analisar a configuração da rede de cidades amazônicas e (2) investigar a transformação configuracional

diacrônica de Rio Branco. A modelagem dos dados segundo as estratégias teóricas, metodológicas e ferramentais permitiu alcançar um conjunto de achados.

No que diz respeito aos padrões socioespaciais nas urbes da Região Norte, os resultados demonstram que as cidades da amostra apresentam regularidades em relação à média brasileira. Há maior quantidade de eixos e segmentos, compacidade, conectividade e também menor comprimento médio de segmentos e linhas, inteligibilidade e escolha, além de certa equivalência quanto à integração global, local, NAIN e sinergia. Isto sugere que barreiras, como os intrincados sistemas fluviais, e processos, como os fluxos de ocupações ribeirinhas, geraram sistemas compactos com muitas vias interseccionadas e curtas, porém menos apreensíveis globalmente e com as acessibilidades potenciais aparentemente equivalentes.

Entretanto a análise acurada das medidas de NAIN, de integração global e local demonstra que os altos valores de Porto Velho e de Belém elevam as médias globais.

As cidades amazônicas têm condições de bem estar urbano regularmente inferiores ao país, bem como nítida desvinculação entre a posição intrarregional ocupada quanto ao IBEU por cada urbe e as condições de inserção destas no circuito econômico. A correlação entre a configuração e a variação demográfica revela que o crescimento rápido pode gerar perdas ou ganhos de potencial dependendo das escolhas formais adotadas na expansão da malha. Este aspecto, conforme se concluiu, é mais determinante para os resultados do que o tamanho da população, o qual influiu pouco ou nada nas variáveis topológicas, ainda que tenha afetado as variáveis geométricas e a correlação entre as propriedades globais e locais.

Em comparação com as cidades da Região Norte, a capital acreana tem maior número de eixos e mais compacidade, enquanto que a medida topológica de escolha é equivalente. Apresenta, entretanto, inferior área do sistema, números de segmentos e comprimento médio de eixos e segmentos, além de ter menores valores topológicos em geral, exceto a citada escolha. A produção fragmentada e desintegrada de Rio Branco e a correlação entre a configuração urbana, os perfis socioeconômicos da população e a proximidade com as áreas ribeirinhas, conjuga-se ao quadro de restrições naturais e escassez de conexões globais. O resultado é um baixo desempenho sintático vinculado à processos de segregação socioespacial, o que

restringe a potencialização dos benefícios relativos ao elevado índice de bem estar urbano auferido.

Por fim, é legítimo extrapolar para as cidades da Região Norte a percepção obtida no caso de Rio Branco, para contrapor a ideia de resiliência com o fato de que os estratos de menor renda se situam nas áreas menos acessíveis e menos integradas, inclusive em localidades ribeirinhas que enfrentam riscos ambientais significativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T., SERRA, L. *Cidades Médias Brasileiras*, IPEA: Rio de Janeiro, 2001.

CANTO, O. *Várzea e Varzeiros da Amazônia*, Museu P. Emílio Goeldi: Belém, 2007.

CARDOSO, A., MIRANDA, T. Invisibilidade Social e Produção do Espaço Subordinado em Belém, *Revista Paisagem e Ambiente*, USP, (41), 85-107, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/141265>

HILLIER, B., HANSON, J. (1984) *The Social Logic of Space*, C. University Press: Cambridge, 1984.

HOLANDA, F. *O Espaço de Exceção*, Ed. Universidade de Brasília: Brasília, 2002. Disponível em: https://www.academia.edu/36395002/O_ESPA%C3%87O_DE_EXCE%C3%87%C3%83O_

Livro_completo_

MEDEIROS, V. *Urbis Brasiliae*, Ed. Universidade de Brasília: Brasília, 2013.

RIBEIRO, L., E RIBEIRO, M. *IBEU Municipal*, Observatório das Metrópoles: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://ibeu.observatoriodasmetrololes.net.br/wp-content/uploads/2021/03/IBEU-MUNICIPAL_FINAL.pdf

WIESINIESKI, L., FREIRE, L., CARVALHO L., e FERREIRA, M. Entre as fronteiras da mineração e das cidades amazônicas. *Artigo não publicado*, Universidade de Brasília, 2020.



V2n1_2021

Plataforma de Monitoramento e Suporte à Decisão para o Planejamento Territorial do Circuito das Águas Paulista

Monitoring and Decision Support Platform for the Territorial Planning of the Paulista Water Circuit

Plataforma de Supervisión y Soporte para las Decisiones de Planificación Territorial del Circuito Paulista del Agua.

Juliana Campos Degenario Ribeiro

Bacharelanda Sist de Informação
Inst de Ciências Matemáticas e
de Comp_ICMC-USP
julianadegenario@usp.br

Breno Malheiros de Melo

Graduando em Eng Civil
Escola de Eng de São Carlos
_EESC-USP
breno_malheiros@usp.br

Marcel Fantin

Doutor em Geociências
Prof. e Pesq. no Inst de
Arquitetura e Urbanismo_USP
mfantin@sc.usp.br

Jeferson Cristiano Tavares

Doutor em Arquitetura e
Urbanismo
Prof. e Pesq. no Inst de
Arquitetura e Urbanismo-USP
jctavares@usp.br

Julio Cesar Pedrassoli

Doutor em Geografia Humana
Prof. e Pesq. na Univ Federal da
Bahia_UFBA
pedrassoli.julio@gmail.com

Marcos Roberto Martines

Doutorado em Geografia Física
Prof. e Pesq. na Univ Federal de
São Carlos_UFSCar
artines@ufscar.br

Data da Submissão:
07junho2021

RESUMO

Este artigo apresenta um protótipo de plataforma de monitoramento territorial para os municípios que compõem a região do Circuito das Águas Paulista. Desenvolvido a partir de uma API (Application Programming Interface), do Google Earth Engine (GEE), esse protótipo utiliza programação em javascript para detectar, quantificar e avaliar tendências de uso e ocupação da terra em escala intraurbana de maneira rápida e contínua. Para essa tarefa foram utilizados o classificador de aprendizagem de máquina SVM (Support Vector Machine) e o catálogo atualizado de imagens do Satélite Sentinel II, ambos disponibilizados gratuitamente na infraestrutura em nuvem do GEE. O baixo custo computacional e a boa performance obtida credenciam o protótipo desenvolvido como uma ferramenta adequada às necessidades de municípios de pequeno porte e baixo orçamento que, por sua vez, podem se consorciar para desenvolver uma plataforma comum, autônoma e customizada de inteligência geográfica para suporte à decisão.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, SVM, Planejamento Urbano

ABSTRACT

This paper presents a prototypical platform of monitoring territorial from towns that belong to Circuito das Águas Paulistas' region (Paulista Water Circuit). The prototype was developed from an API (Application Programming Interface), of Google Earth Engine (GEE), and it uses javascript programming to detect, quantify and evaluate tendencies of land use and occupation in interurban scale quickly and constantly. For that task was used a machine learning classifier SVM (Support Vector Machine), and an updated catalog of Satellite images Sentinel II, both of them are available at no cost in the GEE cloud infrastructure. The low computational cost and the good performance achieved make the prototypical development be a tool that attends necessities of towns, which are small and has a low budget and, furthermore, they can join in an association of towns to develop an ordinary, independent and customized intelligence geographic system to support decision.

Keywords: Remote Sensing, SVM, Urban Planning

RESUMEN

Este trabajo demuestra un prototipo de una plataforma de supervisión territorial para las ciudades que componen la región del Circuito das Águas Paulistas (Circuito Paulista del Agua). El prototipo fue desarrollado pela utilización de un API (Application Programming Interface), del Google Earth Engine, y se emplea programación en javascript para detectar, cuantificar y evaluar movimiento de uso y ocupación de lo solo en escala interurbana de forma ágil y constante. Para esa tarea han usado el clasificador de aprendizaje de máquina SVM (Support Vector Machine) y el catálogo actualizado de imágenes del Satélite Sentinel II, ambos son disponibilizados gratuitamente en infraestructura en nube del GEE. Lo bajo costo computacional y el buen desempeño obtenido Este trabajo demuestra un prototipo de una plataforma de supervisión territorial para las ciudades que componen la región del Circuito das Águas Paulistas (Circuito Paulista del Agua). El prototipo fue desarrollado pela utilización de un API (Application Programming Interface), del Google Earth Engine, y se emplea programación en javascript para detectar, cuantificar y evaluar movimiento de uso y ocupación de lo solo en escala interurbana de forma ágil y constante. Para esa tarea han usado el clasificador de aprendizaje de máquina

SVM (Support Vector Machine) y el catálogo actualizado de imágenes del Satélite Sentinel II, ambos han disponibilizado gratuitamente en infraestructura en nube del GEE. Lo bajo costo computacional y el buen desempeño obtenido posibilitan que el prototipo desarrollado sea una herramienta propicia a las necesidades de las ciudades con pequeño porte y, además, ellas pueden agremiarse para construir una plataforma común, independiente y personalizada de inteligencia geográfica para soporte a decisión.

Palabras-Clave: Teledetección, SVM, Planeamiento Urbanístico

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades técnicas e o alto custo que se materializa na aquisição de equipamentos e softwares, treinamento de recursos humanos e aquisições contínuas de imagens orbitais de sensoriamento remoto acaba por desencorajar a maioria dos municípios brasileiros a adotarem ferramentas de monitoramento e planejamento do território para suporte à decisão.

O processamento de informações espaciais a partir de computação em nuvem pode reduzir de forma considerável esses custos ao permitir a manipulação de um grande volume de dados com baixo investimento tanto em infraestrutura computacional quanto em treinamento de recursos humanos, contribuindo assim para um efetivo monitoramento do uso e ocupação da terra por municípios de pequeno porte com foco no planejamento municipal e regional (quando implementada por iniciativa de um consórcio de municípios).

É dentro desse contexto que o presente trabalho apresenta um protótipo de plataforma de monitoramento territorial em nuvem, com destaque para as escalas regional e intraurbana dos municípios que compõem o Circuito das Águas Paulista.

Para tanto, a opção para o desenvolvimento do protótipo de plataforma de monitoramento territorial de baixo custo foi a adoção

do classificador SVM (*Support Vector Machine*), baseado em aprendizagem de máquina, e a incorporação do catálogo atualizado de imagens do Satélite *Sentinel II*, ambos disponíveis gratuitamente e embarcados no sistema de computação em nuvem do GEE.

Atualmente, o GEE é a alternativa gratuita mais popular para garantir o fornecimento de informações espaciais atualizadas de forma a prover suporte ao desenvolvimento de ações de planejamento e gestão territorial em escala local e regional, incluindo um olhar integrado das áreas verdes urbanas ao sistema macro de preservação da biodiversidade.

Ao avançar em uma escala intraurbana para além dos índices meramente quantitativos de áreas verdes urbanas¹, o protótipo de plataforma desenvolvido buscou, a partir do referencial de Spirn (1995) e do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável n. 11² (tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis), desenvolver uma ferramenta de monitoramento da natureza que permeia as cidades objeto do presente estudo, assim como as suas áreas de expansão, fornecendo assim subsídios para um planejamento que dialogue tanto com os biomas regionais quanto com o fornecimento de subsídios para projetos de cidades que reconheçam as potencialidades naturais locais.

1 Pode-se citar, por exemplo, o Programa Município VerdeAzul – PMVA (Governo do Estado de São Paulo) que visa medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios (ESTADO DE SÃO PAULO, 2019). Em sua Diretiva 8, Arborização Urbana (AU), a métrica de resultado está restrita ao índice de cobertura vegetal no perímetro urbano, sem maiores delimitações, em que pese as métricas de gestão exigirem a implantação de um Plano Municipal de Arborização Urbana e de um Piloto de Floresta Urbana.

2 Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015. Essa Agenda é composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030 (ONU, 2019).

Além do método adotado, são apresentados também os entraves e desafios, considerando aspectos técnicos, institucionais e especificidades locais, para a construção de uma cultura de cooperação entre desenvolvedores e usuários desse sistema, principalmente gestores municipais, com foco na construção de políticas públicas integradas.

A proposta deste projeto se insere no âmbito da pesquisa, do ensino e da extensão. Seu financiamento se deu a partir do Edital de Apoio a Projetos que Façam Uso de Sistemas Digitais Inteligentes da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo, sendo o seu desenvolvimento realizado em conjunto com as disciplinas de graduação Métodos e Técnicas de Planejamento Regional e Cultura, Ambiente e Sustentabilidade, ambas oferecidas pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU - USP). Ao final, os trabalhos dos alunos e o presente projeto foram apresentados aos gestores do Circuito das Águas para problematização e debate.

2. OBJETIVOS

Esse projeto foi concebido a partir de dois objetivos principais.

O primeiro foi o de promover o desenvolvimento e o uso de sistemas digitais inteligentes direcionados ao monitoramento do uso e ocupação

da terra na região do Circuito das Águas Paulista, muito em função das lacunas geoinformacionais existentes e que precisam ser preenchidas para um suporte adequado à decisão por parte da administração pública.

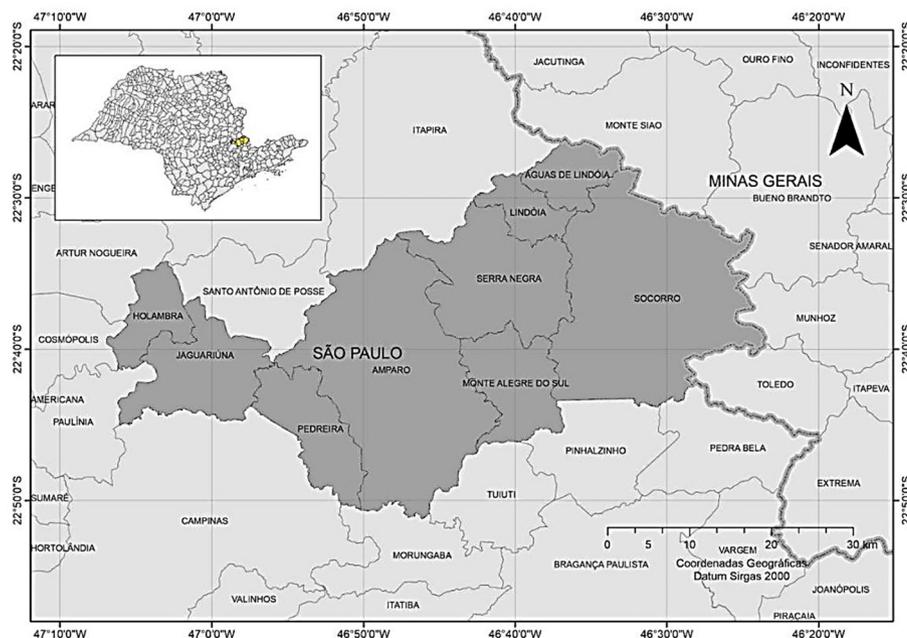
O segundo objetivo visa, a partir da técnica de aprendizagem de máquina denominada Support Vector Machine (SVM), construir um banco de dados para a região e consolidar um método que possa ser apropriado com pouco investimento pelo poder público, considerando as demandas da sociedade civil.

3. ÁREA DE ESTUDO

Composto pelos municípios de Águas de Lindóia, Amparo, Holambra, Jaguariúna, Lindóia, Monte Alegre do Sul, Pedreira, Serra Negra e Socorro, o Circuito das Águas Paulista é uma rota turística com diferentes atrativos associados ao artesanato, ecoturismo, turismo rural e patrimônio histórico. Esses municípios integram o Consórcio Intermunicipal do Pólo Turístico do Circuito das Águas Paulista, que foi constituído com objetivo de divulgar os atrativos turísticos da região e colaborar para o seu desenvolvimento econômico e social. A figura 1 traz a configuração territorial da área de estudo (Figura 1).³

3 Link para o Estatuto do Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento do Pólo Turístico do Circuito das Águas Paulista: <https://www.ircuitodasaguaspaulista.sp.gov.br/images/estatuto.pdf>.

Figura 1- Configuração atual do Circuito das Águas.



Fonte: Autores, 2019

A formação de circuitos turísticos se apresenta como um suporte importante em regiões que abarcam municípios de pequeno porte e que apresentam dificuldades técnicas e operacionais para formar órgãos e ferramentas que auxiliem as administrações municipais no planejamento, na definição de prioridades e no monitoramento de ações voltadas para o desenvolvimento do turismo e a proteção da biodiversidade e da paisagem.

O Circuito das Águas Paulista está localizado a aproximadamente 120 km da cidade de São Paulo, capital estadual, fazendo divisa com o sul do estado de Minas Gerais. O acesso é feito a partir das rodovias Bandeirantes/Anhanguera, com início em Jaguariúna, e pela rodovia Fernão Dias, com início em Socorro. Essas rodovias se conectam com a rodovia Presidente Dutra a partir

do Município de São Paulo, principal acesso rodoviário entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Dos nove municípios que compõem o circuito, seis são considerados estâncias hidrominerais, excluindo-se Holambra, Pedreira e Jaguariúna (BANTIM DE SOUZA, 2010).

Em sua grande maioria, os municípios da região estão localizados na Serra da Mantiqueira, numa faixa de 800 m a 1000 m de altitude, excetuando-se Holambra, Jaguariúna e Pedreira, localizados na Bacia do Paraná e com média altimétrica de 600 m (IBGE, 2010).

Em função de sua localização, o Circuito das Águas tem período seco bem definido de abril a setembro, com médias de temperatura abaixo dos 22 °C, com ocorrência de geadas e nevoeiros associados ao resfriamento noturno durante o inverno. Além disso, a região

é cortada pelos rios do Peixe, Camanducaia, Jaguari e Atibaia, que apresentam quedas d'água, praias fluviais e ilhas, a maioria de seus núcleos urbanos se desenvolveu ao longo dos vales destes rios, que correm de leste para oeste, em uma região com predominância de áreas muito acidentadas (declividades entre 20% e 40%) (SÃO PAULO, 1982).

Devido a este conjunto de fatores morfoclimáticos, a cobertura florística original apresenta caráter semidecíduo (perda temporária das folhas) e associações de coníferas (araucárias e podocarpus). Entretanto, o avanço do café na região entre os séculos XIX e XX deixou apenas fragmentos dessa cobertura vegetal original nas vertentes serranas. O subsequente aumento de pastagens também empobreceu o solo, desencadeando processos erosivos. Com vistas ao desenvolvimento turístico da região, o primeiro plano turístico para o Circuito das Águas Paulista, elaborado nos anos 1970, estabeleceu como diretriz selecionar faixas e sítios adequados ao tratamento paisagístico, levando em conta os eixos de circulação. Esse plano associou também a sustentabilidade econômica do turismo à preservação das encostas da Serra da Mantiqueira e de sua vegetação (SÃO PAULO, 1982)⁴.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1 AMBIENTE E ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO

Como definido por Martines et al. (2019, p. 569), a Classificação Supervisionada é "o processo de extrair informações de imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos usados para mapear

áreas na superfície da Terra, associando cada pixel da imagem com um 'rótulo' descrevendo um objeto real".

Através da Classificação Supervisionada é possível gerar mapas que englobam áreas de interesse como manchas urbanas, hidrografia regional e diferentes classes de vegetação. Com isso, diversos classificadores surgiram ao longo do tempo, entre eles alguns conhecidos como o *Maximum Likelihood Classification (MLC)*, *Random Tree (RT)* e *Support Vector Machine (SVM)*, sendo este último o utilizado neste trabalho.

O SVM é embasado pela Teoria do Aprendizado Estatístico (TAE), desenvolvida e explicada no conjunto de obras do matemático Vladimir Vapnik, que visa o controle da capacidade de classificação correta de padrões não treinados, chamada de habilidade de generalização. Assim, a teoria para controlar a capacidade de generalização de aprendizagem de máquina é dedicada à construção de um princípio indutivo que minimiza o risco funcional usando uma pequena amostra de instâncias de treinamento (VAPNIK, 1995).

Seu funcionamento se dá através do Aprendizado Indutivo e Supervisionado, tipo de aprendizado de máquina que tem como analogia a figura de um professor ensinando um aluno. Segundo Santos (2002, p. 4), "o sistema tenta induzir uma regra geral a partir de um conjunto de instâncias observadas." Dessa forma, para que a técnica funcionasse, foi preciso fornecer para o algoritmo exemplos de entradas e saídas desejadas.

A partir disso, o SVM mapeia o

4 Exceções são Jaguariúna e Holambra, localizadas na Bacia do Paraná e que apresentam relevo mais suave, clima mais quente e vegetação típica predominante de cerrado.

conjunto de treinamentos do seu espaço inicial e, utilizando a TAE e métodos de Otimização Matemática, separa seus dados por meio de um hiperplano, conseguindo assim prever corretamente, com base em novas entradas, suas respectivas saídas.

Para a utilização do SVM, foi escolhida a plataforma *Google Earth Engine (GEE)*. Além de fornecer o classificador, a plataforma permite o processamento geoespacial por meio da infraestrutura em nuvem do Google, que reúne imagens de satélite e possibilita a visualização, manipulação, edição e criação de dados espaciais de forma fácil e rápida.

A escolha do SVM está relacionada à uma pesquisa anterior desenvolvida por Martines et al. (2019) que comparou a eficiência dos classificadores *Maximum Likelihood Classification (MLC)*, *Support Vector Machine (SVM)* e *Random Tree (RT)* a partir de classificação supervisionada de imagens do Satélite *Sentinel II*. Os resultados indicaram que o algoritmo SVM conduziu à maior precisão para a classe fragmentos florestais em relação aos demais classificadores considerados nessa pesquisa. Este melhor desempenho do algoritmo SVM na classificação dos fragmentos florestais também foi identificado pela pesquisa de Kavzogluand e Colkesen (2009) para as imagens dos satélites *Landsat ETM +* e *Terra ASTER image*.

De acordo com Gorelick et al. (2017), o *Google Earth Engine* é uma plataforma embarcada na nuvem *Google* para análise geoespacial em escala global e que traz excelentes serviços de computação de alto desempenho para lidar com uma

variedade de temas associados, por exemplo, ao gerenciamento dos recursos hídricos e ao monitoramento climático e ambiental. Ela pode ser acessada e controlada por meio de uma interface de programação de aplicativos (API) e por um ambiente de desenvolvimento interativo (IDE) acessíveis pela internet que permite criar protótipos e visualizar rapidamente os resultados.

Esse processamento de dados em nuvem possibilita a utilização de métodos com alto custo computacional sem a necessidade de aquisição de equipamentos robustos especializados para essa área, sendo possível acessar códigos e produtos desenvolvidos nessa estrutura por meio de computadores domésticos. Em conjunto, o catálogo disponível na plataforma conta com imagens de satélite em constante atualização com latência típica de 24h, como é o caso do *Sentinel II* com período de revisita de 10 dias (5 dias na constelação combinada) e produtos produzidos por organizações como *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, *World Wide Fund for Nature (WWF)*, *University of Idaho*, entre outras, com base em imagens de satélite e outros sensores neles instalados. (GORELICK et al., 2017)

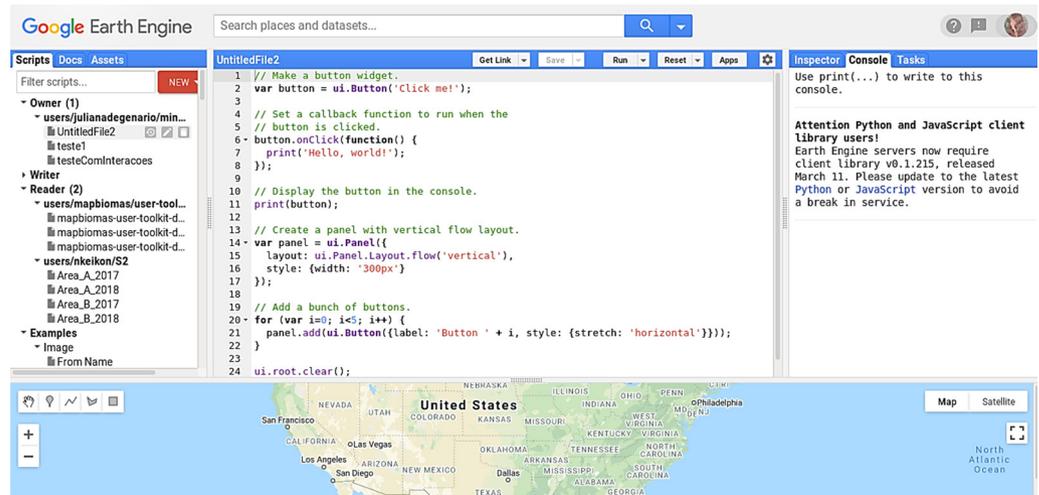
Uma dentre as diversas vantagens presentes na plataforma está em seu layout. O *Code Editor*, ambiente de programação da plataforma, permite em uma única tela o desenvolvimento, execução do código desenvolvido, visualização dos dados geográficos produzidos, acesso ao portfólio de códigos exemplos e documentação de funções implementadas na plataforma. Esse conjunto de informações permite o desenvolvimento fluido de aplicações

e averiguação de possíveis falhas presentes.

Devido a ampliação de possibilidades dentro da API, o Google se reserva ao direito de estabelecer limites de consumo de sua capacidade de

processamento e armazenamento em nuvem, esses mesmo que existentes são altos o suficiente para competir com a utilização de workstations desenvolvidas para tratamento de informações geográficas (Figura 2).

Figura 2- Code Editor.



Fonte: Autores, 2019

Para o desenvolvimento da plataforma protótipo alguns produtos externos à API foram utilizados para recortes e leitura visual, como limites municipais e arquivos *Shapefile* e *GeoTIFF* produzidos com o auxílio do software QGIS a partir de fontes de dados governamentais contendo informações sobre geodiversidade, relevo e pedologia.

Em específico, para o funcionamento do classificador SVM, uma série de amostras foi desenvolvida com o intuito de promover o aprendizado da máquina com a otimização dos fatores tempo de processamento e custo computacional.

Dentro de toda a estrutura de processamento requerida pelo SVM, as etapas de aprendizado e classificação consumiram a maior

parte da cota de processamento disponível, isso ocorre em virtude do estabelecimento de um método de classificação para os mais distintos períodos de tempo com as imagens do *Sentinel II* (de resolução espacial de 10m), onde é necessário recorrer ao produto de nível 1C, o qual não conta com um robusto pós-processamento como os de nível 2A, mas possui imagens com período de revisita de 5 dias, enquanto os de nível 2A pode não possuir imagens para uma determinada região em períodos superiores a 1 ano.

O produto nível 2A fornece imagens de refletância de *Bottom Of Atmosphere* (BOA) derivadas dos produtos Nível 1C associados. Cada produto Nível 2A é composto por blocos de 100x100 km² em geometria cartográfica (projeção

UTM / WGS84). Os produtos Nível 2A são gerados sistematicamente no segmento terrestre na Europa desde março de 2018 e a produção foi estendida para global a partir de dezembro de 2018. A geração Nível 2A também pode ser realizada pelo usuário por meio da caixa de ferramentas do *Sentinel II*, usando como entrada os produtos de nível 1C (ESA, 2020).

Uma vez que a classificação tem como base o reconhecimento de padrões, a qualidade do ortomosaico tem impacto direto na acuidade do produto final. Assim, visando tornar mais clara a visualização tanto para usuário quanto para a máquina, foi aplicado no processo de produção dos ortomosaicos utilizados a filtragem dos pixels pelo índice de nebulosidade, permitindo minimizar a quantidade de nuvens e sombras que encobrem os elementos a serem classificados.

Sobre toda estrutura já citada até o momento foram definidos os limites do classificador por meio de testes, averiguando quais tipos de elementos de interesse para o processo de planejamento regional poderiam ser classificados com base nos produtos gerados.

O sistema de visualização de informações da plataforma se organiza por camadas, sendo a classificação de áreas edificadas e da vegetação os seus principais pilares. Nesse sistema foram produzidas e inseridas camadas adicionais de informação como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) extraído das imagens *Sentinel II*, que no contexto do projeto corresponde a resposta reflexiva da superfície mediante emissão de luz, a qual auxilia na identificação de áreas

com vegetação e avaliação da saúde dessa cobertura vegetal.

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é um índice de estado da vegetação que indica a produção primária (produção de clorofila) e umidade local por meio de um indicador numérico obtido por sensoriamento remoto. Ele é calculado a partir das bandas correspondentes ao vermelho (parte do espectro visível com comprimento, onde a clorofila demonstra baixa reflectância) e ao infravermelho próximo (parte do espectro infravermelho, onde a clorofila demonstra alta reflectância) (ENGESAT, 2020).

Também foram adicionadas camadas em *GeoTIFF* contendo as cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo - PC-ESP⁵, além de camadas em formato vetorial *Shapefile* contendo o Domínio Geológico e Litoestratográfico⁶, e a hidrografia da região provenientes das Cartas Topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁷, assim como os pontos turísticos levantados pelos alunos a partir das disciplinas de graduação Métodos e Técnicas de Planejamento Regional. Com isso se espera possibilitar uma análise multifinalitária ao se consultar a plataforma, permitindo uma visão geral sobre a realidade do meio físico biótico e toponímias associadas aos diferentes usos da terra, com especial atenção para os fragmentos de vegetação nativa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal resultado da plataforma desenvolvida foi a construção de uma ferramenta gratuita, com material cartográfico atualizado, de fácil assimilação pelos técnicos da gestão

5 Domínio Geológico Litoestratográfico do Estado de São Paulo na escala 1:750.000, CPRM, 2006: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/datageo/files/Estudos/spaulo_lito_notas_explicativa.pdf.

6 Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, 2017: <http://iflorestal.sp.gov.br/2017/09/26/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>.

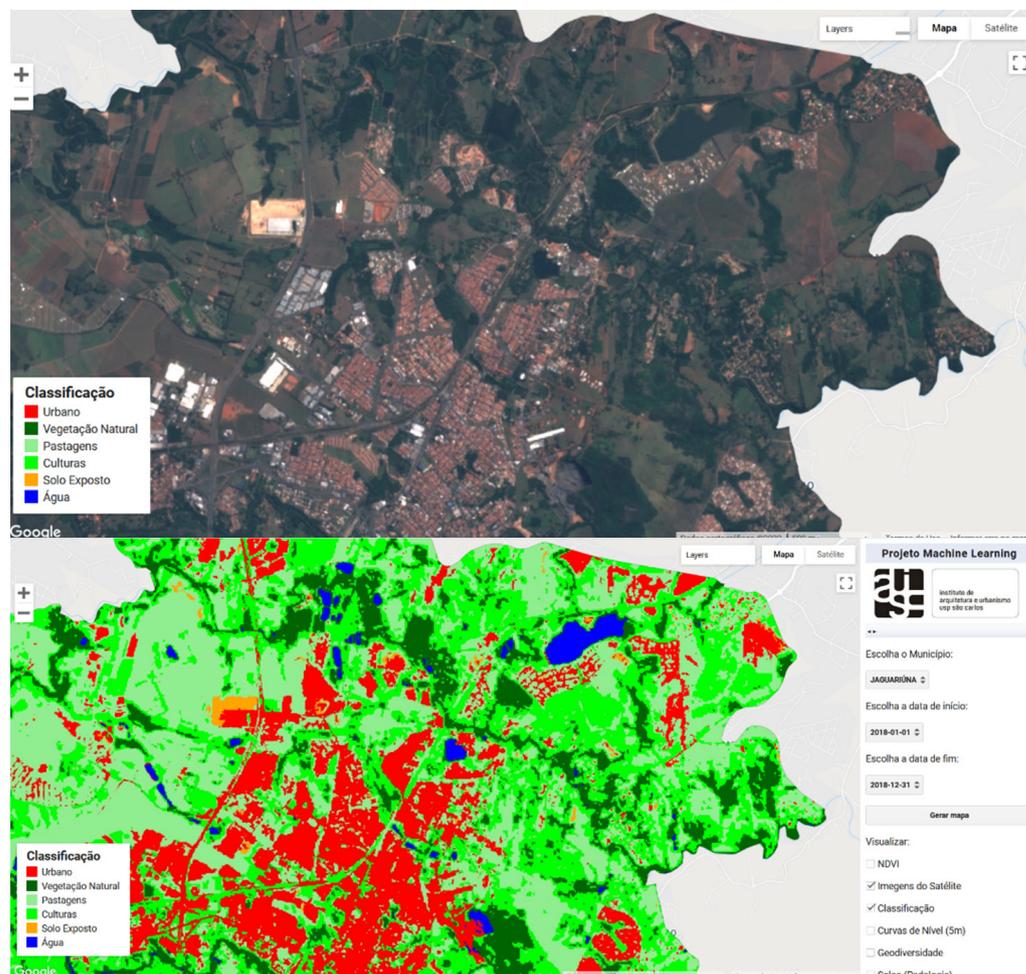
7 Hidrografia do Estado de São Paulo da UGRHI 05, vetorizada a partir das Cartas Topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2016/04/relatorio-tecnico-base-geografica-020516.pdf>.

pública e aplicável sem custos por trabalhar com plataformas abertas. O papel social dessas ações, sobretudo pela possibilidade de reprodução dessas soluções sem custos e pela atualização dos recursos humanos das prefeituras, reforça a importância da integração entre universidade e sociedade.

Através do uso do Support Vector Machine (SVM) foi possível garantir uma classificação precisa e de qualidade para os diferentes objetos de estudo do Circuito das Águas Paulista. Ao longo do projeto, alguns desafios foram encontrados, esses

se referiam principalmente ao desenvolvimento dos scripts para classificação das imagens e para implementação de uma interface interativa, desde a dificuldade de se encontrar informações atualizadas até os problemas de incompatibilidade de tipos de arquivos durante a implementação. Ainda assim, foi possível encontrar soluções tecnológicas eficazes, cumprindo os objetivos inicialmente designados, gerando uma eficiente classificação de imagens na região do Circuito das Águas, como apresentado na Figura 3.

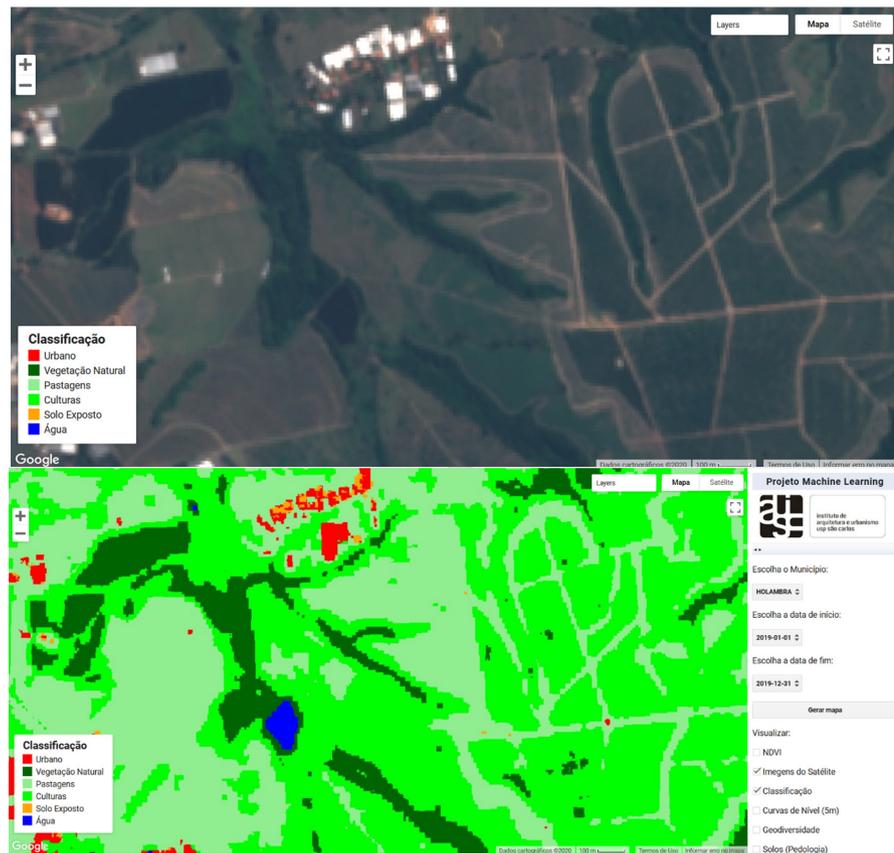
Figura 3- Classificação (2018) da cidade de Jaguariúna.



Fonte: Autores, 2019

É visível a boa capacidade do método empregado em separar vegetação, edificações e cursos d'água. No entanto, a classificação gerada nas bordas de regiões de vegetação natural, composta principalmente por espécies arbóreas de grande porte, revelou alguma classificação equivocada dessas regiões com relação aos limites com áreas de plantio. O mesmo ocorre em áreas de solo exposto intercalado com vegetação, levando a uma classificação de área urbanizada (Figura 4).

Figura 4- Classificação área rural de Holambra (2019) com presença de confusão nos limites de vegetação arbórea.



Fonte: Autores, 2019

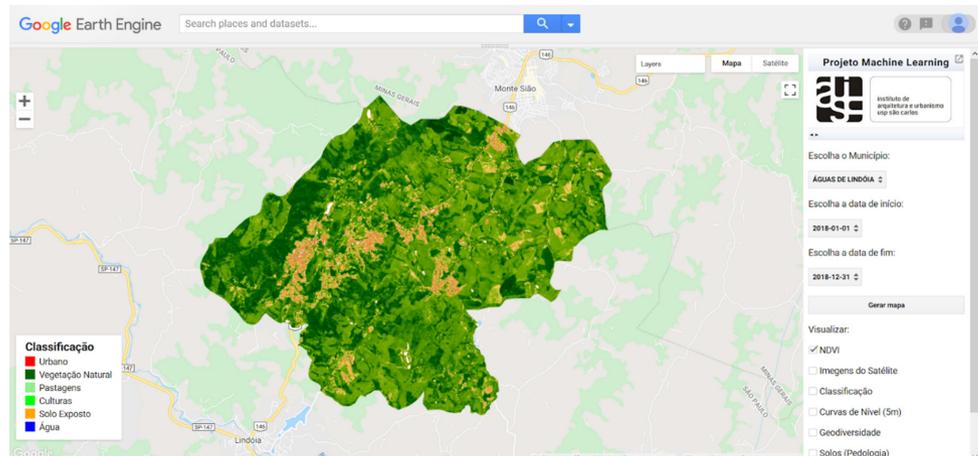
Tal fato corrobora com a pesquisa desenvolvida por Martines et al. (2019), em que o classificador SVM apresentou a menor suscetibilidade a erros de ruído em relação aos classificadores pesquisados, mas também classificou erroneamente áreas isoladas. Nesse sentido, vale mencionar que o sucesso do SVM depende do processo sistemático

de treinamento relacionado ao funcionamento classificador para encontrar um resultado ótimo de forma a minimizar o limite superior do erro de classificação (ADAM, 2014).

Além disso, também foi possível

analisar a Região do Circuito em relação ao seu NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* (Figura 5). Permitindo a identificação de áreas de vegetação, assim como avaliar sua saúde a partir de imagens geradas por sensores remotos.

Figura 5- NDVI (2018) de Águas de Lindóia e menu de camadas

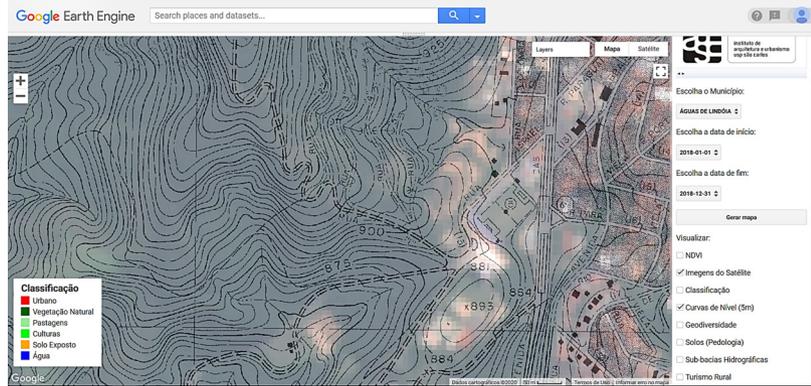


Fonte: Autores, 2019

A possibilidade de constante produção de material cartográfico atualizado com o uso do NDVI, somado a classificação do uso e ocupação da terra e de dados censitários abre espaço para uma extensa análise de desigualdade ambiental na região que engloba o Circuito das Águas. Ao analisar as condições ambientais dos diferentes setores socioeconômicos, torna-se possível estabelecer relações entre as condições étnicas e financeiras da população com a precariedade do ambiente, possibilitando a administração pública a identificação desses fatores que têm impacto na saúde e bem-estar da população.

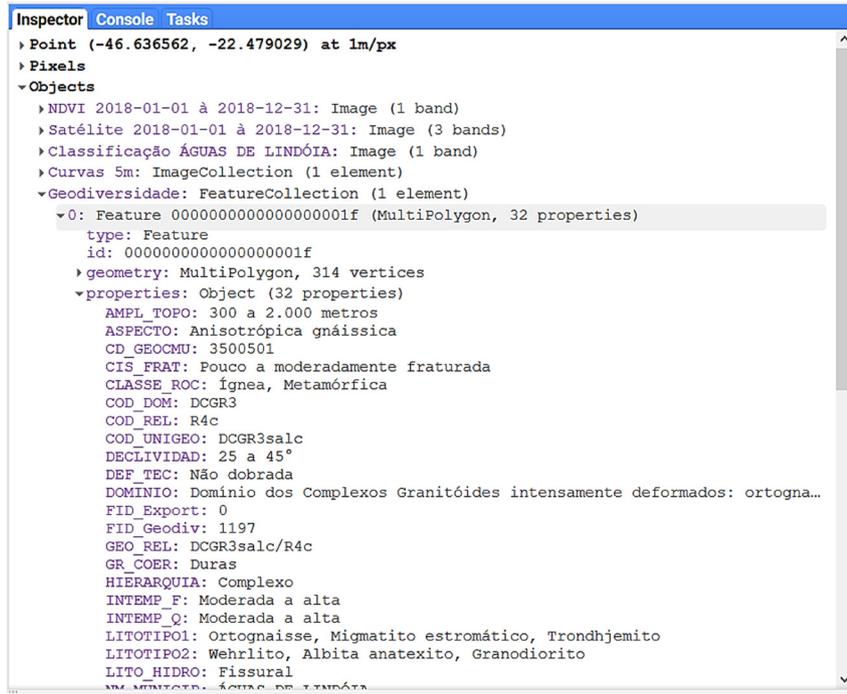
Para facilitar a interface do usuário com a plataforma também foi desenvolvida uma série de menus que permitem ao operador escolher o município a ser classificado, período para coleta de imagens para a formação do ortomosaico de classificação e exibição da legenda com as classes adotadas. A observação das camadas de informação se dá por meio da aba *layers* ou das caixas de seleção onde o usuário pode encontrar, por exemplo, o ortomosaico da região no ano de interesse, a camada NDVI e as cartas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (PC-ESP) (Figuras 6 e 7).

Figura 6- Curvas de Nível do PC-ESP para Águas de Lindóia.



Fonte: Autores, 2019

Figura 7- Informações sobre geodiversidade na área da Figura 6.



Fonte: Autores, 2019

6. CONCLUSÕES

A plataforma apresentada neste trabalho coloca-se como uma solução acessível, customizável, personalizável e de baixo custo para a problemática relacionada à produção e sistematização de informações espaciais para municípios de pequeno

porte (e consórcio de municípios) com o objetivo de auxiliar no suporte à decisão pela administração pública.

Ela permite não só orientar ações de planejamento urbano e regional como, também, ampliar o conhecimento sobre o território

onde se deseja intervir visando o desenvolvimento urbano e rural sustentável, provendo assim a instrumentalização necessária para a edificação de uma gestão pública que contemple uma visão sistêmica para o território.

A adequação e customização dessa plataforma, de forma a consolidar a sua apropriação pelo poder público (por exemplo, porque as bordas da vegetação não são tão perceptíveis em escalas reduzidas), é importante para construir parcerias visando não só um olhar operacional da ferramenta, mas o seu contínuo desenvolvimento com transferência de tecnologia, assim como sua assimilação em métodos e técnicas de planejamento no âmbito da administração pública.

É a partir desse contexto que deve-se valorizar a construção de uma cultura de cooperação entre desenvolvedores e usuários desse sistema, principalmente gestores municipais e universidades, com foco na construção de políticas públicas integradas e aplicadas de desenvolvimento tecnológico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.

REFERÊNCIAS

ADAM, E. *et al.* Land-Use/Cover Classification in a Heterogeneous Coastal Landscape Using Rapid Eye Imagery: Evaluating the Performance of Random Forest and Support Vector Machines Classifiers. *International Journal of Remote Sensing* [s.l.] v. 35, n. 10, p. 3440-3458, abr. 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.903435>. Acesso em: 30 mai. 2021.

BANTIN DE SOUZA, N. R. *As políticas públicas no processo de formação e gestão do circuito das Águas Paulista*. Orientador: Aguinaldo Fratucci. 2010. Monografia (Graduação em Turismo), Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Turismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2010. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/1577>. Acesso em: 30 mai. 2021

ENGESAT. Imagens de Satélites e Geotecnologia. NDVI: criando índice de vegetação no global mapper. 2020. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/softwares/global-mapper/calculo-do-indice-de-vegetacao-ndvi-no-global-mapper/#:~:text=NDVI%20%20C3%A9%20a%20abrevia%C3%A7%C3%A3o%20da,imagens%20geradas%20por%20sensores%20remotos>. Acesso em: 18 agosto 2020.

ESA. European Space Agency. *Sentinel-2 User Handbook*. 2020. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>. Acesso em: 29 agosto 2020.

GORELICK, N. et al. Google earth engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. v. 202, p. 18-27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>. Acesso em: 30 mai. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico*

- de 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 10 agosto 2020.
- KAVZOGLU, T; COLKESEN, I. A Kernel Functions Analysis for Support Vector Machines for Land Cover Classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 11, n. 5, p. 352-359, out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.06.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243409000464>. Acesso em: 30 mai. 2021.
- MARTINES, M. et al. Separability Analysis of Atlantic Forest Patches by Comparing Parametric and Non-Parametric Image Classification Algorithms. *Journal Of Geographic Information System (jgis)*. [s.l.] p. 567-578. out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.4236/jgis.2019.115035>. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=95805>. Acesso em: 30 mai. 2021.
- ONU. Organização das Nações Unidas. *Agenda 2030*. ONU Brasil. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.
- SANTOS, E. M. *Teoria e Aplicação de Support Vector Machines à Aprendizagem e Reconhecimento de Objetos Baseado na Aparência*. Orientador: Herman Martins Gomes. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologia, Coordenação de Pós Graduação em Informática, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2002. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4265>. Acesso em: 30 mai. 2021.
- SÃO PAULO. Estado. *Plano Regional de Desenvolvimento Turístico do Circuito das Águas - SP (1972 A 1980)*. São Paulo: SERETE, 1982.
- SÃO PAULO. Estado. *Programa Município VerdeAzul*. 2019 Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.
- SPRIN, A. W. *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. Trad. Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Edusp. 1995.
- VAPNIK, V. N. *The nature of Statistical learning theory*. New York: Springer. 1995.

Avaliação Pós-Ocupação do Residencial Pitangueiras, um Conjunto Habitacional do Programa “Minha Casa Minha Vida” no Maranhão

Post-Occupancy Evaluation of Residencial Pitangueiras, a Housing Project of “Minha Casa Minha Vida” Program in Maranhão

Evaluación Post-Ocupación de Residencial Pitangueiras, un Conjunto Habitacional del Programa “Minha Casa Minha Vida” en Maranhão

Isabella Gaspar Sousa

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela PPG/FAU-UnB

Universidade Brasília - UnB
isabella.g.sousa@gmail.com

Jaime Gonçalves De Almeida

Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Architectural Association School of Architecture
Professor do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Brasília - UnB
jagal@unb.br

RESUMO

O artigo aborda a questão da avaliação da habitação social ofertada pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) no Maranhão, apresentando a Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Residencial Pitangueiras, localizado em São José de Ribamar (MA), com ênfase na qualidade espacial do ambiente construído e na infraestrutura para o empreendimento. Esta APO emprega como procedimentos de coleta de dados o questionário, o walkthrough e a análise das plantas do conjunto habitacional. Os resultados da avaliação comportamental e da avaliação técnica foram analisados simultaneamente de forma a gerar informações úteis para a edificação avaliada e para futuros projetos semelhantes. Apesar da satisfação dos usuários com itens relativos ao projeto de arquitetura do apartamento, a análise integrada dos resultados aponta para o descumprimento de normas técnicas e inserção urbana ineficiente, destacando-se a distância do conjunto ao centro de trabalho e a baixa oferta de comércio e serviços de apoio.

Palavras-chave: Habitação social. Avaliação Pós-Ocupação. Política Habitacional. Infraestrutura urbana.

ABSTRACT

The article addresses the issue of the evaluation of social housing offered by the Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV) in Maranhão, presenting the Post-Occupancy Evaluation (POE) of Residencial Pitangueiras, located in São José de Ribamar (MA), with emphasis on the spatial quality of built environment and in the housing estate' infrastructure. This POE uses the questionnaires, the walkthrough and analysis of the housing' architectural plans as data collection procedures. The results from both behavioral and technical evaluation were analyzed simultaneously in order to generate useful information for the evaluated building and for future similar projects. Despite the users' satisfaction with items related to the apartment's architectural design, the integrated analysis of results points to non-compliance with technical standards and inefficient urban integration, highlighting the distance between the housing estate and the workplace and the low supply of trade and support services.

Keywords: Social Housing. Post-Occupancy Evaluation. Housing Policy. Urban Infrastructure.

RESUMEN

El artículo aborda el tema de la evaluación de la vivienda social ofrecida por el Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) en Maranhão, presentando la Evaluación Post-Ocupación (EPO) del Residencial Pitangueiras, ubicado en São José de Ribamar (MA), con énfasis en la calidad del entorno construido y en la infraestructura para el conjunto habitacional. Esta EPO utiliza el cuestionario, el walkthrough y el análisis del proyecto de la vivienda como procedimientos de recopilación de datos. Los resultados de la evaluación de comportamiento y de la evaluación técnica fueron analizados simultáneamente con el fin de generar información útil para la edificación evaluada y para futuros proyectos similares. Pese a la satisfacción de los usuarios con elementos relacionados con el proyecto arquitectónico del apartamento, el análisis integrado de los resultados apunta al incumplimiento de las normas técnicas y a la inserción urbana

ineficiente, destacando la distancia del complejo habitacional al centro de trabajo y la baja oferta de servicios comerciales y de apoyo.

Palabras-clave: Vivienda social. Evaluación Post-Ocupación. Política habitacional. Infraestructura urbana.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o acesso restrito à moradia provocado por fatores como o intenso processo de urbanização, baixa renda das famílias, apropriação especulativa de terra urbanizada e políticas de habitação inadequadas, levou um contingente significativo da população a viver em situações cada vez mais precárias (ROLNIK, 2009). Na tentativa de diminuir o déficit habitacional elevado, vários programas habitacionais foram implantados no país, a exemplo da Fundação da Casa Popular (FCP, 1946), do Banco Nacional de Habitação (BNH, 1964) e do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV, 2009). Entretanto, a política habitacional brasileira tem, quase sempre, sido estruturada de forma a reduzir a habitação a uma questão financeira. Essa redução do valor da moradia é feita a partir da redução qualitativa das unidades, desconsiderando-se os condicionantes do local e as características dos usuários a que se destinam.

Conforme estudos de Andrade et.al. (2014) com o advento do PMCMV, a situação se agravou com projetos que geralmente apresentam soluções inadequadas de arquitetura e urbanismo. No âmbito desta análise, o PMCMV na ilha do Maranhão assumiu algumas características negativas, uma vez que a limitada reserva de solo com preço compatível para programas de habitação social em São Luís, deflagrou um processo de concentração de moradias de

baixa renda nas bordas do perímetro urbano da capital. Na maior parte dos casos, esses conjuntos habitacionais apresentam baixa qualidade construtiva das unidades e deficiências na rede de infraestrutura urbana.

Segundo Ono et.al. (2018), dada à dimensão do PMCMV, as avaliações referentes a este programa são particularmente importantes para criação de diretrizes que evitem a repetição de erros anteriores e possam contribuir com novas soluções para enfrentamento do déficit habitacional. Assim, buscando analisar criticamente a produção dos conjuntos habitacionais construídos pelo PMCMV na ilha do Maranhão, o artigo apresenta os resultados da APO realizada no Residencial Pitangueiras um empreendimento com 864 unidades habitacionais (UHs) destinado às famílias do PMCMV São Luís com faixa de renda entre 0 e 3 salários-mínimos (SM), porém localizado em São José de Ribamar, município vizinho à capital. O objetivo geral consiste em analisar o empreendimento sob o ponto de vista técnico e comportamental, verificando a opinião de usuários e especialistas, com o foco centrado na avaliação da arquitetura da unidade e conjunto habitacional e no planejamento urbano local. Assim, o artigo traz inicialmente uma breve contextualização do PMCMV e seus reflexos na ilha do Maranhão, depois demonstra a metodologia

de pesquisa utilizada e parte então para a discussão dos resultados da avaliação técnica e comportamental, apresentando, por fim, as considerações finais do estudo.

2. O PMCMV NA ILHA DO MARANHÃO

A década de 1970 marca na ilha do Maranhão o começo da concentração de grandes empreendimentos habitacionais de baixa renda (frutos da atuação do BNH) nas bordas do perímetro urbano de São Luís, o que interligou municípios vizinhos, determinando uma nova lógica de ocupação em São José de Ribamar e Paço do Lumiar. Este quadro de conurbação, que entra em estado de letargia com a crise do BNH, volta a sofrer modificações com o retorno dos programas de financiamento imobiliário, como o PMCMV em 2009 (BURNETT, 2012).

Ocupando o primeiro lugar em déficit habitacional relativo no Brasil, o Estado do Maranhão passou a ser alvo de grandes investimentos do PMCMV (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Na ilha do Maranhão, a limitada reserva de solo com preço compatível com programas de habitação social em São Luís, transformou os municípios vizinhos a este em verdadeiros canteiros de obras. Conforme Cardoso e Aragão (2013) a falta de articulação da política habitacional com a política urbana e a ausência

de exigências para que os municípios utilizassem os instrumentos do Estatuto das Cidades, fez com que os empreendimentos fossem viabilizados a partir da dinâmica de mercado, em uma lógica na qual a escolha dos terrenos e a elaboração dos projetos foram condicionados pela maximização dos lucros das empresas, o que ocasionou a busca por terras mais baratas, geralmente mais distantes das centralidades urbanas e com precariedade de infraestrutura. Assim, fatores como a boa qualidade arquitetônica e urbanística muitas vezes foram deixados de lado por não exercerem influência positiva sobre a taxa de retorno das construtoras (ROLNIK et al., 2015).

No PMCMV a maior parte das UHs para as camadas de baixa renda (faixa 1 do programa) passou a ser construída fora do município polo das regiões metropolitanas, fenômeno visto de forma mais acentuada no Nordeste, onde dois terços das UHs previstas para toda região metropolitana foram construídas na periferia das capitais (CARDOSO et.al., 2011). O Quadro 1 constata essa situação na região da ilha do Maranhão, onde observam-se diversos empreendimentos previstos para atender a população de São Luís sendo construídos em municípios vizinhos como Paço do Lumiar e São José de Ribamar (Figura 1).

Quadro 1 – Empreendimentos PMCMV faixa 1 na ilha do Maranhão (2009 /2013)

Empreendimento	Município	N ^o UH.	Ano Contrato	Prefeitura Responsável
Jardim Primavera	Paço do Lumiar	984	2013	Paço do Lumiar
Novo Horizonte	Paço do Lumiar	1947	2009	Paço do Lumiar
Sítio Natureza	Paço do Lumiar	1199	2009	São Luís
Morada do Bosque	Paço do Lumiar	1000	2012	Paço do Lumiar
São José	São José de Ribamar	1207	2009	São Luís
Nova Aurora	São José de Ribamar	1440	2009/2010	São Luís
Nova Terra	São José de Ribamar	4051	2009	São José de Ribamar
Pitangueiras	São José de Ribamar	864	2009	São Luís
Recanto Verde	São José de Ribamar	994	2009/2010	São Luís
Turiúba	São José de Ribamar	3151	2009	São José de Ribamar
Ribeira	São Luís	3000	2010	São Luís
Amendoeira	São Luís	1600	2012	São Luís
Vila Maranhão	São Luís	1488	2012	São Luís
Morada do Sol	São Luís	2176	2013	São Luís
Mato Grosso	São Luís	3000	2013	São Luís
Luís Bacelar	São Luís	1000	2012	São Luís
Santo Antônio	São Luís	720	2012	São Luís

Fonte: Adaptado a partir de dados fornecidos pela Caixa Econômica Federal (2016).

Figura 1 – Localização dos Empreendimentos PMCMV marcados no Quadro 1



Assim, na ilha do Maranhão os empreendimentos do PMCMV, construídos muitas vezes em locais longínquos, não possuem infraestrutura satisfatória de saneamento ambiental, pavimentação e transporte público, ocasionando uma demanda crescente de investimento nesses setores. Além disso, para atender aos

novos moradores, as já deficientes redes de educação e saúde públicas precisavam ser ampliadas.

Embora o PMCMV previsse como limite máximo para cada empreendimento a construção de 500 UHs ou condomínios segmentados em até 300 habitações, isto também não impediu a estratégia empresarial

de formação de grandes glebas parceladas e novos conjuntos de grande extensão aprovados de forma fracionada, apresentando a mesma tipologia. Conforme Cardoso et. al. (2011), dessa maneira as construtoras definiam uma planta genérica que se enquadrava nas normativas da Caixa Econômica Federal (CEF) e garantiam a aprovação de inúmeros projetos similares em diferentes terrenos. Segundo Burnett (2012) ao se afastar das aglomerações urbanas existentes, os novos núcleos habitacionais no território da ilha maranhense, se tornaram verdadeiros novos bairros, distantes dos centros comerciais, com carência de serviços de infraestrutura pública e com projetos-tipo que se limitam a atender padrões mínimos exigidos por lei.

3. O RESIDENCIAL PITANGUEIRAS

O Residencial Pitangueiras foi escolhido como estudo de caso após

um levantamento de campo dos principais conjuntos habitacionais do PMCMV (faixa 1) de São Luís que haviam sido construídos em São José de Ribamar, onde foram utilizados como critérios: o tempo de ocupação do empreendimento, o número de UHs, a receptividade dos síndicos e o tempo e logística da pesquisa a ser desenvolvida. Construído na primeira fase do PMCMV em São Luís e finalizado em 2012, o empreendimento se localiza na Rua General Artur Carvalho em São José de Ribamar, distando cerca de 32 km do centro da capital maranhense. Possuindo uma área total de 44.294,51 m², o conjunto subdivide-se em condomínios denominados Residencial Pitangueiras I (160 UHs), Residencial Pitangueiras II (192 UHs), Residencial Pitangueiras III (256 UHs) e Residencial Pitangueiras IV (256 UHs), totalizando 864 UHs (Figura 2).

Figura 2 – Implantação do Conjunto Residencial Pitangueiras



A tipologia presente é de habitações multifamiliares, distribuídas em edifícios iguais de quatro pavimentos,

todos ocupados com unidades de habitação, inclusive o térreo. O método construtivo utilizado nas

edificações é a alvenaria armada de blocos de concreto, com cobertura feita em estrutura de madeira e fechamento em telhas cerâmicas (Figura 3).

Figura 3 – Vista do Pitangueiras II a partir da Rua General Artur Carvalho



Os edifícios são compostos de dois módulos unidos através de uma escada central confinada, que formam um bloco. Cada módulo é composto por quatro apartamentos, compondo assim oito unidades por pavimento. Já o apartamento, obedece a mesma organização em todos os edifícios do conjunto e apresenta 36,54 m² de área útil, sendo composto por dois quartos, sala de estar e jantar, cozinha e banheiro (Figura 4).

Figura 4 – Pavimento-tipo e unidade-tipo do Conjunto Residencial Pitangueiras



Em relação à infraestrutura urbana disponível, existem algumas escolas municipais e uma faculdade no entorno do conjunto, como a Escola Municipal São José dos Índios e o Centro de Ensino Dr. Tarquínio Lopes Filho, ambos a cerca de 700m de distância, e um campus do Instituto

Federal do Maranhão, a 900m de distância. Existe também uma Unidade de Corpo de Bombeiros a 300m e uma Unidade Básica de Saúde (UBS), a UBS Pitangueiras, localizada ao lado do conjunto, na área institucional (Figura 5).

Figura 5 – Equipamentos públicos próximos ao Residencial Pitangueiras



Durante o levantamento não foram verificados postos policiais, creches nem centros comunitários próximos ao local. A cerca de 3 km de distância existe um Centro de Referência de Assistência Social e uma Creche Municipal, inaugurados em 2015, porém estes foram construídos na área do Residencial Turiúba e destinados a atender principalmente a população deste conjunto, que ultrapassa os 10 mil habitantes. Na frente do Residencial Pitangueiras existem alguns pequenos comércios locais (que começaram a surgir logo após sua construção), entretanto o mesmo fica distante de centros comerciais, bancos e grandes supermercados. Por estar situado na margem da Estrada MA 201, o Pitangueiras possui uma oferta de transporte público razoável no raio de 500 metros, composta por três linhas de ônibus (012 Ribamar - São Francisco, A - 996 Ribamar Terminal Cohab, 016 Ribamar Deodoro).

Contudo, destas três linhas, apenas uma - Ribamar Terminal Cohab - é integrada ao Terminal da Cohab (em São Luís), de onde é possível fazer o transbordo para outras linhas sem necessidade de pagar nova passagem. Não há oferta de linhas em raios mais abrangentes até 2000 m.

4. MÉTODO

Para a análise do conjunto habitacional utilizou-se a Avaliação Pós-Ocupação (APO), método de avaliação de desempenho do ambiente construído no decorrer do seu uso que leva em consideração o parecer de especialistas e as necessidades dos usuários do ambiente, possibilitando diagnósticos consistentes sobre aspectos positivos e negativos da edificação (VILLA et.al., 2015). Dentre os diferentes aspectos que podem ser avaliados na APO, optou-se pela seleção de

algumas informações significativas relacionadas ao “indivíduo/ambiente” (ROMERO; ORNSTEIN, 2003), tais como: informações socioeconômicas, informações acerca da satisfação dos usuários em relação às UHs, avaliação funcional da UH e avaliação da infraestrutura para o empreendimento.

A APO foi desenvolvida no nível indicativo através da realização de avaliações técnicas e comportamentais, adotando metodologia de APO em habitações já utilizada em trabalhos de referência na área (Abiko e Ornstein, 2002; Villa e Ornstein, 2013; Villa et.al., 2015). Os instrumentos aplicados foram: (1) Avaliação Técnica: Análise de Projetos e Walkthrough; (2) Avaliação Comportamental: Entrevistas presenciais com aplicação de questionários estruturados.

O Residencial Pitangueiras foi contratado pela CEF em 2009 e finalizado em 2012, sob as regras da primeira fase do PMCMV. Por isso, para analisar criticamente as plantas desse empreendimento na fase de avaliação técnica foram utilizadas como base normas e legislações vigentes na época da construção. Complementando a avaliação técnica foi realizado também o Walkthrough, instrumento de análise que funciona como “um percurso dialogado complementado por fotografias, croquis gerais e gravação de áudio e vídeo, abrangendo todos os ambientes” (RHEINGANTZ et al., 2009, p.12).

Para aplicação dos questionários, a definição da amostra se baseou no universo de 864 UHs que compõem o conjunto. Para o cálculo, optou-se por uma porcentagem de confiança de 96,6% e margem de erro de 10%

atingindo o tamanho amostral de 100 UHs. O método de amostragem utilizado foi o de amostra aleatória estratificada proporcional. Os questionários foram aplicados entre os meses de julho e agosto de 2016 junto a moradores das UHs selecionadas que concordassem em participar da pesquisa e que possuíssem a partir de 18 anos. Para avaliar os resultados obtidos foi utilizada a estatística descritiva, através de procedimentos como: médias, moda e desvio padrão. Estes dados foram tabulados e sistematizados em forma de tabelas de frequências, gráficos setoriais, de barras, histogramas e Diagrama de Pareto.

Após a aplicação destes instrumentos, os resultados foram comparados e interpretados conjuntamente, contrapondo as informações da análise técnica e da análise comportamental, obtendo um diagnóstico que aponta aspectos positivos e negativos da edificação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

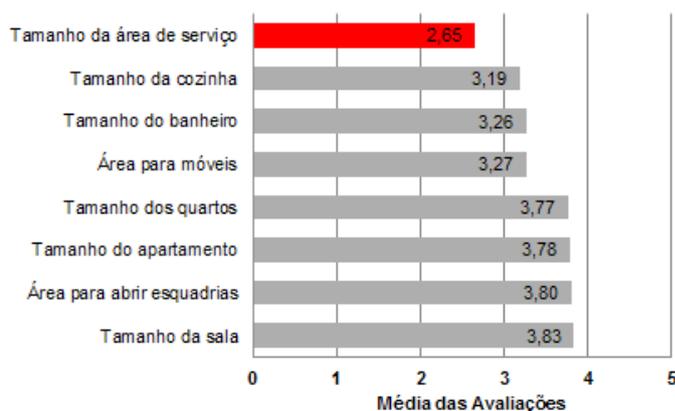
De acordo com os resultados da avaliação comportamental o perfil do entrevistado-padrão pode ser definido como: mulher, jovem (média de 34 anos), ensino médio completo, assalariada (com renda entre 01 a 02 SM), casada e com filhos. A grande prevalência de mulheres (70,0%) na amostra pode ser explicada pelo fato da Lei Nº 11.977/2009, apontar que na indicação dos beneficiários do PMCMV as famílias com mulheres responsáveis pelo domicílio estão entre as prioridades de atendimento. Embora a maioria dos entrevistados (52,6%) seja assalariada, 33,0% destes estão desempregados (16,5%) ou não exercem atividade remunerada (estudantes e donas de

casa – 16,5%).

Neste empreendimento, o número de ocupantes por habitação não se mostrou tão elevado, com a maior parte das famílias contando com até 04 pessoas no apartamento (84,0%). Porém, apesar da maior parte dos entrevistados (84,0%) ter respondido que o número de ambientes do apartamento atendia as necessidades da família,

muitos (64,0%) relataram sentir falta de espaço para desenvolver algumas atividades dentro do seu apartamento, tais como estender roupa (44,6%) e receber amigos (19,6%). As dimensões dos ambientes do apartamento (com exceção da área de serviços) tiveram avaliação satisfatória pelos moradores (Gráfico 1), dentro da média mínima (média 3 = regular).

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto das avaliações relativas ao dimensionamento



Essas dimensões, não cumprem todos os parâmetros do código de obras de São Luís para habitação social e são geralmente inferiores ao mínimo recomendado por pesquisadores da área de HIS e por normas

estrangeiras (Quadro 2). Além disso, a área útil do apartamento (36,54 m²) também ficou abaixo do mínimo estipulado pelas regras do PMCMV 1 (37 m²).

Quadro 2 - Áreas úteis mínimas recomendadas por cômodo

Fonte	1º dorm.	2º dorm.	3º dorm.	Sala	Cozinha	Banho	Serv.
Silva (1)	7,75	7,80	7,80	10,50	3,57	2,40	2,10
IPT (2)	9,00-11,00	8,00-9,00	8,00-9,00	12,00-14,00	10,00-12,00	2,50-3,00	-
Portugal (3)	10,50	9,00	9,00	10,00-16,00	6,00	3,50	3,50
Espanha (4)	12,00	7,00	7,00	12,00-18,00	6,00	-	-
Código-SLZ (5)	8,00	6,00	6,00	15,00	4,50	1,50	-
Pitangueiras	8,32	7,80	-	11,47	4,86	2,14	1,95

Notas: (1) Silva, 1982; (2) IPT, 1988; (3) República Portuguesa "Regulamento geral das edificações urbanas" apud Coelho e Pedro (1988, p. 342); (4) Espanha, Instituto Nacional de Consumo apud Coelho e Pedro (1988, p. 345); (5) Código de Obras de São Luís, 1976.

Tanto a avaliação técnica quanto a avaliação comportamental demonstraram que a área de serviços não está atendendo às necessidades dos moradores, sendo motivo de insatisfação para estes, que acabam transferindo atividades domésticas do ambiente (como estender e passar roupas) para outros cômodos da habitação (Figura 6). Já em

relação à área para móveis, apesar dos moradores julgarem esta como regular (média de 3,27), a avaliação técnica detectou muitos casos de inadequação dos móveis ao espaço disponível, ocasionando problemas na circulação e até na ventilação do apartamento (Figura 7).

Figuras 6 e 7 – Disposição de Quarto e Cozinha da UH, respectivamente



Segundo Villa *et.al.* (2015), a utilização do modelo tripartido em habitações sociais é uma das causas da sobreposição de usos e atividades nos cômodos, uma vez que esta tipologia de organização espacial (dividida em área social, íntima e de serviços) surgida no século XVIII, requer espaço para funcionar plenamente e evitar que as atividades domésticas cotidianas não se confundam. Assim, nas HIS a redução dimensional e a compartimentação dificultam a boa funcionalidade dos espaços, especialmente quando se tem em vista a utilização de mobiliários populares.

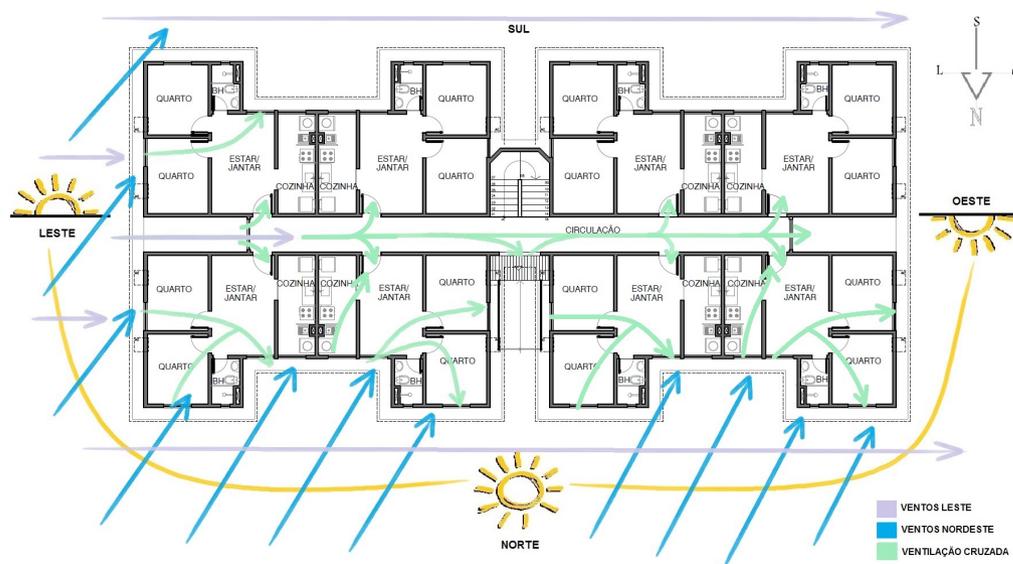
O conforto ambiental (com itens como

iluminação natural, temperatura e ventilação) foi julgado como satisfatório pelos moradores, com exceção da temperatura no período seco (média de avaliação de 2,86). De fato, a análise projetual indicou que a orientação solar dos edifícios do Residencial Pitangueiras é adequada para a região de estudo. Entretanto, também apontou que essa mesma orientação pode dificultar a ventilação dos apartamentos voltados para a fachada sul, especialmente no período seco (agosto a dezembro). Isto pode ocasionar um maior desconforto térmico neste período, que já é caracterizado por níveis de temperatura e insolação mais elevados (máx. média de 32° C) que o período chuvoso. A análise projetual

demonstrou ainda que a ventilação cruzada não acontece de forma eficiente em todos os ambientes da UH, o que pôde ser constatado durante as entrevistas, quando se notou que muitos moradores mantinham a porta dos seus apartamentos abertas durante o dia

como forma de melhorar a ventilação dos mesmos. No pavimento tipo, os quatro dormitórios do núcleo central, além de possuírem ventilação e insolação comprometidas, contam com problemas de privacidade (Figura 8).

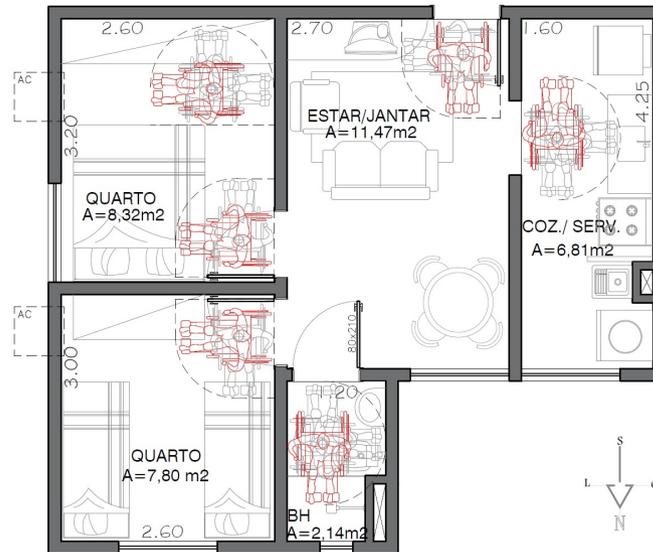
Figura 8 – Insolação/ventilação do Pavimento tipo do Residencial Pitangueiras



A adaptação de PCDs ao apartamento foi julgada como predominantemente boa (84,0%) por entrevistados que possuíam familiares com deficiência, entretanto a amostra contou com uma parcela pouco expressiva de famílias de PCDs (5,0%). Já a avaliação técnica identificou diversos problemas de acessibilidade nestas unidades (que possuem a mesma metragem das unidades comuns e se localizam no térreo). Ao inserir módulos de área de manobra para rotação de 90° e rotação de 180° de cadeira de rodas na planta do apartamento PCD, podemos observar que o deslocamento na UH encontra diversas barreiras com a disposição

do mobiliário indicado, inclusive no acesso aos quartos. O maior problema encontra-se no banheiro, que apesar de apresentar porta abrindo para fora, não possui área de transferência ao lado da bacia sanitária, nem barras horizontais de apoio. Entretanto, nota-se que a pouca qualidade do projeto na perspectiva do uso e ergonomia dos ambientes é uma característica comum a todos os apartamentos do conjunto (não somente aos PCDs), com problemas como a largura insuficiente do quarto do casal para que exista passagem mínima nos dois lados da cama, entre outros (Figura 9).

Figura 9 - Planta baixa com layout da UH do Pitangueiras destinado à PCDs.



Itens normativos da NBR 9050 também foram descumpridos nas áreas comuns, onde foram verificadas descontinuidades nas dimensões de pisos e espelhos da escada, falta de sinalização visual na borda dos degraus, insuficiência de vagas para PCD e obstáculos nos acessos de pedestres pelas calçadas. Já nas áreas comuns de lazer foram verificados problemas relacionados à manutenção e conservação dessas áreas, que por falta de controle acabaram sendo vandalizadas em todos os condomínios do conjunto. Assim o salão de festas e a quadra de esportes (Figuras 10 e 11) foram avaliados negativamente pelos moradores, ficando com médias de 2,45 e 2,38 respectivamente (abaixo da mínima de 3).

Figuras 10 e 11 – Salão de Festas (Pitangueiras I) e Quadra (Pitangueiras II)



A dificuldade na conservação e relacionada com a falta de uma gestão condominial estruturada, agravada

pela inadimplência dos moradores, que declararam ter dificuldades na manutenção das contas do imóvel (51%). O desemprego combinado com a obrigação de pagar as prestações do programa e taxas de luz, água e condomínio são fatores que podem inclusive influenciar moradores a quererem comercializar suas unidades, voltando a condições de submoradia ou coabitação. Alguns entrevistados relataram que vizinhos alugavam o apartamento para locatários, entretanto a comercialização das unidades de beneficiários da faixa 1 do PMCMV só pode ser realizada após o término do prazo de financiamento, que é de 10 anos.

Com relação à qualidade dos serviços de infraestrutura urbana, o item que apresentou melhor avaliação foi o transporte público, com média de 3,67. Em comparação a este, o posto de saúde e a escola obtiveram médias mais baixas, com 3,05 e 2,90, respectivamente. Já os itens creche, posto policial e centro comunitário obtiveram altos percentuais de respostas não válidas, como "não sei" ou "não existe" (82,0%, 94,0% e 93,0%, respectivamente). De fato, conforme citado anteriormente, o bairro onde se localiza o empreendimento não conta com a disponibilidade de creches municipais, centros comunitários e posto policial. Dentre estes itens, a inexistência de um posto policial apresenta-se particularmente preocupante, pois relatos sobre crimes ocorridos nas proximidades foram recorrentes durante a realização das entrevistas, o que corrobora com as avaliações negativas sobre a segurança do conjunto (média de 2,66).

Apesar de dispor de uma oferta de transporte público razoável,

o conjunto se encontra distante do trabalho da maior parte dos moradores, que se desloca majoritariamente de ônibus (70,7%) e leva em média 1 hora e 15 minutos para chegar ao destino final. O centro de emprego da região localiza-se em São Luís, onde a maior parte dos entrevistados (86%) morava anteriormente. Segundo o IMESC (2014), na capital o tempo médio de deslocamento casa - trabalho do maior percentual de pessoas situa-se entre 6 e 30 minutos, por isso é compreensível que os entrevistados tenham relatado que após ir morar no conjunto a distância ao trabalho aumentou significativamente (82,5%).

Por fim, mesmo relatando que entre as principais dificuldades de morar no Residencial Pitangueiras estão a distância ao comércio (42,5%) e a falta de segurança (17,5%), a maior parte dos moradores (64,0%) declarou que é "bom" morar no conjunto, apontando como principal benefício o fato de ter sua própria moradia (56,3%). Uma vez que a situação anterior de moradia da maioria das famílias beneficiadas por projetos de HIS costuma ser precária, a realização do sonho da casa própria exerce grande influência sobre os moradores na percepção de sua qualidade de vida.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados indica que os moradores entrevistados estão em geral satisfeitos com a sua condição de moradia atual. Entretanto, a concepção do projeto de arquitetura da unidade habitacional estudada apresenta-se bastante convencional e genérica, não demonstrando soluções espaciais inovadoras que levem em consideração diferentes

perfis familiares e apresentando insuficiência de espaço para comportar algumas atividades dos moradores (como estender e passar roupas). Além disso, o projeto deixa de cumprir critérios normativos, especialmente os critérios de acessibilidade previstos na NBR 9050. Apesar do exposto, grande parte dos itens relativos ao projeto de arquitetura do apartamento foi julgada como satisfatória pelos entrevistados. De fato, as avaliações desfavoráveis estão mais relacionadas aos equipamentos de uso comum e a disponibilidade de infraestrutura urbana para o empreendimento.

Deve-se destacar que os problemas detectados durante essa pesquisa não podem ser colocados todos em um mesmo patamar. Problemas como insatisfação em relação aos itens de conforto ambiental podem ser amenizados (providenciando a instalação de portas de entrada com venezianas para melhorar a ventilação cruzada, colocação de ventiladores de teto, etc.), entretanto problemas como a dimensão exígua dos ambientes para o uso de pessoas com deficiência e a distância do conjunto habitacional ao centro de trabalho, ao comércio local e a serviços públicos básicos como creches e postos policiais são mais alarmantes, pois exigem soluções dispendiosas (readequirir a unidade habitacional ao uso de PCDs, construir creches, etc.), que inclusive podem ultrapassar questões de projeto e construção (como no caso de criar centros de emprego próximos ao empreendimento).

Porém, mesmo reconhecendo a existência dos problemas de distância do conjunto ao local de trabalho, de distância do comércio e

da falta de segurança, a maior parte dos moradores se declara satisfeito com a localização do conjunto. O que nos faz reforçar o papel do contexto de moradia anterior das famílias beneficiadas por projetos de habitação social na percepção de sua qualidade de vida, fazendo com que a realização do sonho da "casa própria" amenize até os problemas graves e evidentes do conjunto.

Diante das considerações apontadas defende-se que o projeto de habitação social, apesar das suas inerentes restrições orçamentárias, deve ter foco concreto no projetar e construir melhor, com pensamento permanente no usuário final da habitação, além de ser frequentemente avaliado, buscando a melhoria constante da qualidade de vida do ambiente construído e aumentando a eficácia do programa habitacional. Finalmente, como forma de incrementar as avaliações do Residencial Pitangueiras, recomenda-se examinar os aspectos técnicos relacionados ao conforto ambiental, incluindo verificações de iluminação, acústica e conforto térmico, possibilitando a correlação com as informações obtidas nesta pesquisa. Sugere-se também uma avaliação ergonômica do ambiente construído visando à adequação de mobiliário e equipamentos, tendo em vista espaço para uso e circulação dos moradores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A., ORNSTEIN, S. *Inserção*

- urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social*. São Paulo: FAUUSP, 2002.
- ANDRADE, L., DEMARTINI, J., CRUZ, R A banalidade do mal na arquitetura: desafios de projetos do Programa Minha Casa, Minha Vida. *E-Metropolis*, v.5, n.17, p.52-61, 2014.
- BURNETT, C. *São Luís por um triz: escritos urbanos e regionais*. São Luís: UEMA, 2012.
- CARDOSO, A., ARAGÃO, T. Do fim do BNH ao Programa Minha Casa Minha Vida: 25 anos da política habitacional no Brasil. In: CARDOSO (org.). *O programa Minha Casa Minha Vida e seus efeitos territoriais*. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. p.17-65.
- CARDOSO, A., ARAGÃO, T., ARAUJO, F *Habitação de Interesse Social: política ou mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano*. In: *Anais... XIV ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR*. Rio de Janeiro: ANPUR, 2011.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Déficit habitacional no Brasil 2015*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2018.
- INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC *Relatório de Pesquisa 1.2: Região Metropolitana da Grande São Luís*. Brasília: IPEA, 2014.
- ONO, R., ORNSTEIN, S., FRANÇA, A., VILLA, S. *Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design - da teoria à prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- RHEINGANTZ, P. *et. al. Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós - ocupação*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.
- ROLNIK, R. *Direito à moradia. Desafios do desenvolvimento*. Brasília: IPEA, N.51, p.41, 2009.
- ROLNIK, R. et al *O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação*. *Cad. Metrop.*, v.17, n.33, 2015. p.127-154.
- ROMERO, M., ORNSTEIN, S. *Avaliação Pós-ocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social*. Porto Alegre: HABITARE/FINEP, 2003.
- VILLA, S., SARAMAGO, R., GARCIA, L., *Avaliação pós-ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida: Uma experiência metodológica*. Uberlândia: UFU/ PROEX, 2015.
- VILLA, S. B., ORNSTEIN, S. W. *Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Aplicação de Tecnologia de Informação para Aumento de Produtividade em um Ponto de Entrega Voluntária

Application of Information Technology to Increase Productivity at a Voluntary Delivery Point

Aplicación de Tecnología de la Información para Incrementar la Productividad en un Punto de Entrega Voluntario

Flávio José de Assis Barony

Mestre San. e Ambiental
Prof. Dep. Metalurgia e Química do Centro Fed. de Educ. Tecnológica de MG – Campus Timóteo
flaviobarony@cefetmg.br

Rodrigo Gaiba de Oliveira

Doutor em Eng. Elétrica
Prof. Dep. Computação e Construção Civil do Centro Fed. de Educação Tecnológica de MG – Campus Timóteo
rgaiba@cefetmg.br

Alysson Kelvim Caetano da Silva

Eng. Computação pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Campus Timóteo
akcsalysson@gmail.com

Ana Clara Rodrigues Santana

Graduanda Eng. de Computação no Centro Fed. de Educação Tecnológica de MG - Campus Timóteo
clara220897@gmail.com

RESUMO

Menos de 10% dos Resíduos Sólidos Domésticos são destinados para a coleta seletiva no Brasil. Uma das formas de intensificar a coleta seletiva é através dos PEVs (Ponto de Entrega Voluntária), pois permitem o acondicionamento de maior quantidade de resíduos em um único ponto de uma determinada região geográfica, o que facilita a coleta do resíduo passível de reciclagem, mas que também enfrenta percalços em função da sua operacionalidade ou até mesmo pela ausência da correta segregação dos resíduos por parte da população, em geral. O objetivo do trabalho é reduzir os custos com deslocamento do caminhão da coleta seletiva do município de Timóteo até o CEFET-MG (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais) Campus Timóteo para recolher os resíduos recicláveis. A implantação do PEV deu-se por três etapas, sendo: a) primeiramente iniciou-se a construção do PEV, com preceitos de segurança, resistência e acessibilidade; b) logo após, deu-se o desenvolvimento de um dispositivo medidor de nível (PEVTEC – PEV Tecnológico modelo CEFETMG campus Timóteo) e; c) em sequência as campanhas de conscientização quanto ao uso do PEVTEC. Ao longo de 4 meses de operação em 2019 foram coletados 48m³ de resíduos sólidos não compactados, e em 2020 foram 66m³, mesmo com a suspensão do calendário acadêmico em função da pandemia. O PEVTEC é de uso exclusivo da comunidade acadêmica do CEFET, mas possibilitaria uma redução de no mínimo 37,0% de combustível se usado por setores/zonas urbanas, em detrimento da coleta “porta a porta”, além da perda de produtividade com este modelo de coleta seletiva. Com baixo custo (R\$150,00) para instalação, o dispositivo de medição reduziu o deslocamento do caminhão coletor até o PEVTEC, ou seja, somente quando a Associação de Catadores recebe o e-mail com uma alerta de que o PEVTEC se encontra em sua capacidade máxima. O custo total do PEVTEC foi de R\$1.700,00 (incluindo R\$150,00 para o sensor), com uso de mão-de-obra interna para soldagem da estrutura metálica, o que não gerou custo. A solução proposta por meio do PEVTEC requer ponto de energia elétrica e acesso à internet sem fio, mas oferece plenas condições de potencializar a coleta seletiva na malha urbana das cidades, reduzir custos operacionais e aumentar a produtividade da Associação de Catadores.

PALAVRAS-CHAVE: PEV, Coleta seletiva, Resíduos sólidos, Sensor, Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

Less than 10% of domestic solid waste is destined for selective collect in Brazil. One of the ways to intensify selective collect is through VDP (Voluntary Delivery Point), as they allow the storage of a greater quantity of waste in a single point in a given geographic region, which facilitates the collect of waste that can be recycled, but which also faces setbacks due to its operability or even the lack of proper segregation of waste by the population in general. The goal of the work is to reduce the moving costs of the truck from the Association of Collectors (AC) to the Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), Campus Timóteo, to collect of recyclable waste. The implementation of the VDP took place in three stages, as follows: a) first, the construction of the VDP began, with precepts of safety, resistance and accessibility; b) soon after, a level measuring device (VDPTec Technological model CEFETMG Campus Timóteo - VDPTec) was developed and; c) in sequence the awareness campaigns regarding the use of the VDPTec. Over 4 months of operation in 2019, 48m³ of uncompacted solid waste were collected, and in 2020 there were 66m³, even with the suspension of the academic calendar due to the pandemic. VDPTec is for the exclusive use of the CEFET-MG academic community,

but it would allow a reduction of at least 37,0% of fuel if used by sectors/urban areas, to the detriment of "door-to-door" collect, in addition to the loss of productivity with this selective collect model. With a low cost for installation (near to BRL 150.00), the measuring device reduced the displacement of the collect truck to the VDPTEC, that is, only when the AC receives the email with an alert that the VDPTEC is in its maximum capacity. The total cost of the VDPTEC was BRL 1700.00 (including BRL 150.00 for the sensor), using internal labor to weld the metallic structure, which did not generate any cost. The solution proposed through VDPTEC requires an electric power point and wireless internet access, but offers full conditions to enhance selective collect in the urban area of cities, reduce operating costs and increase the productivity of the association.

KEYWORDS: VDPTEC, Selective Collect, Solid Waste, Sensor, Information Technology.

RESUMEN

Menos del 10% de los residuos sólidos domésticos se destina a la recogida selectiva en Brasil. Una de las formas de intensificar la recogida selectiva es a través de los PEV (Punto de Entrega Voluntario), ya que permiten el almacenamiento de una mayor cantidad de residuos en un único punto de una determinada región, lo que facilita la recogida de residuos que pueden ser reciclados, pero que también enfrenta contratiempos por su operatividad o incluso por la ausencia de una correcta segregación de residuos por parte de la población en general. El objetivo del trabajo es reducir los costos de traslado del camión desde la recogida selectiva del municipio de Timóteo al CEFET-MG (Centro Federal de Educación Tecnológica de Minas Gerais), Campus Timóteo, para la recogida de residuos reciclables. La implementación del PEV se llevó a cabo en tres etapas, de la siguiente manera: a) primero, se inició la construcción del PEV, con preceptos de seguridad, resistencia y accesibilidad; b) poco después se desarrolló un dispositivo de medición de nivel (PEVTEC - PEV Tecnológico modelo CEFET-MG Campus Timóteo) y; c) en secuencia las campañas de sensibilización sobre el uso del PEVTEC. A lo largo de 4 meses de operación en 2019 se recolectaron 48m³ de residuos sólidos sin compactar, y en 2020 fueron 66m³, aun con la suspensión del calendario académico por la pandemia. PEVTEC es de uso exclusivo de la comunidad académica de CEFET-MG, pero permitiría una reducción de al menos 37,0% de combustible si es utilizado por sectores / áreas urbanas, en detrimento de la recogida "puerta a puerta", además de la pérdida de productividad con este modelo de recogida selectiva. Con un bajo costo (R\$150,00) para la instalación, el dispositivo de medición redujo el desplazamiento del camión recolector al PEVTEC, es decir, solo cuando la Asociación de Recolectores (AR) recibe el correo electrónico con una alerta de que el PEVTEC está en su capacidad máxima. El costo total del PEVTEC fue de R\$1700,00 (incluyendo R\$150,00 para el sensor), utilizando mano de obra interna para soldar la estructura metálica, que no generó ningún costo. La solución propuesta a través de PEVTEC requiere un punto de energía eléctrica y acceso inalámbrico a internet, pero ofrece plenas condiciones para mejorar la recolección selectiva en el tejido urbano de las ciudades, reducir costos operativos y aumentar la productividad de la asociación.

PALABRAS CLAVES: VDPTEC, Recogida Selectiva, Residuos Sólidos, Sensor, Tecnología de la Información.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna estimulou um grande aumento no desejo de consumo culminando ao aumento da produção de lixo doméstico, que traz grandes problemas ecológicos (ZANIRATO e ROTONDARO, 2016). Os últimos dados oficiais apontam que menos de 10% dos resíduos sólidos domésticos gerados no país seguem para a coleta seletiva (SNIS, 2019).

Embora exista ampla legislação e divulgação nacional sobre a temática dos resíduos sólidos (BRASIL, 1999; BRASIL, 2012), os números indicam que os resultados estão muito aquém do desejado.

Grande parte dos lixos domésticos descartados tem como destino lixões e aterros sanitários, mas muitos destes poderiam ser reaproveitados e reciclados, porém tornam-se

inutilizáveis em seu destino final além de comprometer a qualidade do ar, do solo e de águas próximas devido ao seu grande potencial poluidor (FELIX, 2007). Sem uma reciclagem e uma gerência consciente, os danos poderão chegar a uma proporção que poderá ser devastadora para as próximas gerações (CONCEIÇÃO e SILVA, 2009).

A fim de conservar e preservar o meio ambiente amenizando os impactos do lixo no meio urbano, associações de catadores de resíduos sólidos fazem a reciclagem de materiais. Desta forma, uma grande parte de resíduos que seriam descartados, retornam ao processo produtivo (FEITOSA *et al.*, 2019). Na cidade de Timóteo/MG, a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Timóteo (ASCATI), realiza a coleta, triagem e comercialização de resíduos recicláveis, desta forma, a reciclagem de materiais torna-se também uma fonte de renda para os seus associados (Prefeitura Municipal de Timóteo, 2018).

A Classificação Brasileira de Ocupação (2002) reconheceu a atuação dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis como atividade profissional. No entanto, o reconhecimento da profissão não implicou em melhorias nas condições de vida destes trabalhadores. Segundo o último Censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011), a renda média mensal dos catadores foi de R\$ 561,93, muito inferior aos R\$ 1.271,88 dos demais trabalhadores e pouco acima do salário mínimo vigente no momento do Censo, que era de R\$ 510,00.

Neste contexto, uma coleta seletiva eficaz é essencial para tornar a

reciclagem de resíduos sólidos viável. Dentre os programas de coleta seletiva encontram-se os Pontos de Entrega Voluntária (PEV), que consistem em containers e caçambas identificados para receber resíduos sólidos recicláveis que são gerados em determinada região. Geralmente são alocados em pontos com grande fluxo de pessoas e fácil acesso. Estes pontos de entrega facilitam e reduzem custos na coleta, tornando-os boas soluções para associações de catadores de materiais recicláveis (PEIXOTO e CAMPOS; D'AGOSTO, 2005).

Apesar de seus benefícios, a implantação de PEVs em uma cidade requer certos cuidados. A falta de informação por parte da população faz com que materiais não recicláveis sejam colocados nos PEVs, podendo contaminar os resíduos recicláveis deixando-os não apropriados para seu fim, além disso, o descarte incorreto de resíduos orgânicos atrai insetos podendo representar riscos à saúde (PANIS *et al.*, 2012).

Além destes problemas, os PEVs precisam ser projetados de maneira que facilitem o descarte dos materiais para que os moradores sejam incentivados a fazer o mesmo. Não obstante, a localização e monitoramento dos PEVs são de fundamental importância para que não sejam praticados atos de vandalismo com os mesmos, bem como utilizados para outros fins, como descarte de animais mortos e para uso de entorpecentes, conforme demonstrado por Dias e Mello *et al.* (2019) em seu trabalho.

Mesmo que os pontos de entrega tenham auxiliado a ASCATI com a coleta de resíduos, o mesmo trouxe algumas dificuldades com o transporte

dos mesmos. Periodicamente o PEV situado no CEFET-MG (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais) Campus Timóteo é esvaziado com um caminhão para a coleta, porém devido a entrega de resíduos pela comunidade acadêmica não ser constante, por muitas vezes o ponto tinha poucos resíduos ou estava vazio no momento da coleta. Conseqüentemente o caminhão se deslocava até o PEV desnecessariamente, desperdiçando tempo dos associados e recursos para o transporte.

OBJETIVO

Instalar um Ponto de Entrega Voluntária (PEV) no CEFET-MG Campus Timóteo, bem como a implantação de um dispositivo de medição de nível com comunicação para auxiliar a coleta de resíduos do PEV. Propõe ainda conscientizar a comunidade envolvida quanto a segregação dos resíduos e reduzir os custos operacionais do PEV para fins de benefício da Associação de Catadores de Resíduos Sólidos de Timóteo (ASCATI), com auxílio da Tecnologia da Informação.

2. METODOLOGIA

A implantação do PEV deu-se por etapas. Primeiramente iniciou-se a construção do PEV seguindo preceitos construtivos com vistas à acessibilidade, facilidade para limpeza, ergonomia, minimização dos riscos de acúmulo de água, baixo custo e ao mesmo tempo resistente. Estes detalhes construtivos são importantes para evitar problemas relatados por outros autores, como Dias e Mello *et al.* (2019) e Panis *et al.* (2012).

Em seguida, iniciou-se uma busca

no mercado por um produto que fizesse a medição da quantidade de resíduo no PEV e enviase uma mensagem (informação) à ASCATI. Para esta função, foram encontrados transmissores de nível para sólidos que poderiam ser embutidos em algum sistema, entretanto, seriam necessários muitos recursos para fazer a implantação de um sistema utilizando estes transmissores que tinham preços cotados a partir de R\$ 250,00. Visando uma implementação de um dispositivo simples, mas com funções específicas, decidiu-se por criar este dispositivo.

Estudando a estrutura do PEV e os recursos disponíveis, determinou-se que seria produzido um dispositivo que através de um sensor fizesse medições periódicas e enviase um e-mail para a associação através da rede de internet sem fio disponível no campus. Após a análise do ambiente a ser instalado o sensor, foram desenvolvidos os primeiros protótipos e a realização de testes para então fazer a implantação. Com a idealização do sensor, o PEV Tecnológico modelo CEFETMG campus Timóteo foi denominado "PEVTEC".

A etapa seguinte foi a conscientização por meio de intervenções interativas e lúdicas (figura 1) com a comunidade envolvida, de forma a abordar a legislação vigente, em especial, a Lei N.º12305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e o decreto Federal N.º5940/2006, que estabelece a Disposição Adequada dos Resíduos Sólidos nas repartições públicas Federais (BRASIL, 2006). No presente trabalho, estas intervenções deram-se por meio de instruções de uso do PEVTEC, com *banners* em cada sala do campus e abordagem nas reuniões

escolares. Outros autores também usaram as mídias digitais e panfletos/banners educativos (PINTO, 2016; MELLO, 2018). A escola como ponto de partida de mudança de cultura e conscientização é alvo recorrente em diversos trabalhos que visam incrementar a coleta seletiva (FELIX, 2007; MOURA *et al.*, 2018). A campanha de mobilização incentivou

a segregação dos materiais recicláveis no campus e também a segregação nas respectivas residências de cada membro da comunidade escolar, podendo deixá-los no PEVTEC do campus. Por questões de controle interno, não foi permitido a comunidade do entorno destinar os materiais recicláveis para PEVTEC do campus.

Figura 1: Banner Educativo sobre a operação do PEV



Fonte: autoria própria (2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de 4 meses de operação do PEVTEC em 2019 foram coletados 48m³ de resíduos sólidos não compactados, e em 2020 foram 66m³, mesmo com a suspensão do calendário acadêmico em função da pandemia. O PEVTEC desenvolvido no CEFET-MG campus Timóteo tem capacidade de 12m³ e contorna questões de segurança, acessibilidade, ergonomia, proteção contra eventos de precipitação, resistente (utilização de Metalon, tela fio 14 e telha galvalume) e

boa capacidade de armazenamento (2x2x3m). Dessa forma, a coleta dos resíduos foi centralizada em um PEVTEC com qualidade e segurança operacional, minimizando assim os efeitos deletérios, como relatado por outros autores e que citam até a depredação ou desgaste prematuro (PANIS *et al.*, 2012; DIAS e MELLO *et al.*, 2019). O custo total (material metálico e componentes do sensor) foi de R\$1.700,00, e a mão-de-obra foi sem custos diretos devido aproveitamento de corpo técnico interno.

Outros PEVs já foram instalados em diversas cidades Brasileiras e com custo muito superior, e nem sempre funcionam adequadamente na prática. À título de exemplo, Papa et al., (2019) aborda o custo de 4 diferentes modelos de PEV, com variação de R\$5.460,00 a R\$45.000,00. Gomes (2009), em Florianópolis, chegou ao valor de R\$22.2150,00 de implantação, além de R\$860,00 mensais com custos operacionais, não sendo possível ainda mencionar os custos para coleta dos resíduos. Já no município de Timóteo, em 2017 foi estabelecido um convênio com a Fundação Banco do Brasil, o qual construiu 3 PEV's e outros "ecopontos", no valor de R\$200.000,00 (PMT, 2017; PMT, 2019). Embora a proposta do PEV em Florianópolis e em Timóteo tratar-se de modelos diferenciados de PEV, cabe aqui destacar o baixo valor empenhado para instalação do PEVTEC modelo CEFET-MG. Outros modelos de PEV já foram propostos, ainda que não mencione os valores, mas tinham por objetivo adequar

o PEV à realidade local (SOARES e PENTEADO, 2019). Tais adequações são pertinentes para atender as peculiaridades de cada localidade, inclusive quanto a vandalismo. Papa et al., (2019) mencionam em seu trabalho que 25 dos 150 PEVs foram totalmente destruídos em Salvador – BA no ano de 2018.

O PEVTEC possui um dispositivo de medição de nível de resíduos localizado no teto (em destaque na figura 2), o qual verifica periodicamente a altura em que se encontra o lixo através de um sensor ultrassônico e após detectar que o lixo chegou em seu nível máximo, se conecta à rede sem fio e envia um e-mail à ASCATI informando que os resíduos já podem ser coletados. (Figura 3). O dispositivo também possui LEDs indicadores que sinalizam se está ocorrendo algum erro, se o aparelho se encontra ligado ou se já foi detectado que o PEVTEC está cheio. A figura 4 exibe o produto final desenvolvido.

Figura 2: Ponto de Entrega Voluntária – PEVTEC - instalado do CEFET-MG Campus Timóteo



Fonte: autoria própria(2019).

Figura 3: Captura de tela do e-mail enviado pelo PEVTEC



Fonte: autoria própria (2019)

Figura 4: Dispositivo medidor do nível de resíduos do PEVTEC



Fonte: autoria própria (2019)

A criação deste dispositivo permitiu a ASCATI ter uma alternativa tecnológica para a solução de um de seus problemas na logística por um custo acessível. Após a implementação do dispositivo de medição, a ASCATI envia o caminhão para buscar os resíduos no ponto de entrega voluntária do CEFET-MG Campus Timóteo somente quando se encontra cheio (sensor calibrado para indicar enchimento quando atinge aproximadamente 80% da capacidade), gerando assim economia de combustível e tempo, e conseqüentemente mais renda para os associados. No período de setembro a dezembro/2019 foram destinados 48m³ e houve o enchimento máximo em 4 momentos. Já em 2020, mesmo sem aulas

regulares em função da suspensão do calendário (pandemia), foi coletado 66m³ (foram 6 deslocamentos do caminhão da Associação de Catadores até o campus). Apesar da ausência estudantil, os demais profissionais que se deslocam até o campus adotaram a cultura de destinar os reciclados no PEVTEC. Reitera-se que o campus está localizado na rota da coleta seletiva e que o PEVTEC eliminou o acesso diário do caminhão até o interior do campus para buscar quantidade pífia de resíduos da coleta seletiva, que outrora ficavam dispostos em container de Polietileno (capacidade de 1000L).

A tabela 1 apresenta as vantagens do PEVTEC em relação a outros disponíveis no mercado.

Tabela 1: Comparação entre outros modelos de PEV com o PEVTEC do CEFETMG

Parâmetro	Outros PEVs	PEVTEC modelo CEFETMG
Custo	R\$5.460,00 a R\$45.000,00, por PEV	Abaixo de R\$3.000,00 (preço de mercado com inclusão da mão-de-obra para soldagem da estrutura)
Instalação, Manutenção e operação	Por vezes caminhão Munck, obras de alvenaria e troca de componentes a cada 2 meses (parafusos e outros)	Fácil instalação e não requer manutenção à curto prazo
Vandalismo	Pichação e queima (material construtivo inflamável)	Material não inflamável
Acessibilidade	Alguns requerem caminhão para manuseio e outros com difícil acesso para o trabalhador. Alguns requerem limpeza com equipe especializada	Fácil acesso pelo portão frontal e com resistência mecânica para adentrá-lo. Fácil limpeza dos materiais que eventualmente são mal acondicionados pela população
Volume (m³)	2,3 a 38m ³	12m ³
Robustez e resistência	Vários modelos também resistentes, mas a maioria são de polietileno	Material essencialmente metálico e com resistência ao peso e uso
Segurança do trabalhador e ergonomia	Alguns com difícil acesso e requer equipamentos para manuseio, como caminhão Munck	Fácil acesso e com postura adequada ao trabalho, vindo a ser realizado de forma ereta
Indicação de nível de resíduo ou outra forma de comunicação com o responsável pela coleta dos resíduos	Não encontrado em outros modelos, sendo apenas indicação visual	Sensor de indicação do nível de resíduo e envio automático de um e-mail para a Associação de Catadores quando atinge aproximadamente 80% da capacidade. O PEVTEC requer cuidados para instalação, como rede wi-fi e visibilidade para evitar ações de depreciação

Fonte: autoria própria (2020). Adaptado de Papa et al., (2019) e Bringhenti (2004)

Há de se destacar o viés do ineditismo do presente trabalho, que utiliza da Tecnologia da Informação para reportar uma informação com vistas a atender os aspectos sociais, ambientais e econômicos da supracitada gestão dos resíduos sólidos, inicialmente em "escala piloto". Ainda que com outros objetivos, Costa et al., (2018) utilizou a Inteligência Artificial (IA) para fins de categorizar 400 tipos de resíduos em 4 grandes classes (vidro, papel, metal e plástico), o que demonstra uma forte interação entre as diversas

áreas do conhecimento para fins de resolução de problemas ambientais.

O recebimento de materiais recicláveis no PEVTEC ficou restrita a metal, papel/papelão, plástico e caixa Tetra Park por motivos econômicos, pois nem todos os materiais são facilmente comercializados, embora passíveis de reciclagem. Um exemplo é o vidro, que por ter matéria prima em abundância na natureza, por vezes coletado em regiões com elevada distância de grandes centros urbanos para processamento, e ainda

com restrições de segurança (Souza-Dal Bó, 2019), culmina em barreira comercial no município de Timóteo e região (ASCATI, 2021).

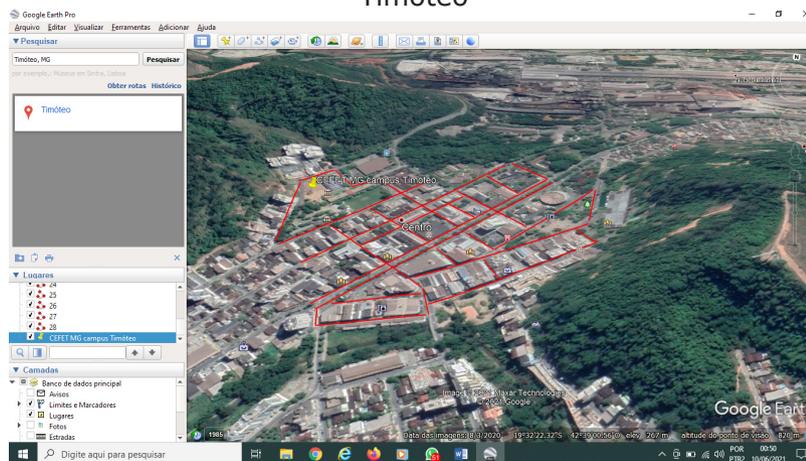
3.1. CUSTOS DO TRANSPORTE E FATORES OPERACIONAIS

Para fins de simulação, foi estimada a economia proporcionada com o PEVTEC em um cenário hipotético do mesmo vir a atender a comunidade do Centro Norte do município, o qual está localizado o campus. O centro norte está a 4,6km da ASCATI e percorrer todas as ruas e avenidas do centro implica em outros 5,4km (figura 5), totalizando 14,6km até o retorno do caminhão para a ASCATI (GOOGLE EARTH, 2021). Considerando 22 dias úteis no mês e que se ao invés circulação porta a porta em todos os logradouros fosse adotado o PEVTEC como ponto de referência, o deslocamento diário do caminhão seria de 9,2km. Com a cotação do Óleo Diesel a R\$4,50, haveria uma economia diária de R\$7,00 com combustível, ou seja, redução de 37,0%, apenas para um dos caminhões e considerando

apenas o PEVTEC instalado no bairro centro norte do município.

A ASCATI tem o custo de R\$3.900,00/mês com combustível e percorre 3300km/mês, sendo o consumo médio dos 2 caminhões de 4km/L. São atendidos com a coleta porta a porta apenas 13 dos 52 bairros do município. Esta gestão é realizada pelo setor de Limpeza Pública da Secretaria de Obras do Município de Timóteo (PMT, 2021). Assim, um conjunto de PEVTEC distribuídos nos bairros contemplados atualmente poderia gerar uma economia significativa para a ASCATI. Os cálculos são conservadores e não levou em consideração a possibilidade de maior consumo de óleo diesel quando se faz o percurso porta a porta. Embora este zoneamento contemple área residencial e comercial, ainda assim é possível estimar a economia com combustível. Outros ganhos correlatos não foram mensurados, como redução de custos com outros componentes mecânicos do caminhão, tempo depreendido para a coleta porta a porta e perda de produtividade.

Figura 5: Centro Norte do município de Timóteo com traçado para determinação do comprimento de todos os logradouros para o cenário de coleta porta a porta. Em destaque a localização do CEFETMG campus Timóteo



Fonte: Google Earth (2021). Adaptado pelos autores.

O custo com combustível representa elevado custo operacional para as Associações de Catadores. Há associações de catadores no Brasil que utilizam “carrinhos” não motorizados (MENDONÇA et al., 2013) ou outras que também utilizam caminhões (CASTRO *et al.*, 2017), mas esta necessidade depende de vários fatores, como o porte do município e infraestrutura da Associação de Catadores. Todavia, há relatos na literatura quanto aos desafios da sustentabilidade financeira dos custos fixos e operacionais para manter a atividade de coleta e transporte com caminhões, e que se não houver volume significativo de comercialização dos materiais, a tendência é de déficit operacional (BAPTISTA, 2015).

et al., (2014), na cidade de Porto, em Portugal, demonstra enfaticamente a necessidade de incrementar os PEVs em detrimento da coleta porta a porta, haja vista a discrepância nos custos comparativos entre a coleta de resíduos mista e a coleta seletiva. À título de exemplo, realizaram a comparação de produtividade e custos entre a coleta mista e coleta seletiva, conforme quadro 1 abaixo. A metodologia de gestão adotada por diferentes municípios e/ou países requer acurado estudo para fins comparativos, todavia, é possível depreender dados interessantes, como o elevado custo da coleta seletiva em comparação com a coleta mista em Porto (Portugal), e ainda a baixa taxa de autossuficiência em um município Brasileiro (escolha aleatória), que é de 16,73% (SNIS, 2019).

Em um estudo realizado por Teixeira

Quadro 1: Comparação entre coleta mista e coleta seletiva em Porto (Portugal) e na cidade de Uberlândia (MG – Brasil)

Porto - Portugal			Uberlândia - MG - Brasil		
Item	coleta mista	coleta seletiva	Item	coleta mista	coleta seletiva
km percorrido para atingir 1t	2,14	16,12	Geração per capita (kg/hab.dia)	0,82	—
Consumo de combustível por tonelada coletada (L/t)	3,96	15,37	massa recuperada per capita (kg/hab. Ano)	—	3,61
Produtividade por trabalhador (t/h)	0,98	0,23	Produtividade (kg/empregado.dia)	2.095,96	—
Custo (€/t)	45,9	241,2	Custo (R\$/t)	148,09	—
Fonte:	Teixeira et al., (2014)		Fonte:	SNIS (2019)	

Adaptado: autoria própria (2021)

Os números sobre a gestão dos resíduos corroboram quanto a necessidade de se avançar em políticas públicas neste setor. Em Timóteo, a autossuficiência financeira também era de 16%, já a coleta

seletiva porta a porta alcançava apenas 29,86% da população. A geração per capita era de 2,63kg/hab.dia, a massa recuperada para coleta seletiva foi de 228,8kg/hab. ano, a produtividade 12.743,21kg/

empregado.dia e o custo de R\$115,10 por tonelada recolhida (SNIS, 2015). Enfatiza-se que os números informados pelas prefeituras ao SNIS requerem aguçado crivo analítico, haja vista as falhas relatadas por outros trabalhos quanto ao preenchimento dos questionários (PUPIN *et al.*, 2015), ou ainda a falta de preenchimento nas edições anuais. Em Timóteo é notória a falha e a inconsistência nas informações enviadas ao SNIS; e o município não forneceu os dados nas 4 últimas edições. Os números induzem a sérios erros de interpretação da real gestão dos resíduos praticados no município. Em 2019, apenas 66,6% dos municípios reportaram os dados ao SNIS (SNIS, 2021).

Já no tocante à rentabilidade dos catadores, em Timóteo o valor é de aproximadamente R\$900,00/mês e tal faturamento inviabiliza o investimento na própria estrutura de produção, o que requer aporte do município e outras instituições não-governamentais para fins de suporte técnico (PMT, 2018). Comparativamente, há enorme diferença relatada em outros trabalhos sobre a variação de renda, que pode atingir até R\$1.500,00/mês (SANTOS, *et al.*, 2018), e tal oscilação ocorre sob diferentes fatores, tais como a colaboração da população envolvida, os equipamentos disponíveis para produção, treinamento da equipe e outros.

O ponto de entrega voluntária oferece ganhos em relação à coleta de "porta a porta", sendo que os números. Em Timóteo não há recursos financeiros ou mesmo de Associados para expandir a coleta seletiva para outros bairros. Ainda assim, a ASCATI produz em média

25t de resíduos ao mês, conforme dados apurados desde 2019 (ASCATI, 2021), o que representa menos de 5% sobre o volume de resíduos sólidos domésticos coletados ao mês e enviados para o Aterro Sanitário.

O critério para adotar a escola ou pontos públicos para a instalação do PEVTEC leva em consideração a segurança ou a minimização dos riscos de vandalismo e a abrangência quanto a circulação do maior número possível de pessoas, como em pontos comerciais estratégicos ou espaços públicos governamentais. Tais critérios também foram sugeridos e relatadas no trabalho de Bringhamti (2004).

Não obstante a todos os números relatados nas mais diferentes literaturas, seja sobre os custos, produtividade, normas jurídicas aplicadas, aspectos sociais das Associações e seus integrantes, dentre outras peculiaridades, poucos avanços serão auferidos na gestão dos resíduos sólidos, principalmente quanto ao incremento da coleta seletiva, se a população deixar de contribuir sistematicamente. Para tal, faz-se necessária a implementação de políticas públicas nos mais diversos segmentos da sociedade, de forma perene (ZON, 2018).

Assim, é notório que o conjunto de ações que nortearam a idealização do PEVTEC contribuíram de forma eficaz para a coleta seletiva de baixo custo e com vistas à produtividade. A expansão deste modelo de PEVTEC em centros urbanos poderá potencializar a coleta seletiva nas cidades, mas é imprescindível a participação da população, em especial, no tocante ao envio dos materiais que realmente são passíveis de reciclagem e com boa comercialização pela respectiva

associação de catadores.

4. CONCLUSÃO

O dispositivo criado para o PEVTEC (sensor) possui um melhor custo benefício em relação às outras soluções encontradas, com o preço cotado em cerca de R\$150,00. Além do baixo custo de implantação, o sensor realiza todo o processo de conectar a rede wireless do campus e enviar o e-mail de indicação de "PEVTEC cheio" para a ASCATI, que por sua vez apenas direciona o caminhão até o campus sob este cenário.

O custo total do PEVTEC foi de R\$1.700,00 em função do aproveitamento da mão-de-obra interna, mas a cotação do mercado é R\$3.000,00. O PEVTEC apresenta ótimas condições operacionais, inclusive sob a ótica da acessibilidade, ergonomia, segurança e resistência ao uso.

Com potencial para reduzir 37% do consumo de combustível, o PEVTEC desponta como boa alternativa para a expansão da coleta seletiva sob as mais diferentes realidades de cada município, pois permite ampliar a malha viária contemplada (bairros) e com menor custo, em detrimento da coleta seletiva porta a porta.

A solução proposta pode ser implantada em outros locais de grande circulação pública desde que possuam energia elétrica e acesso à internet sem fio, preferencialmente em escolas, universidades e demais espaços públicos que favoreçam a operacionalização.

Não obstante, é imprescindível a contínua campanha de conscientização da população

contemplada com o PEVTEC, de forma a assegurar também qualidade do resíduo sólido descartado, dentre outros aspectos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental (IBEAS), ao suporte técnico dos servidores de TI (Tecnologia da Informação) e aos colaboradores que auxiliaram na construção do PEVTEC. Todos do CEFETMG campus Timóteo.

REFERÊNCIAS

ASCATI – Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis do Município de Timóteo – MG. Dados fornecidos pela Associação e pertencentes ao controle/gestão dos Associados e colaboradores. Informação obtida por e-mail e visita *in loco*. 2021.

BAPTISTA, V. F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? *Rev. Adm. Pública* 49 (1), 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rap/a/9cyyqYPkK7jMNxTWSwyQDz/?lang=pt> >. Acesso: 01 Jun. 2021.

BRINGHENTI, J. R. *Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais da participação da população*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2004. (Tese de Doutorado). Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/pt-br.php> >. Acesso em: 25 maio 2021.

BRASIL. Presidência da República. *Lei n.º9795/1999*, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional

- de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília – DF. 2009.
- BRASIL. Presidência da República. *Decreto N° 5940, de 25 de outubro de 2006*. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Brasília – DF. 2006.
- BRASIL. Presidência da República. *Lei N° 12305/2010 de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília – DF. 2010.
- CASTRO, A. M. R.; COIMBRA, E. C. L.; JACOVINE, L. A. G. ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS DA RECICLAGEM PROPORCIONADOS PELOS CATADORES DA ACAMARE EM VIÇOSA-MG. *Anais..., 8° Fórum Internacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: < <http://institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/issue/view/2> >. Acesso: 02 Jun. 2021.
- CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE OCUPAÇÃO. CBO 5192 - *Trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável*. [S.l.]: CBO, 2002.
- CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, O. R. d. *A reciclagem dos resíduos sólidos urbanos e o uso das cooperativas de reciclagem – uma alternativa aos problemas do meio ambiente*. Centro Científico Conhecer-ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Goiânia, v. 5, n. 8, p. 1–16, 2009.
- COSTA, B. S.; et al. Artificial Intelligence in Automated Sorting in Trash Recycling. 2018: *Anais..., XV Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional*. Disponível em: < <https://sol.sbc.org.br/index.php/eniac/article/view/4416/4340> >. Acesso: 08 Jun. 2021.
- DIAS e MELLO, L. C. R. et al. A ineficiência de uma política de educação ambiental na implementação de ponto de entrega voluntária (PEV). *Anais..., 2° Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*. 2019. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/III-103.pdf> >. Acesso: 03 Jul. 2020.
- FEITOSA, B. J. C. de S. et al. Gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Teresina-PI por meio dos pontos de recebimento de resíduos. *Anais..., X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. 2019. Disponível em: < <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2019/III-117.pdf> >. Acesso: 07 Jul. 2020.
- FELIX, R. A. Z. Coleta seletiva em ambiente escolar. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 18, 2007. Disponível em: < <https://www.seer.furg.br/remea/article/view/3321> >. Acesso: 04 Jun. 2021.
- GOOGLE EARTH. Mapa disponibilizado na plataforma do Google EARTH. Destaque para a região onde está inserido o CEFETMG campus Timóteo (centro da cidade). Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/> >. Acesso: 01 Jun. 2021.
- GOMES, C. O. M. B. *PROPOSTA DE UM PONTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO*

- CONTINENTAL DE FLORIANÓPOLIS. Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2009. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124455/167.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: 14 de Nov. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2010*. [S.l.]: IBGE, 2011.
- MELLO, VANESSA CAETANO. *Os desafios da coleta seletiva em Santo Ângelo, Rio Grande do Sul*. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFC, como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos. 2018. Disponível em: <<http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1340/1/VANESSA%20CAETANO%20MELLO.pdf>>. Acesso: 14 de Nov. 2019.
- MOURA, MARINDIA DA SILVEIRA; SILVA, MILENA FONTOURA; ZAPPE, ANA LETÍCIA; MORAES, JORGE ANDRÉ RIBAS. Alternativas para a promoção de uma gestão mais eficiente, inclusiva e rentável em uma cooperativa de materiais recicláveis em Rio Pardo-RS. *X Salão de Ensino e Extensão. XXV Seminário de Iniciação Científica*. Universidade de Santa Cruz do Sul – RS. 2018. Disponível em: < <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semic/article/view/18394> >. Acesso: 13 Nov. 2019.
- PANIS, S. et al. A coleta seletiva realizada pela prefeitura através de pontos de entrega voluntária em Teresina, PI. *III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO*. 2012. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/III-037.pdf>>. Acesso: 04 Jul. 2020.
- PAPA, A. P. O.; SILVA, J. S.; SANTANA, S. J. Estudo comparativo entre equipamentos visando à redução do vandalismo nos pontos de entrega voluntária de recicláveis. *Rev. Bras. Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, vol. 6, n. 13. 2019. Disponível em: < <http://revista.ecogestaobrasil.net/v6n13/v06n13a11.pdf> >. Acesso: 14 Nov. 2019.
- PINTO, MARCELLA BERNARDO. *Implantação de um Programa de Coleta Seletiva: Uma Pesquisa-Ação na cidade de São Lourenço, Minas Gerais*. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/437>>. Acesso: 14 de Nov. 2019.
- PEIXOTO, K.; CAMPOS, V. B. G.; D'AGOSTO, M. d. A. *A coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2005.
- PMT – Prefeitura Municipal de Timóteo. *Prefeitura de Timóteo realiza reuniões para dar início aos Pontos de Entrega Voluntária*. 2017. Disponível em: <<http://www.timoteo.mg.gov.br/noticias/3666/nfse.aspx>>. Acesso: 15 Nov. 2019.

- PMT - PREFEITURA MUNICIPAL DE TIMÓTEO. *ASCATI busca melhorias de gestão*. 2018. Disponível em: <<https://www.timoteo.mg.gov.br/noticias/5857/ascati-busca-melhorias-de-gestao>>. Acesso em: 03 de jun. de 2020.
- PMT - PREFEITURA MUNICIPAL DE TIMÓTEO. *Seminário discute avanço da coleta seletiva em Timóteo*. 2019. Disponível em: <<http://www.timoteo.mg.gov.br/noticias/11559/seminario-discute-avanco-da-coleta-seletiva-em-timoteo>>. Acesso: 15 Nov. 2019.
- PMT - PREFEITURA MUNICIPAL DE TIMÓTEO. Informações sobre a ASCATI e geridas pela Secretaria de Obras - setor de Limpeza Urbana. Dados informados por e-mail. 2021.
- PUPIN, P. L. F.; BRUMATTI, L. M.; BORGES, A. C. G. ANÁLISE DOS DADOS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS BASES DA PNSB E DO SNIS. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 03, n. 21, pp. 17-34. 2015. Disponível em: <https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1151>. Acesso: 07 Jun. 2021.
- SANTOS, C.; et al. PERFIL SOCIOECONÔMICO DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS-RS. *Revista Extensão em Foco*, nº 15, Jan/ Jul (2018). Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Marlon-Vasconcelos/publication/323001248_PERFIL_SOCIOECONOMICO_DE_CATADORES_DE_MATERIAIS_RECICLAVEIS_DE_UM_PEQUENO_MUNICIPIO_NO_NOROESTE_DO_RIO_GRANDE_DO_SUL/links/5b06ec3f4585157f870acc0e/>
- PERFIL-SOCIOECONOMICO-DE-CATADORES-DE-MATERIAIS-RECICLAVEIS-DE-UM-PEQUENO-MUNICIPIO-NO-NOROESTE-DO-RIO-GRANDE-DO-SUL.pdf>. Acesso: 08 Jun. 2021.
- SOARES, J. B.; PENTEADO, C. S. G. Concepção de um Modelo de Ponto de Entrega Voluntária de Materiais Recicláveis e a Inclusão Social de Pessoas da Maior Idade. *XXVII Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP*. 2019. Disponível em: <<https://econtents.bc.unicamp.br/eventos/index.php/pibic/article/view/1918/1977>>. Acesso: 07 Jun. 2021.
- SOUZA-DAL BÓ, G. C. *ESTUDO DA CADEIA DE RECICLAGEM DE VIDRO: PERSPECTIVAS PARA OS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA (AMREC) A PARTIR DA ECONOMIA CIRCULAR*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/6947/1/GI%c3%a1ucia%20Cardoso%20de%20Souza-Dal%20B%c3%b3.pdf>>. Acesso: 08 Jun. 2021.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2015*. Dados relativos ao Diagnóstico do manejo de resíduos Sólidos urbanos. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>>. Acesso: 07 de Jun. 2021.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico do manejo de Resíduos*

- Sólidos Urbanos - 2019*. Dados relativos ao Diagnóstico do manejo de resíduos Sólidos urbanos. Edição de 2021. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>>. Acesso: 07 de Jun. 2021.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2017*. Edição 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso: 07 Jun. 2021.
- TEIXEIRA, C. A.; RUSSO, M.; MATOS, C.; BENTES, I. Evaluation of operational, economic, and environmental performance of mixed and selective collection of municipal solid waste: Porto case study. SAGE JOURNALS, *Waste Management & Research*, 2014. Disponível em: <https://s.b.m///10.1177/0734242X14554642?casa=_0isnThjniTw2lmjSFKpsW23t22tKL7OW6WSW>. Acesso: 02 Jun. 2021.
- ZANIRATO, S. H.; ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. *Estudos Avançados, SciELO Brasil*, v. 30, n. 88, p. 77-92, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/37mRh8hrkJkjGqk3yYX3qG/?lang=pt>>. Acesso: 04 Jul. 2020.
- ZON, J. L. N. *AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PROGRAMAS MUNICIPAIS DE COLETA SELETIVA E ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DO ESPÍRITO SANTO*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10902/1/tese_12489_DISSERTA%C3%87%C3%83O%20FINAL%20-%20JESSICA%20LUIZA%20NOGUEIRA%20ZON.pdf>. Acesso: 02 Jun. 2021.

Uso de Tecnologias Sociais para Tratamento de Efluentes Domiciliares em Propriedade Rural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Ugrhi Tietê-Jacaré - Sp)

Social Technologies' s use for Household Wastewater Treatment in Rural Property of Ribeirão do Feijão Hydrographic Basin (Ugrhi Tietê-Jacaré - SP)

Uso de Tecnologías Sociales para Tratamiento de Desechos Domiciliarios nn Propiedades Rurales de la Cuenca Hidrográfica del Ribeirão do Feijão (Ugrhi Tietê-Jacaré - SP)

Larissa Ferreira

Bacharel Gestão e Análise Ambiental
Educadora Ambiental na Fubá Educação Ambiental
larissa10ferreira@gmail.com

Karielle Ferreira da Silva

Bacharel em Gestão e Análise Ambiental - UFSCar
karielleferreira@gmail.com

Bene E. M. de Camargo

Mestrando em Eng. Urbana PPGEU_UFSCar e Gestão e Tecnologia em Saneamento Ambiental.
bn.camargo@gmail.com

Lucas S. Morales

Bacharel em Gestão e Análise Ambiental
lucs.morales@gmail.com

Pedro Bergamo Toledo

Graduando em Gestão e Análise Ambiental_UFSCar
53361420p@gmail.com

Renata B Peres

Doutora em Engenharia Urbana pela UFSCar
Profa. Dep. de Ciências Ambientais_UFSCar
renataperes@ufscar.br

RESUMO

O saneamento básico promove diversos impactos na qualidade de vida da população. No Brasil, a coleta e tratamento de esgoto apresenta um elevado déficit, principalmente em áreas periféricas e rurais, devido à carência de infraestrutura para tratamento. As tecnologias sociais são alternativas para o atendimento dessas carências, pois caracterizam a efetividade e a reaplicação, além de agrupar o saber popular, organização social e conhecimento técnico-científico. Nesse sentido, este trabalho visa apresentar tecnologias sociais viáveis para o tratamento de efluentes domésticos nas habitações do sítio Manacá, localizado em São Carlos (SP). Os métodos adotados foram visitas de campo, onde realizou-se o levantamento de fatores ambientais referentes aos locais potenciais de instalação dessas tecnologias, além da revisão bibliográfica para levantamento das características dos sistemas de tratamento para uma avaliação criteriosa em que foi indicado ao menos um tipo de sistema de tratamento por unidade habitacional. Como resultados, temos que as tecnologias que apresentaram alto potencial de utilização, levando em consideração o custo, facilidade de instalação e manejo, além da geração de bônus, foram o vermifiltro somado ao círculo de bananeiras para água negra e o círculo de bananeiras para água cinza. A necessidade de cuidar das saídas de água se dá também a fim de evitar que a água cause erosão. Para tanto, simples contenções físicas podem ser exploradas, a fim de facilitar a infiltração. Pesquisas e trabalhos relacionados ao saneamento rural descentralizado são fundamentais para ampliar as técnicas, conhecimentos e saberes, garantindo melhores condições ambientais e de saúde.

Palavras-chave: Planejamento ambiental rural; Qualidade de vida; Saneamento rural descentralizado.

ABSTRACT

Basic sanitation has several impacts on population's quality of life. In Brazil, sewage collection and treatment has a high deficit, mainly in peripheral and rural areas, due to the lack of infrastructure for treatment. Social technologies are alternatives to deal with these needs, as they characterize effectiveness and reapplication, in addition to connect popular knowledge, social organization and technical-scientific knowledge. In this way, this work aims to present viable social technologies for the treatment of domestic effluents in Manacá site's houses, located in São Carlos (SP). The methods adopted were field visits, where the survey of environmental factors related to the potential places of installation of these technologies were carried out, and also a bibliographic review to survey the characteristics of the treatment systems for a careful evaluation in which at least one type of treatment system was indicated per housing unit. As results, the technologies that showed high potential for use, taking into account the cost, ease of installation and management, in addition to the generation of bonuses, were the vermifilter connected to the banana circles for blackwater and the banana circles for greywater. The need to take care of water outlets is also in order to prevent water from causing erosion. Therefore, simple physical restraints can be explored to facilitate infiltration. Researches and studies related to decentralized rural sanitation are fundamental to expand techniques and knowledge, ensuring better environmental and health conditions.

Keywords: Rural environmental planning; Life quality; Decentralized rural sanitation.

RESUMEN

El saneamiento ambiental básico promueve variados impactos en la calidad de vida de la población. En Brasil, la recogida y tratamiento de líquidos cloacales presenta un alto déficit, sobretudo en áreas marginales y rurales, debido a carencia de infraestructura para tratamiento. Las tecnologías sociales son alternativas para el atendimento de esta carencia, una vez que caracterizan la efectividad y la aplicación, además de agrupar saber social, organización social y conocimiento tecno-científico. En esa perspectiva, el presente trabajo visiona presentar tecnologías sociales viables para el tratamiento de desechos domiciliarios en viviendas del rancho Manacá, ubicado en São Carlos (SP). Los métodos adoptados fueran: visitas in situ, en las cuales se realizó el aporte de factores ambientales concernientes a los potenciales sitios para la instalación de las tecnologías; además de la revisión bibliográfica, aplicada en el aporte de las características de los sistemas de tratamiento según una evaluación criteriosa en la cual se indicó al menos un tipo de sistema de tratamiento por unidad domiciliario. Como resultados, se constata que las tecnologías que presentan alto potencial de aplicación, considerando el costo, la facilidad de instalación y manoseo, y la generación de extras, fue el vermifiltro instalado junto al círculo de bananos para el tratamiento de aguas negras y al círculo de bananos para aguas grises. La necesidad de atención a la salida de agua es importante para que no haya erosión de suelo. Por lo tanto, simples contenciones físicas pueden ser adoptadas, con el intuito de optimizar la infiltración. Investigaciones y trabajos que se relacionan con el saneamiento ambiental rural descentralizado son fundamentales para la ampliación de técnicas, conocimiento y saberes, y pueden garantizar mejores condiciones ambientales y de salud.

Palabras-Clave: Planeación ambiental rural; Cualidad de vida; Saneamiento ambiental básico descentralizado.

1. INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico podem promover diversos impactos na qualidade de vida e na saúde da população, assim como na proteção do meio ambiente (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). No Brasil, a coleta e o tratamento de esgoto são setores que apresentam elevados déficits de atendimentos, principalmente em áreas periféricas das cidades. Contudo, são nas áreas rurais onde está concentrada a população mais carente de serviços (GALVÃO JUNIOR, 2009).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS, 2018), em 2016, o índice médio de atendimento com rede de esgotos foi de 51,9%. Já o índice de atendimento urbano com rede de esgotos, esse valor equivale a 59,7%. O impacto da falta do saneamento básico sobre a saúde vem se tornando cada vez mais frequente, principalmente nas comunidades mais carentes (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Na zona rural, a situação da coleta e tratamento de esgoto é ainda mais alarmante devido a carência de infraestrutura para o tratamento (PERES; HUSSAR; BELI, 2010). De acordo com dados da Funasa (2018), a situação do esgotamento sanitário, considerado adequado, nas áreas rurais no Brasil corresponde a apenas 17,1%.

Como o uso convencional de coleta e tratamento de esgoto doméstico geralmente são inviáveis nas áreas rurais, comumente acarreta em fossas rudimentares, valas, disposição em rios e lagos ou diretamente no solo (SILVA; MOREJON; LESS, 2014). Segundo Silva, Morejon e Less (2014), essas alternativas são potenciais contaminadores da água e do solo, principalmente pela ausência da impermeabilização do solo, o que impediria o contato do esgoto neste e conseqüentemente, no lençol freático. As principais conseqüências da falta de saneamento nas áreas rurais são a exposição da população a doenças que provêm do consumo de

alimentos e água contaminada pelo esgoto doméstico (PERES ; HUSSAR ; BELI, 2010; SILVA; MOREJON; LESS, 2014).

Peres, Hussar e Beli (2010) apontam a necessidade de tecnologias para evitar a disposição incorreta de efluentes domésticos nas áreas rurais. Nesse sentido, as tecnologias sociais são importantes alternativas para o atendimento das carências das populações rurais em relação ao esgotamento sanitário.

As tecnologias sociais apresentam como características a efetividade e a reaplicação, além de agrupar o saber popular, organização social e conhecimento técnico-científico (MARQUES, 2010). São aplicadas em determinados locais visando a resolução de problemas, como por exemplo, o tratamento de esgoto, em que evidencia-se a participação ativa da comunidade para a solução de problemas que os afetam (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Cerca de 75% dos domicílios localizados na área rural do Brasil adotam sistemas inadequados de esgotamento sanitário, pois a implantação e utilização das tecnologias convencionais de coleta, transporte e tratamento de efluentes domésticos da área urbana, são ineficientes. O que leva as famílias a recorrerem às alternativas que lhes são acessíveis, como tecnologias sociais, fossa séptica, círculo de bananeiras, vermifiltro, quando não, adotam tecnologias rudimentares, como fossa negra, valas, disposição em rios e lagos ou diretamente no solo (SILVA; MOREJON; LESS, 2014).

A relação das ações de saneamento com o meio ambiente merece atenção, pois deve buscar e assegurar

o equilíbrio do ecossistema em um meio ambiente favorável à vida humana e de outros seres vivos, pois é através da ciclagem de nutrientes que há o controle da poluição da água, do solo e do ar. Ademais, as tecnologias sociais de saneamento têm uma vinculação direta com a saúde e a qualidade de vida das pessoas.

Este trabalho tem como finalidade apresentar os tecnologias sociais mais adequadas para o tratamento de efluentes domésticos em habitações localizadas no Sítio Manacá em São Carlos (SP), considerando o diagnóstico do tratamento de efluentes já existente, as características ambientais do entorno e as potencialidades locais.

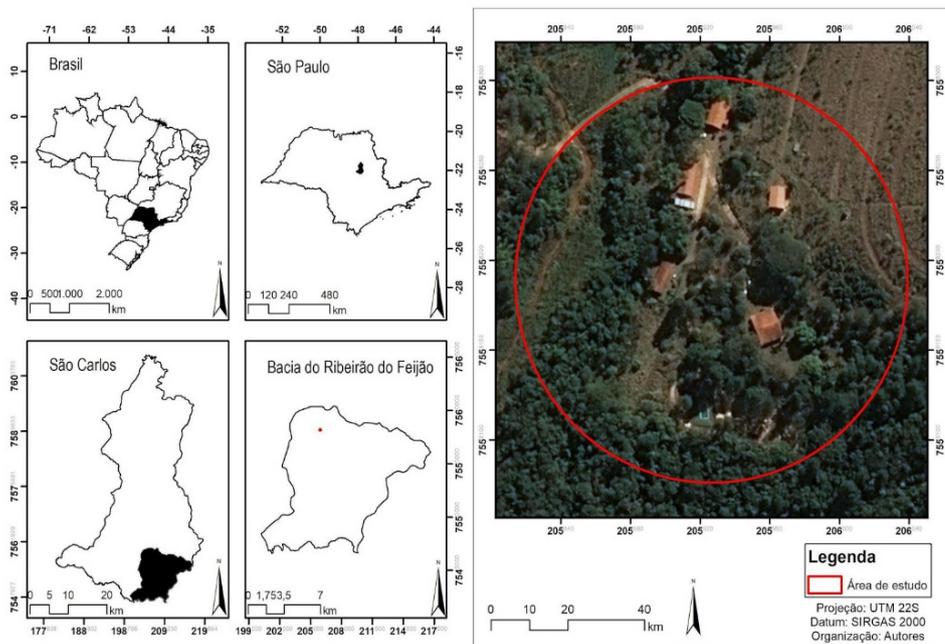
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho compreende as unidades habitacionais e seu entorno, situados na propriedade do sítio Manacá (Figura 1), pertencente ao município de São Carlos (SP), distante 230 quilômetros a noroeste da capital do Estado. A área também é parte da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão, que por sua vez, está inserida na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, correspondente a uma das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 13) do Estado de São Paulo. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão é de grande representatividade para o município, pois integra a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APREM), que é responsável por uma parcela do abastecimento hídrico captado superficialmente (FREITAS; SANTOS, 2020).

O sítio Manacá possui cerca de 14,5 ha, onde apresentam-se 6 unidades habitacionais (1 - Chegança + Osmarijuana, 2 - Barracão, 3 - Recanto, 4 - da Mata, 5 - Verde e 6 - Boa Vista) e 6 núcleos familiares que formam a comunidade de 12 moradores.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2019).

2.2 APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA PROPOSIÇÃO DOS SISTEMAS MAIS ADEQUADOS

Os métodos adotados foram as visitas de campo para a área de estudo, as quais foram possíveis realizar o levantamento de fatores ambientais referentes aos locais potenciais de instalação das tecnologias sociais, além de uma revisão bibliográfica para o levantamento das características dos sistemas de tratamento para uma avaliação criteriosa em que, a partir da combinação de fatores ambientais e características dos tratamentos, foi indicado ao menos um tipo de

sistema de tratamento por unidade habitacional.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS

Tipo de resíduos tratado: Foi realizada a separação em 2 tipos de resíduos, sendo eles: águas negras, aquelas provenientes da descarga do vaso sanitário; e águas cinzas, aquelas provenientes do chuveiro, pias de banheiro, cozinha e lavanderia.

Área necessária: Áreas para tratamento de até 5 pessoas que serão usadas como padrão. Projetar

um sistema para menos pessoas pode implicar em questões de subdimensionamento, seja pelo aumento da família ou questões como o recebimento de visitas.

Manutenção: Sistemas descentralizados, em suas especificidades, requerem alguma frequência de manutenção. A avaliação dessa característica junto às pessoas que utilizarão o sistema é muito importante para o bom funcionamento e longevidade do sistema.

Custo: O custo do material necessário para a construção do sistema utilizado foi com base em materiais novos. Entretanto, há a possibilidade de se buscar materiais em lojas de materiais de demolição, ecopontos ou similares, o que pode reduzir drasticamente tais custos. Os custos foram classificados como: Baixo (até R\$ 500,00); Médio (até R\$ 1500,00); e Alto (até R\$ 2500,00).

Fluxo comportado: Quantidade máxima de pessoas que o sistema atende e possibilidade ou não de ampliação do sistema. Por exemplo: sistemas semicoletivos podem ser dimensionados para o atendimento de mais de uma unidade habitacional, já os unifamiliares, não.

Demanda por fotoperíodo: Necessidade ou não de luz para um bom funcionamento do sistema, visto que alguns deles utilizam plantas que podem demandar incidência solar para seu crescimento.

Resposta a declividade: Limitação ou favorecimento do processo de instalação dos sistemas, em resposta a declividade, por conta da área requerida pela tecnologia (grandes áreas em declive vão demandar

trabalho de nivelamento do terreno) e das alturas de entradas e saídas dos efluentes no sistema (valas mais ou menos profundas para transporte dos efluentes, o que requer mais ou menos trabalho). As variáveis respostas para esta característica foram: Limitada (tecnologia cuja instalação é dificultada em declividades acima de 30° (~58%); Neutra (tecnologia indiferente à declividade); e Favorecida (tecnologia cuja instalação é facilitada por declividade acima de 30°).

Ônus: Geração de produtos residuais (lodo) que demandem encaminhamento específico.

Bônus: Geração de algum produto positivo durante o processamento dos efluentes, classificados em: Material Orgânico (bananas e folhas de taioba, passíveis de consumo; flores ornamentais, para venda; biomassa em geral, para poda); Composto Líquido (efluente tratado e passível de ser seguramente encaminhado para irrigação de árvores frutíferas); e Composto (húmus de minhoca passível de adubar árvores, incluindo frutíferas).

2.2.2 FATORES AMBIENTAIS

Quantidade de fotoperíodo: Avaliação da quantidade de incidência solar no ponto de saída do efluente, classificada em: Baixa (menos de 2 horas); Média (de 2 à 6 horas); e Alta (mais de 6 horas).

Declividade do terreno: Avaliação da declividade no ponto de saída do efluente, classificada em: Baixa (menor que 15° (~28%); Média (entre 15° e 45°); e Alta (maior que 45° (100%)).

Caminho de água: Por se tratar

de um local que apresenta grande fragilidade quanto a erosão, foi adotado esse parâmetro para avaliar a viabilidade de instalação dos sistemas de tratamento nos locais onde estão posicionadas as saídas de efluentes.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES VIGENTE

Para conhecer os tipos de tratamento das unidades habitacionais foram realizadas entrevistas com os moradores e visita in loco para conhecer o seu histórico e verificar quais são os tipos de tecnologias utilizadas para a disposição do esgotamento doméstico.

2.4 TECNOLOGIAS SOCIAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Para a escolha das tecnologias sociais foi utilizado como referencial o livro "Tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas: referencial para escolha de soluções", elaborado pelo projeto Saneamento Rural da FEC/UNICAMP. Este apresenta um compêndio com um rol de tecnologias passíveis de serem implantadas em comunidades rurais ou isoladas (TONETTI et al., 2018).

2.5 IDENTIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL CONVENIENTE

Foram realizados croquis para cada unidade habitacional. Nestes esboços identificou-se as características físicas do ambiente que foram apontadas anteriormente. Estes parâmetros atuaram como excludentes dos tipos de tecnologias elencadas da revisão bibliográfica, apresentados na Tabela 2. Do montante de tecnologias de tratamento que permaneceram,

buscou-se indicar ao menos 3 tecnologias segundo os critérios: área necessária, manutenção, fatores ambientais, custo e a ordenação elencada e discutida pelos autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS E ESTADO ATUAL DO TRATAMENTO DE EFLUENTES A PARTIR DE VISITA IN LOCO E CONVERSA COM MORADORES

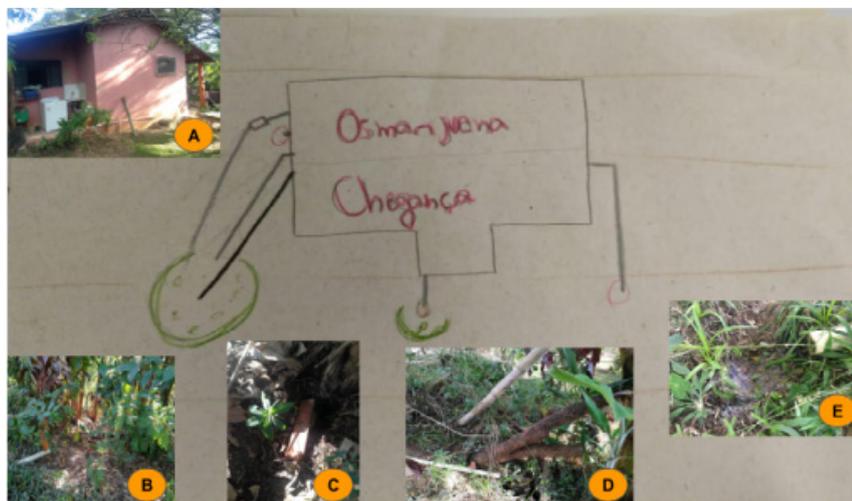
3.1.1 CASA DA CHEGANÇA + OSMARIJUANA

Trata-se da casa usualmente ocupada pelos "cuidadores do sítio", sendo que ela foi dividida ao meio e hoje abriga duas famílias de três pessoas, sendo dois adultos e uma criança (Figura 2). Uma das famílias ainda está em processo de mudança.

Cada metade possui um banheiro, sendo a água negra despejada pela mesma tubulação em local onde foram plantadas algumas bananeiras (letra B), o que diminui o impacto negativo, mas não é considerada como tecnologia social para tratamento adequado do efluente. Já as águas cinzas estão separadas em outras cinco saídas, sendo: de uma cozinha com passagem por caixa de gordura e destinação final nas bananeiras (letra B), bem próximo à saída de água negra; de uma cozinha destinada em local trabalhado e com uma bananeira plantada junto ao despejo (letra D); uma saída de água de lavanderia (máquina de lavar e tanque) recém construída e com despejo superficial no solo (letra A); de um banheiro, destinada às bananeiras próximas da saída de água negra (letra B); e de outro

banheiro, despejada superficialmente em terreno com declividade baixa e na grama (letra E). A casa e suas respectivas saídas se encontram em terreno com declividade baixa e médio fotoperíodo.

Figura 2: Croqui da Casa da Chegança + Osmarijuana com fotos.



Fonte: Aatoria própria (2019).

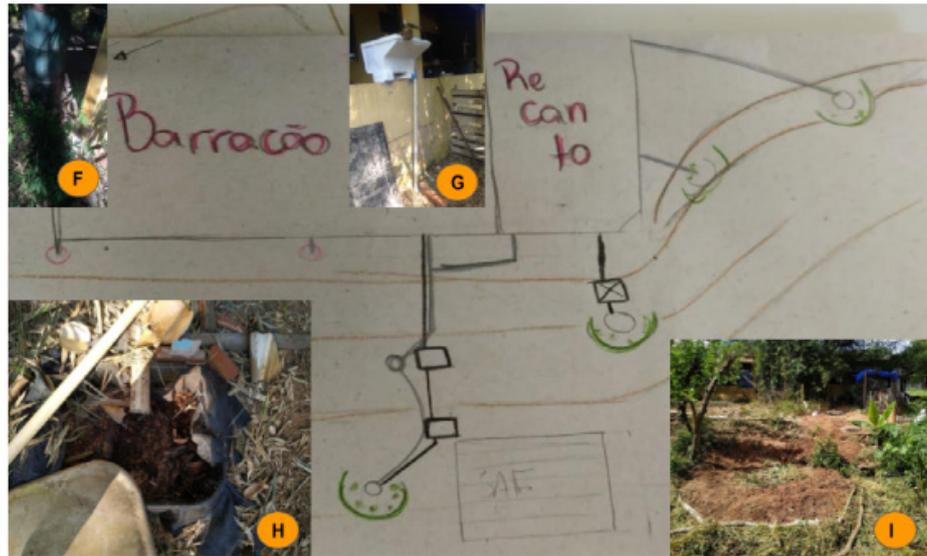
3.1.2 BARRACÃO

Consiste em um espaço comunitário com infraestrutura para acomodação de visitas e grupos (Figura 3). Existe aqui uma particularidade quanto a continuidade e quantidade do despejo dos efluentes. Sendo uma unidade em que não há pessoas residindo, pode haver grande espaçamento entre intervalos de uso (mais de uma semana), assim como o fato do espaço receber grupos para vivências, por exemplo, acarretando em volumes grandes de descargas em um mesmo dia.

Essa unidade possui dois banheiros, cujos efluentes são tratados, separadamente: para a água negra, um sistema de duas caixas de vermifiltro ligadas em série, favorecidas por declividade média (mais ou menos 30°) do terreno e com destinação final da água tratada

para um círculo de bananeiras (letras G e I), favorecido por fotoperíodo classificado médio e alto; já a água cinza passa por uma caixa de gordura e pode ser direcionada tanto para uma área de plantio agroflorestal já estabelecido, quanto para o círculo de bananeiras mencionado. Além disso, foram encontradas mais duas saídas de água cinza, que encaminham a água de uma pia de cozinha interna com passagem por caixa de gordura (letra F) e outra externa, com despejo final superficial e boa estrutura física de contenção do efluente (letra G). Essas duas saídas se encontram em local com baixo fotoperíodo e declividade média, além de proximidade de cerca de 15 (cozinha interna) e 5 metros (cozinha externa) com a tubulação que destina a água cinza dos banheiros para caixa de gordura, posteriormente destinada para irrigação de plantios.

Figura 3: Croqui do Barracão com as fotos.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.3 CASA DO RECANTO

A princípio, onde hoje é a casa do Recanto, foram construídas duas kitnets - quarto/sala com banheiro e cozinha - onde um dia havia sido um dos lados da varanda do barracão (Figura 4). Com o passar do tempo e algumas passagens de moradores, até então sempre ocupando apenas uma kitnet por vez. O espaço foi se transformando, até que uma família passou a ocupar os dois espaços e após uma série de reformas, transformou as antigas kitnets em um único lugar para chamar de lar.

A água negra dos dois banheiros se conecta e vai para uma fossa caipira, onde a família que reside na casa pretende fazer um sistema de tratamento com uma caixa de vermifiltro e destinação final para um círculo de bananeiras (letras J e

K). Tais opções de tecnologias foram escolhidas por conta da declividade média do terreno e quantidade de fotoperíodo que contempla a necessidade das bananas. Quanto às águas cinzas, são três saídas: uma delas se conecta à tubulação de água cinza dos banheiros do barracão, passando por uma caixa de gordura e sendo destinada para irrigação dos plantios da família, e contém a água dos banheiros e da lavanderia; a segunda advém da pia e chuveiro do banheiro e pia do quarto, e é direcionada para um círculo de bananeiras já construído, mas que apresenta necessidade de manutenção e, talvez, redimensionamento (letra M); a última saída é em um círculo de bananeiras ainda não finalizado, cujo efluente vem da pia da cozinha (letra L).

Figura 4: Croqui da Casa do Recanto com as fotos.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.4 CASA DA MATA

Casa que abriga um casal, contendo 1 banheiro e 3 pontos de despejo de efluentes (Figura 5), todos eles precisam de cuidado, visto que se encontram próximos de áreas com alta declividade, sem contenção apropriada e próximas ao rio que existe na propriedade.

A água negra é destinada para fossa caipira em condições precárias, inclusive apresentando necessidade de manutenção, devido à proximidade da tubulação com o "nível" dos resíduos da fossa. O morador da casa contou também que essa tubulação

entope com certa frequência, o que ele acha que pode ser ocasionado por raízes de árvores adentrando por ela. A quantidade de luz nessa saída é baixa e existe um "platô" em volta da área da fossa, estando ela em uma área de declividade baixa, mas a poucos passos de um barranco bem íngreme. Já as águas cinzas estão divididas entre a água que sai da cozinha (letra O), destinada para um ponto com quantidade de fotoperíodo e declividade médias; e água do banheiro e lavanderia, despejadas em um barranco de alta declividade e baixa quantidade de incidência solar (letra N).

Figura 5: Croqui da Casa da Mata com as fotos.



Fonte: Autoria própria (2019).

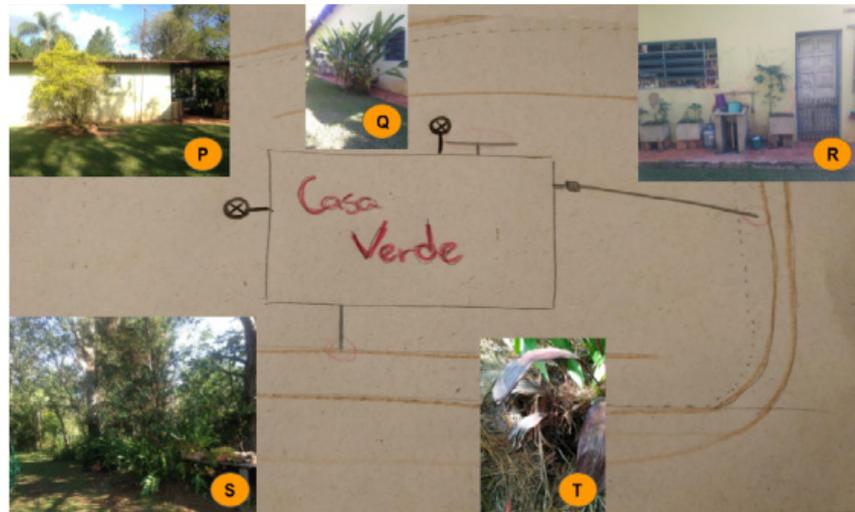
3.1.5 CASA VERDE

Casa em que reside apenas uma pessoa. Apesar disso, a casa possui três banheiros e cinco pontos de descarte de efluentes (Figura 6).

São duas saídas de água negras, sendo que uma comporta o fluxo de dois banheiros (letra P), e a outra, do terceiro banheiro (letra Q). Seus destinos são fossas caipiras cercadas por estrutura de alvenaria sem fundo, ou seja, que infiltram no solo sem tratamento. Essas estruturas possuem tampa e estão enterradas, possuindo inclusive grama plantada por cima. Ambas saídas possuem média quantidade de fotoperíodo e

declividade baixa. Restam, portanto, três saídas de água cinza: uma delas é do tanque, que é destinada a uma "espécie de vala de infiltração" (letra R), que recebe a água e permite que ela infiltre na grama; a segunda saída é da água da cozinha, que passa por uma caixa de gordura e é destinada para uma área de declividade alta e baixa quantidade de fotoperíodo (letra Y); a terceira saída provém dos três banheiros e é destinada para um nicho de plantas localizada em uma área de média/alta declividade e pouca incidência solar, devido às plantas que existem em sua volta (letras T e S).

Figura 6: Croqui da Casa Verde com as fotos.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.6 CASA BOA VISTA

Casa que se encontra ainda com alguns detalhes para serem cuidados antes que os 2 moradores possam passar a ocupá-la de fato (Figura 7).

A casa possui um banheiro e "apenas" dois pontos de saída de água. Ambos foram pensados mais ecologicamente e, portanto, não possuem descarte

de efluentes diretamente no solo. O ponto que recebe a cinza é um círculo de bananeiras que carece de manejo (letra U). Já a água negra, está sendo encaminhada para uma bombona de 200 litros que funciona como uma espécie de tanque séptico (letra V), onde a parte mais pesada do efluente se decanta e a parte mais leve (líquida), segue para dois tanque de fibrocimento de igual

funcionamento (letra W), mas que ao encher, permite que o líquido (muito provavelmente com uma DBO minimamente reduzida e menos carga biótica de patógenos) esorra por sua lateral e caia no solo. Ambas saídas de efluentes se encontram em pontos com alta quantidade de fotoperíodo e declividade média.

Figura 7: Croqui da Casa Boa Vista com as fotos.



Fonte: Autoria própria (2019).

A Tabela 1, apresentada na panorama das saídas de águas das seqüência, aponta uma síntese do unidades habitacionais.

Tabela 1: Síntese das condições das saídas de Fonte: Autoria própria (2019).

ID	Unidade	Nº de moradores	Nº de saídas	Saída	Água	Quantidade de fotoperíodo	Declividade do terreno	Estado atual
B1	Chegança + Osmarijuana	6	6	1	cinza	Média	Baixa	círculo de bananeira
A				2	cinza	Média	Baixa	sem tratamento
B2				3	cinza	Média	Baixa	círculo de bananeira
C				4	negra	Média	Baixa	círculo de bananeira
D				5	cinza	Média	Baixa	círculo de bananeira
E				6	cinza	Média	Baixa	sem tratamento
F	Barração	-	4	1	cinza	Baixa	Média	sem tratamento
G				2	cinza	Baixa	Média	sem tratamento
H				3	negra	Média	Média	vermifiltro + círculo de bananeiras
I				4	cinza	Média	Média	círculo de bananeira
M	Recanto	3	4	1	cinza	Média	Alta	círculo de bananeira
I				2	cinza	Média	Alta	círculo de bananeira
JK				3	negra	Média	Média	fossa negra
L				4	cinza	Média	Média	círculo de bananeira

O				1	cinza	Média	Alta	sem tratamento
X	Mata	2	3	2	negra	Baixa	Baixa	sem tratamento
N				3	cinza	Baixa	Alta	sem tratamento
ST				1	cinza	Baixa	Alta	sem tratamento
R				2	cinza	Média	Baixa	sem tratamento
Q	Verde	1	5	3	negra	Média	Baixa	fossa negra
P				4	negra	Média	Baixa	fossa negra
Y				5	cinza	Baixa	Alta	sem tratamento
U	Boa vista	2	2	1	cinza	Alta	Média	círculo de bananeira
VW				2	negra	Alta	Média	tanque séptico

Fonte: Autoria própria (2019).

3.2 TECNOLOGIAS

Das tecnologias para tratamento de efluentes em ambientes rurais, a Tabela 2, a seguir, aponta o rol dos elencados nesta proposta. Esta Tabela traz uma adaptação das informações apontada pelo projeto Saneamento Rural (TONETTI et al., 2018) com o viés do olhar às condições ambientais que a área de estudo apresenta.

Tabela 2: Quadro resumo das principais características das tecnologias de tratamentos de esgoto no ambiente rural.

Tecnologia	Usa água	Águas negras	Águas cinzas	Área p/ 3-5 pes. (m ²)	Manutenção	Bônus	Ônus	Custo R\$	Demanda por fotoperíodo	Resposta à declividade
Fossa Seca	não	não	não	2 - 4	média	não	não	baixo	não	neutra
Banheiro Seco Compostável	não	não	não	3 - 5	alta	composto	não	médio	não	favorecida
Estocagem e Uso da Urina	não	não	não	1 - 3	alta	composto	não	baixo	não	neutra
Sistemas Alagados Construídos (SAC)	sim	sim*	sim	7,5 - 15	média	M.O.	não	alto	sim	limitada
Círculo de Bananeiras	sim	sim*	sim	3 - 5	média	M.O.	não	baixo	sim	neutra
Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente Compacto	sim	sim	sim	1,5 - 4	média	composto líquido	lodo	alto	não	favorecida
Fossa Verde ou Bacia de Evapotranspiração (BET)	sim	sim	não	7 - 10	baixa	M.O.	não	alto	sim	limitada
Fossa Séptica Biodigestora (FSB)	sim	sim	não	10 - 12	alta	composto líquido	não	alto	não	limitada
Tanque Séptico	sim	sim	sim	1,5 - 4	baixa	não	lodo	médio	não	neutra
Filtro Anaeróbico	sim	sim*	sim	1,5 - 4	baixa	não	não	médio	não	neutra
Filtro de Areia e Vala de Infiltração	sim	sim*	sim	2 - 5	alta	não	lodo	médio	não	favorecida
Vermifiltro	sim	sim*	sim	2 - 4	alta	composto	não	médio	não	favorecida
Biodigestor	sim	sim	sim	5 - 6	alta	não	lodo	alto	não	neutra
Reator Anaeróbico Compartmentado (RAC)	sim	sim	sim	3 - 8	baixa	não	lodo	alto	não	neutra

Biosistema Integrado (BSI)	sim	sim	sim	25 - 100	alta	composto líquido	lodo	alto	sim	limitada
sim*: trata águas negras porém estas precisam de pré-tratamento antes de entrar neste sistema	Frequência de Manutenção			Custo R\$ (material)			Resposta à declividade			
	Alta: mensal a bimestral			baixo = até R\$500,00			Limitada: instalação dificultada em declividades acima de 30° (~58%)			
	Média: trimestral a semestral			médio = até R\$1500,00			Neutra: tecnologia indiferente à declividade			
	Baixa: anual ou menos			alto = até R\$2500,00			Favorecida: instalação facilitada por declividade acima de 30°			

Fonte: Adaptado de TONETTI et al., (2018).

3.3 INDICAÇÕES DE TECNOLOGIAS E CUIDADOS PARA AS SAÍDAS DE EFLUENTES

Tratando-se de unidades habitacionais já construídas convencionalmente com carregamento dos excrementos pela água, optou-se por excluir das indicações, àquelas tecnologias que não utilizam água, pois demandam a construção de uma estrutura externa (ou anexada) às casas, a fim de se facilitar o manejo das fezes recolhidas.

A maioria dos efluentes resultantes das tecnologias de tratamento de água negra carecem ser encaminhados para unidades de disposição final para uma maior garantia da eficácia do tratamento. Por questões de custo, facilidade de obtenção dos materiais, facilidade de implantação e produção de alimento (bônus), o círculo de bananeiras foi escolhido como uma tecnologia apropriada à realidade local para tal disposição final.

As tecnologias mais convenientes, são apontadas a seguir, onde foram elencadas para cada unidade habitacional.

3.3.1 CASA DA CHEGANÇA + OSMARIJUANA

Essa unidade habitacional apresenta algumas saídas de água cinza próximas e que podem ser conectadas

a fim de se unificar sistemas de tratamento. Sugere-se, assim, que se conecte as saídas A, B1 e B2, assim como as saídas D e E. Para ambas saídas (unificadas), sugere-se: Círculo de bananeiras; Vermifiltro; Sistema alagado construído.

O círculo de bananeiras terá funcionamento potencializado pela poda das árvores do entorno, favorecendo a entrada de luz e conseqüentemente, a produção de bananas. Essa tecnologia, ao contrário das outras duas, não possui saída de efluente. No caso do vermifiltro e sistema alagado construído, os efluentes podem ser destinados para um círculo de bananeiras ou irrigação, principalmente de árvores. Tais tecnologias apresentam ainda custo mais elevado que o círculo de bananeiras, porém, maior eficiência no tratamento. O vermifiltro também apresenta a vantagem de gerar húmus para adubação de árvores, enquanto o sistema alagado construído, pode produzir, além de material orgânico compostável, flores ornamentais para venda.

Atualmente 6 pessoas abastecem essa saída de água negra, portanto, o sistema tem que ser dimensionado para comportar tal uso. São indicados: Fossa séptica biodigestora; Vermifiltro; Tanque séptico.

A fossa séptica biodigestora, apesar do custo mais elevado que as

outras duas tecnologias indicadas, tem vantagens por conta da baixa declividade e fotoperíodo médio do local onde se encontra a saída do cano. Tal tecnologia também carece do maior espaço para construção, dentre as três, e pelo número de moradores, o sistema precisaria de quatro compartimentos. A necessidade de se colocar esterco fresco no sistema também pode ser um empecilho, apesar disso, é a que apresenta melhor tratamento do efluente, que inclusive pode ser utilizado para fertilização de cultivos de hortaliças, respeitando devidas indicações de diluição. O vermifiltro e tanque séptico precisam de disposição final em círculo de bananeiras (escolha dos autores), assim, podas teriam que ser feitas no local para maior entrada de luz. A baixa declividade não ajuda na construção do vermifiltro por conta da altura da saída de seu efluente, por baixo do recipiente impermeabilizado. Ou seja, há necessidade de escavação de vala profunda. Mas isso não é um grande empecilho para sua construção, e o bônus por ele gerado é interessante. Já o tanque séptico, apesar de mais eficiente no quesito espaço ocupado, sai perdendo pela necessidade de remoção do lodo gerado na câmara e pouco potencial de tratamento do efluente, sendo comumente usado como pré-tratamento.

3.3.2 BARRACÃO

Sugere-se para o tratamento das águas cinzas: Círculo de bananeiras; Sistema alagado construído. As águas cinzas das cozinhas interna e externa são os únicos efluentes ainda sem destinação adequada dessa unidade e, como já mencionado na seção 3.1.2, se encontram a poucos metros da tubulação de água cinza

dos banheiros do barracão. Dessa forma, a união de todas essas saídas é uma opção viável. Atualmente essa água é direcionada para rega de plantios localizados em pontos mais baixos do terreno, porém se faz necessária a avaliação da qualidade deste efluente, visto que ele apenas passa por uma caixa de gordura. A destinação dessa água para o círculo de bananeira existente na região é a opção mais correta. Por tratar-se do espaço comunitário, a instalação de um sistema alagado construído para fins de educação ambiental, pode ser bem vinda. Apesar de seu custo elevado, seu efluente seria ideal para irrigação do cultivo agroflorestal ali presente.

3.3.3 CASA DO RECANTO

Por tratar-se de uma unidade em que os moradores estão em processo de cuidado com a disposição de seus efluentes, cabem mais dicas e considerações sobre o que vem sendo feito, do que indicações.

Para as águas cinzas, sugere-se a instalação de caixas de gordura prévias aos círculos de bananeiras, assim como dimensionamento adequado, caso da saída M, cujas plantas do sistema se encontram visivelmente não saudáveis. Para a água negra fica a mesma reflexão quanto ao dimensionamento e construção do círculo de bananeiras. Além disso, aconselha-se cuidar de tampar o vermifiltro apropriadamente, a fim de se evitar proliferação de moscas, principalmente pela proximidade do ponto de lançamento do efluente com a casa.

3.3.4 CASA DA MATA

Para a saída de água cinza (letra O), sugere-se: Biossistema integrada;

Círculo de bananeiras. O círculo de bananeiras é a opção mais facilmente aplicável e barata, além da existência de bananas no local, que necessita apenas de manejo adequado e escavação do buraco central e preenchimento com matéria orgânica. Já o biossistema integrado seria uma opção ousada que visaria aliar o espaço disponível, próximo de área com alto potencial para cultivo e restauração; e localidade que apresenta certo risco por ser um caminho de água, em que sua construção auxiliaria na estruturação do local e contenção das águas pluviais. O custo de implantação é bem alto, mas existe a possibilidade de retorno financeiro com o sistema, que pode comportar inclusive tanque para peixes. Há de se avaliar a conformidade legal da instalação desse tanque com peixes tão próximo do córrego da propriedade.

A outra saída de água cinza (letra N) encontra-se em situação ainda mais delicada, por conta da alta declividade, sendo as tecnologias sugeridas: Vermifiltro; Círculo de bananeira. As opções restritas para esse espaço, o círculo de bananeiras necessitaria de constante manejo da mata presente no local, portanto o vermifiltro é o sistema mais indicado, principalmente pela não necessidade de fotoperíodo, não geração de lodo e declividade do terreno. Seu efluente tem que ser encaminhado de modo a não favorecer a erosão já existente no local.

Para a saída da água negra sugere-se: Fossa séptica biodigestora; Vermifiltro; Bacia de e evapotranspiração. Para qualquer das opções, é recomendável que se desloque esse ponto de saída de efluente para mais próximo da casa, trazendo o tratamento para dentro

da cerca da casa, a fim de deixá-lo menos vulnerável a alta declividade (barranco) ali presente. Com isso, ganha-se também um pouco mais de luz, o que talvez permita que a destinação final do efluente seja em um círculo de bananeiras. Caso essa mudança de lugar não seja suficiente para o crescimento das bananeiras, a poda de algumas árvores pode ajudar. Outra opção, seria a instalação da fossa séptica biodigestora para o tratamento, uma vez que ela não necessita de fotoperíodo e de destinação final do seu efluente para um círculo de bananeiras. Em contrapartida, a área demandada para sua instalação é grande, talvez demais para essa unidade habitacional. Uma solução para isso seria a diminuição dos tanques utilizados, o que diminuiria a capacidade de recebimento de fluxo, de até 5 pessoas, para 3 ou menos, o que também diminuiria o alto custo de sua implantação.

A escolha do vermifiltro pode gerar certa dificuldade para a instalação do sistema de disposição final - círculo de bananeiras - pela profundidade da saída da água do vermifiltro. Apesar disso, é uma tecnologia viável. Outra possibilidade é a bacia de evapotranspiração, que também precisa de certa iluminação. Essa tecnologia tem certo apelo paisagístico, o que é positivo para essa unidade, visto que a proposta de aproximação do ponto de saída de efluente faria com que o sistema de tratamento ficasse no quintal da casa. Essa tecnologia também não carece de disposição final, outro ponto positivo.

3.3.5 CASA VERDE

Para as águas cinzas, sugere-se: Círculo de bananeiras; Sistema

alagado construído. A primeira sugestão é conseguir unir a saída da água do tanque à da cozinha. Feito isso, sugere-se como tratamento para as águas cinzas, o círculo de bananeiras. No caso da saída que foi unificada, ele deve ser plantado do lado de fora da cerca (letra Y). As duas saídas se encontram em lugares bastante sombreados. Apesar disso, a poda das árvores poderia ser bem útil para utilização de seus troncos para ajudar a lidar com processos erosivos devido à alta declividade do local. Assim como para a estruturação e preenchimento do "buraco" onde será depositada a água. Outra possibilidade seria a instalação de um sistema alagado construído, porém, para a instalação desse sistema, que tem um custo alto, seria melhor todas as saídas de água cinza tivessem o mesmo destino, o que necessitaria de um estudo de campo mais aprofundado para entender a viabilidade. Essa tecnologia combina bem com o local pelo seu potencial paisagístico.

Para a água negra, sugere-se: Bacia de evapotranspiração; Vermifiltro; Fossa séptica biodigestora. Novamente, a primeira sugestão é a unificação das saídas de efluentes, que novamente precisaria de um estudo mais aprofundado, principalmente por se tratar da água negra, cuja má projeção pode levar a entupimentos e necessidade de manutenção constante. Independente da viabilidade dessa união, as sugestões de tratamentos são as mesmas. A bacia de evapotranspiração tem um apelo paisagístico, e seria ideal para ser construída na saída P (letra P). Já a fossa séptica biodigestora, poderia se encaixar melhor na saída Q (letra Q), em local um pouco mais reservado.

Ambas tecnologias não precisam de destinação final, sendo que a bacia de evapotranspiração não possui nenhuma saída de efluente, toda a água que chega no sistema é evapotranspirada pelas plantas. Ambas podem ser construídas em qualquer um dos dois pontos. Da mesma maneira, o vermifiltro, que encontra pontos negativos, nesse caso, como a baixa declividade do terreno, dificultando a construção do sistema de destinação final do efluente; e a própria necessidade de destinação final. Seu baixo custo de materiais para a instalação é um ponto positivo.

3.3.6 CASA BOA VISTA

Para essa unidade foram feitas mais sugestões de manejo e cuidados, devido à situação mencionada anteriormente em que se encontra. Para o círculo de bananeiras que trata a água cinza (letra U), o manejo das bananeiras com o "copinho", técnica utilizada para evitar a "broca" da bananeira.

Para a água negra, sugere-se: Tanque séptico (já instalado) + vermifiltro. As caixas d'água, que estão recebendo o efluente do tanque séptico, podem ser transformadas em vermifiltro, assim como construção posterior de círculo de bananeiras para disposição final. Praticamente todos os materiais já estão disponíveis, diminuindo o custo final e facilitando bastante o processo de instalação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias sociais que apresentaram alto potencial de aplicação no sítio Manacá, levando em consideração aspectos como custo, facilidade de instalação, manejo, geração de bônus (húmus

e/ou bananas), foram: o vermifiltro somado ao círculo de bananeiras para a água negra e o círculo de bananeiras para água cinza. Como já existe um sistema desse tipo instalado e operando na unidade do Barracão, sua continuidade é importante, como forma de aprofundamento do aprendizado e troca com o espaço, para avaliação desse sistema de tratamento e para maior entendimento de sua potencialidade, assim como forma de construir mais conhecimento científico sobre o sistema.

Ressalta-se que as tecnologias de tratamento de efluentes citadas neste trabalho dependem de organismos vivos, ou seja, possuem atividade biológica no processo de tratamento. O vermifiltro é um ótimo exemplo, pois possui minhocas em sua camada superior e uma gama de microrganismos nas camadas mais baixas. Dessa forma, deve-se atentar para a utilização de produtos químicos com características antibióticas (bactericidas, fungicidas), visto que podem comprometer o bom funcionamento do sistema.

Para as futuras instalações de tecnologias de saneamento, reforça-se que existem maneiras de se buscar alternativas mais baratas e igualmente funcionais para os sistemas citados, pelo reaproveitamento de materiais e uso de materiais alternativos, sempre respeitando o dimensionamento e a capacidade de suporte dos sistemas. A necessidade de cuidar das saídas de água não é apenas em termos de tratamento desses efluentes, mas também pensando em evitar que a água cause erosão no terreno, que é muito vulnerável por conta de sua declividade e solo arenoso. Para tanto, contenções físicas mais

simples podem ser exploradas, a fim de facilitar a infiltração e não o escoamento superficial.

As pesquisas e trabalhos relacionados à temática do saneamento rural são fundamentais para ampliar as técnicas, conhecimentos e saberes sobre o tratamento de efluentes domésticos, a fim de garantir melhores condições ambientais e de saúde para as pessoas. Estas pesquisas e trabalhos necessitam ser realizadas de maneira participativa e promover o diálogo com as pessoas que vivem nas áreas rurais para que atendam à realidade de maneira mais coerente e tenha mais possibilidade de implementação pelos moradores. Assim, o uso das tecnologias sociais para a destinação da água utilizada em cada instalação das residências rurais se torna uma oportunidade de transformar cada saída de efluente em rega e nutriente para o ecossistema ali presente.

AGRADECIMENTOS

As autoras e os autores agradecem à VI JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, realizada pelo DCAM / UFSCar em 2020.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016*. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p. Disponível em: http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_AE2016.pdf. Acesso em: 4. jun. 2019.

FREITAS, D.; SANTOS, S. A. M. Atlas histórico e socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos - SP. *Diagrama Editorial*, 2020.

- Disponível em: <https://cdcc.usp.br/atlas-historico-e-socioambiental-das-regioes-hidrograficas-do-municipio-de-sao-carlos-sp/>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. *Saneamento rural*. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/web/guest/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>. Acesso em 5 mai. 2019.
- GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Revista Panamerica de Salud Publica*, v. 25, n. 6, p. 548-556, 2009. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2009.v25n6/548-556/pt>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, v. 45, n. 2, p. 331-48, 2011. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6995>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- MARQUES, E. G. *Educação ambiental e tecnologia social: juntas por um desenvolvimento rural sustentável*. Monografia de Especialização - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/2905>. Acesso em: 9 jun. 2019.
- PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 7, n. 1, p. 20-36, 2010. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=460&layout=abstract>. Acesso em: 7 jul. 2019.
- RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. *Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública*. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2019.
- SILVA, D. F.; MOREJON, C. F. M.; LESS, F. R. Prospecção do panorama do saneamento rural e urbano no Brasil. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, V. Especial, p. 245- 257, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/4449>. Acesso em: 9 jun. 2019.
- TONETTI, A. L. et al. *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções*. - Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/>. Acesso em: 15 mai. 2019.

Áreas Verdes no Parcelamento do Solo Urbano: Cenário para o Município de Santo André

Green Areas in Urban Ground Division: Case Study for Santo André City

Espacios Verdes en la División de Suelo Urbano: Escenario del Municipio de Santo André

Cristina Pegurer

Mestre na área de História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP
Arquiteta na Prefeitura de Santo André
cpegurer@gmail.com

Mariana de Fátima G. Raimundo

Mestranda no Programa de Pós Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
biologamari@usp.br

Aline P. Piemonte

Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.
aline.piemonte@usp.br

RESUMO

As áreas verdes são essenciais no ambiente urbano, seja por agregarem resiliência às mudanças climáticas e aos eventos extremos, seja por apresentarem benefícios diversos, tanto ecossistêmicos como salutogênicos. Os planos de ocupação do território devem considerar a implantação de áreas verdes nas cidades, entretanto muitas áreas que haviam sido reservadas como tal, nos processos de parcelamento do solo, acabaram por “desaparecer” da paisagem urbana, sendo ocupada por outros usos. Assim, o presente trabalho trata das áreas verdes reservadas para uso comum, nos projetos de parcelamento do solo urbano. A abordagem do tema buscou estabelecer relação entre a gestão pública e os usos realmente efetivados para essas terras, originalmente designadas como áreas de uso comum. Para viabilização da análise proposta, são apresentados dados referentes ao município de Santo André, localizado na região metropolitana de São Paulo. A partir da base de informações e das pesquisas elaboradas para a dissertação de mestrado de uma das autoras, que considerou os usos cadastrados para as “áreas verdes” conforme o banco de dados de áreas públicas da Prefeitura de Santo André, os dados foram atualizados e novamente mapeados. Os resultados da análise indicam que muitas áreas reservadas como áreas verdes foram ocupadas ou destinadas a usos distintos daquele originalmente previsto no parcelamento do solo.

Palavras-chave: Áreas verdes; Serviços ecossistêmicos; Parcelamento do solo urbano - Santo André (SP); Legislação - Santo André (SP).

ABSTRACT

Green areas are essential in the urban environment. It makes cities more resilient to climate change and its extreme events and provides benefits to the human well being and to the ecosystem itself. Urban plans should consider implanting new green infrastructure, but many areas reserved for common use, in the process of ground division, “disappeared” from the urban land. The present paper concern about a relation between public management and the current uses of green areas once reserved for common use. The area chosen to look for this relation is the municipality of Santo Andre, in the metropolitan area of Sao Paulo. From the base of information and research prepared for the master’s thesis by one of the authors, who considered the registered uses for “green areas” according to the public areas database of the Municipality of Santo André, the data were updated and again mapped. The results indicate that a good amount of areas once reserved for common use are currently being destined for other uses.

Keywords: Green areas; Ecosystem services; Urban territory division - Santo André (SP); Legislation - Santo André (SP).

RESUMEN

Los espacios verdes son fundamentales en el ambiente urbano, sea porque añaden resiliencia al cambio climático y eventos extremos, o porque presentan diversos beneficios, tanto ecossistêmicos como salutogênicos. Los planes de ocupación territorial deben considerar la implementación de áreas verdes en las ciudades, sin embargo muchas áreas que habían sido reservadas como tales, en los procesos de ordenamiento territorial, terminaron “desapareciendo”

del paisaje urbano, siendo ocupadas por otros usos. Así, este trabajo trata de áreas verdes reservadas para uso común, en proyectos de fraccionamiento de suelo urbano. El abordaje del tema buscó establecer una relación entre la gestión pública y los usos efectivamente realizados de estas tierras, originalmente designadas como áreas de uso común. Para viabilizar el análisis propuesto, se presentan datos referentes al municipio de Santo André, ubicado en la región metropolitana de São Paulo. A partir de la base de información e investigación elaborada para la tesis de maestría por uno de los autores, quien consideró los usos registrados para "áreas verdes" según la base de datos de áreas públicas del Municipio de Santo André, los datos fueron actualizados y nuevamente mapeados. Los resultados del análisis indican que muchas áreas reservadas para implantación de espacios verdes fueron ocupadas o destinadas a usos distintos a los previstos originalmente en la división del suelo

Palabras clave: Espacios verdes; Servicios de ecosistema; División del suelo urbano - Santo André (SP); Legislación - Santo André (SP).

1. INTRODUÇÃO

As cidades e suas populações em todo o mundo continuam se expandindo em um ritmo sem precedentes. As previsões indicam que, até o ano 2050, 68% da população mundial viverá em ambiente urbano (UN, 2018). O desenvolvimento das grandes metrópoles, que não priorizaram a dimensão humana e a capacidade de suporte ambiental, consolidou padrões urbanísticos que se contrapõem a um modelo urbano sustentável (AMATO-LOURENÇO et al., 2016). Esses padrões são agravados pela escassez de áreas verdes e pelas altas taxas de impermeabilização das cidades, que intensificam a formação de ilhas de calor, afetam a qualidade do ar e aumentam a intensidade de eventos como inundações e enchentes (CARBONE et al., 2015).

É consenso na literatura de referência, que as áreas verdes são essenciais no ambiente urbano, pois conferem resiliência às mudanças climáticas e aos eventos extremos, além de provisão, regulação e suportes ecossistêmicos ou, ainda, trazem inúmeros benefícios à saúde humana. Além dos parques e das praças, outras formas de paisagens naturais, como as áreas vegetadas vinculadas ao sistema viário e aos

equipamentos de uso coletivo, como escolas e cemitérios, por exemplo, formam uma rede de espaços verdes interconectados, que conservam valores naturais de um ecossistema e que beneficiam as populações humanas (AMATO-LOURENÇO et al., 2016).

Nas zonas urbanas, as áreas verdes distribuídas nos bairros, passíveis do usufruto direto pela população local, são grandes prestadoras de serviços ecossistêmicos. Isto porque, a vida nas cidades acontece nos espaços públicos vazios distribuídos na malha urbana, isto é, nos espaços "entre os edifícios", onde as pessoas circulam no "dia a dia nas ruas". Assim, essas áreas devem atender aos anseios dos moradores de seu entorno, por motivos e usos diversos, ou esses espaços verdes serão apenas áreas vazias e inseguras, sujeitas a degradação e atos de vandalismo (GEHL, 2013; JACOBS, 2011).

O tecido urbano tem conceito similar a um ecossistema, haja vista que é o resultado da interação entre os vários grupos sociais que nele atuam. Desse modo, os espaços urbanos de uso comum devem possibilitar que os cidadãos estabeleçam relações entre si, ou entre eles e a comunidade (ABRAHÃO, 2008; LEFEBVRE, 2001). É o uso e a apropriação do espaço,

“tomando-o como lugar de reunião e ponto de encontro”, que cria a percepção da cidade (VIZIOLI et al., 2019).

No processo de ocupação e parcelamento do solo urbano, a distribuição das áreas verdes é regida por legislação específica, que estabelece diretrizes para a reserva de áreas públicas e determina a proporcionalidade entre a área total da gleba a ser parcelada e a área mínima de terreno livre, destinado à implantação de áreas verdes. Ocorre que, muitas vezes, os instrumentos legais tornam-se ineficazes ao tratarem dos espaços públicos. As pressões econômicas e sociais dos vários grupos que atuam no espaço urbano podem sobrepor-se às legislações de uso e ocupação do solo e a implementação das áreas verdes acaba por não se cumprir. Cabe à gestão pública efetivar o seu uso. Assim, a análise proposta objetivou estabelecer a relação entre a gestão pública e os usos realmente efetivados para essas terras, originalmente designadas como áreas verdes de uso comum, nos projetos de parcelamento do solo urbano.

2. METODOLOGIA

Para viabilização do estudo proposto, buscou-se identificar um panorama geral das áreas reservadas como áreas verdes nos projetos de parcelamento do solo do município de Santo André, localizado na região metropolitana de São Paulo.

Em uma situação hipotética, se todas as áreas reservadas como “áreas verdes”, nos projetos de parcelamento do solo aprovados, estivessem implantadas, estas

deveriam ocupar cerca de 4% da zona urbana do município. Entretanto, muitas dessas áreas foram ocupadas por outros usos.

Para formulação do cenário pretendido, a análise focalizou as áreas verdes reservadas nos loteamentos da Macrozona Urbana andreense, a partir das pesquisas elaboradas para a dissertação de mestrado de uma das autoras, que tratou das áreas reservadas ao domínio público, nos projetos de parcelamento do solo daquele município. Os resultados apresentados na dissertação citada já sinalizaram o conflito entre as áreas reservadas ao uso público, na ocupação do solo, e os usos a elas atribuídos.

A partir dessa base de informações, os usos cadastrados para as porções do território que haviam sido reservadas como áreas verdes, nos projetos de parcelamento do solo, foram atualizados. Para tanto, foram utilizadas as informações cadastradas no banco de dados de áreas públicas do Departamento de Desenvolvimento e Projetos Urbanos da Prefeitura de Santo André. Assim, as informações sobre os vários tipos de uso que afetam essas áreas verdes puderam ser remodeladas e novamente mapeadas. Para esse diagnóstico foi utilizado o software “Qgis” (software livre, de Sistema de Informações Geográficas).

Ressalve-se que as áreas reservadas, nos projetos de parcelamento do solo, como “áreas institucionais” não são objeto deste estudo. Observe-se, ainda, que não é objetivo deste trabalho avaliar se as áreas verdes analisadas têm, ou não, manutenção regular para os diversos usos implantados.

2.1 AS ÁREAS VERDES E A QUALIDADE DE VIDA

As áreas verdes apresentam diversos benefícios, tanto ecossistêmicos como salutogênicos, que podem ser percebidos nas interações entre a sociedade e o ambiente (BENNETT et al., 2015). MMA (2020), MEA (2005) e COSTANZA et al. (2017) definem que serviços ecossistêmicos são os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas e os classificam em quatro grupos:

- serviços de suporte: são as funções ecossistêmicas (processos ecológicos) que permitem a produção de todos os demais serviços, dentre eles a produção de oxigênio atmosférico, ciclagem de nutrientes, formação e retenção do solo e ciclagem da água;
- serviços de provisão: são aqueles que proveem bens, como alimento, água, fibras e sementes, madeira e lenha, combustíveis, plantas medicinais;
- serviços de regulação: são oriundos das funções de equilíbrio ecossistêmico, como regulação do clima e microclima, da qualidade e quantidade da água, da qualidade do ar, da erosão e manutenção do solo, de vetores de doenças, de pragas biológicas, de agentes polinizadores e dispersores;
- serviços culturais: são os obtidos através do contato com a natureza, como recreação, valor estético de paisagem, bem-estar, valores espirituais e religiosos, identidade cultural e histórica, valores científicos e educacionais.

Entretanto, ocorre um desalinhamento entre a relevância dada pelos atores envolvidos no uso das áreas verdes (MILLER & MONTALTO, 2019). Enquanto alguns preconizam que

serviços de regulação, prestados por espaços verdes, trazem um aumento da resiliência a eventos climáticos extremos - como escoamento de água de tempestades, purificação do ar, sequestro e armazenamento de carbono e provisão de água (MCLAIN et al., 2012 apud LIN et al., 2015), a percepção da população sobre os serviços não reflete essa preferência, que vê outros benefícios de maneira mais favorável, principalmente benefícios culturais, ativos (hortas, esportes) e passivos (admiração, relaxamento), (MILLER & MONTALTO, 2019).

A necessidade de escoamento de tempestades, por exemplo, que recebe grande atenção e investimento dos gestores é um serviço prestado por áreas verdes (MILLER & MONTALTO, 2019). Mas esse serviço pode ser garantido por áreas verdes "vazias" sem cuidado, como campos gramados e terrenos baldios. Porém, há um efeito negativo na percepção de bem estar pela população quando em contato com áreas mal manejadas (KUO et al. 1998, apud TZOULAS et al., 2007).

Assim, a influência de áreas verdes urbanas na saúde depende de suas formas, quantidade, acessibilidade e manutenção, saúde e cobertura da vegetação (DENNIS et al., 2020). Ainda que os canteiros verdes possam agregar melhora na qualidade do ar e na resiliência do ambiente urbano, podem não oferecer um ambiente seguro e acolhedor para a prática de atividades físicas e de lazer, proporcionando sensações desejadas de bem estar e pertencimento, melhorando, de modo geral, a percepção da saúde.

A Organização Mundial da Saúde (1946) preconiza que a saúde de um

indivíduo seja considerada dentro da dimensão física, mental e social (WHO, 1948).

Diversos estudos, epidemiológicos, experimentais e de percepção, comprovam que áreas verdes urbanas, e sua proximidade às residências, exercem um papel importante em todas essas esferas de bem estar humano.

No aspecto físico, reduzem a pressão sanguínea, promovem a recuperação mais rápida depois de intervenções cirúrgicas, agregam benefícios fisiológicos às atividades físicas (rápida recuperação de pressão e batimentos por minuto), aumentam a longevidade, diminuem a taxa de obesidade e a taxa de doenças infecciosas, como doença de Lyme (ULRICH, R.S.,1984; PRETTY, J., et al., 2005; TAKANO et al., 2002 apud TZOULAS et al., 2007; PATZ AND NORRIS apud TZOULAS, 2007)

No aspecto mental e psicológico, áreas verdes tem uma forte relação com a percepção da saúde mental. Nesse sentido, ajudam na recuperação de eventos estressantes e atenuação de seus impactos sobre a saúde, promovem rápido relaxamento, trazem sensação de segurança, melhoram o humor (momentâneo e de longo prazo), reduzem o stress, trazem inspiração artística, diminuem os níveis de depressão e ansiedade, trazem efetividade no enfrentamento dos problemas do dia a dia e, por fim, diminuem a fadiga mental (DEN BERG et al., 2010; HARTIG et al., 2003 apud TZOULAS et al., 2007; CHIESURA, A. 2003; Kuo, 2001 apud TZOULAS et al., 2007; ULRICH, 1984 apud TZOULAS et al., 2007).

As áreas verdes tem uma dimensão restauradora, espiritual e de prazer

(amenity) para seus frequentadores no aspecto psico-mental, despertando sensações como liberdade, alegria, aventura, sorte, preenchimento (CHIESURA, A. 2003).

No aspecto social, trazem sensações de pertencimento e de preenchimento, diminuem as taxas de agressão familiar, proporcionam um contato com a biodiversidade (o que aumenta a sensação de bem estar), promove a educação ambiental e diminuem biofobia, promovem a prática de atividade física (KUO 2001 apud TZOULAS et al., 2007; KUO AND SULLIVAN, 2001 apud TZOULAS et al., 2007; CHIESURA, A. 2003).

Há também fortes evidências de que a proximidade com os espaços verdes, que propiciam o contato com a natureza, está correlacionada com benefícios às funções cognitivas, particularmente no campo de atenção visual e recuperação de performances de alta demanda de atenção, embora não sejam conhecidos os mecanismos pelos quais essa relação exista (ZIJILEMA et al., 2017; HARTIG et al., 2003 apud TZOULAS et al., 2007).

Mesmo que todos esses benefícios muitas vezes não sejam percebidos pela população, fortes evidências indicam que a percepção de saúde está diretamente relacionada à presença de áreas verdes nas cidades, independentemente do nível de urbanização, sendo mais significativo para as classes sociais mais baixas, crianças e idosos (MAAS et al., 2006).

Um estudo realizado na Holanda, que incluiu mais de 400 mil pessoas, mostrou que a presença de áreas verdes impacta, positiva e

diretamente, na percepção de saúde de pessoas que vivem em um raio de até 3 km de distância dessas áreas, considerando a porcentagem e o tipo de espaço verde (MAAS et al., 2006).

Um resultado intrigante desse estudo indicou que a análise isolada de áreas verdes urbanas mostrou uma relação inversa com a percepção de saúde. Os autores sugeriram que esse resultado é devido às características de que, onde essas áreas verdes urbanas são próximas, o espaço verde é percentualmente menor – existem em curtas distâncias, mas não em tamanho e qualidade adequado. Essa análise alerta para o fato de que não basta investirmos apenas na presença e extensão das áreas verdes, mas também nas suas características, pensando na percepção e nas preferências do cidadão, que promovem o bem estar (MAAS et al., 2006).

Tzoulas *et al.* (2007), em sua revisão, também constatou um efeito negativo na percepção de bem estar pela população que tem contato com áreas abandonadas, ou sem manejo adequado, em ambientes

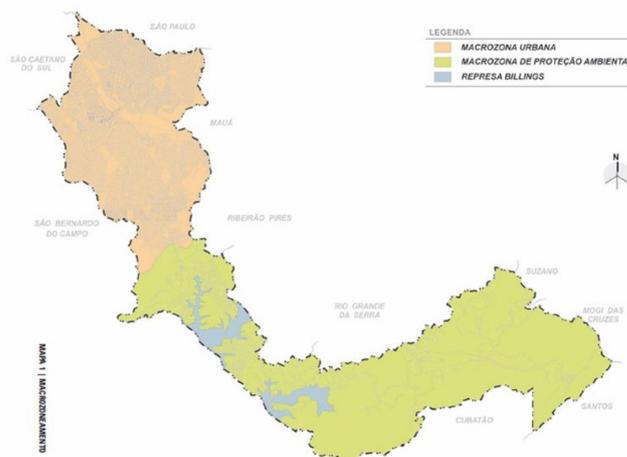
urbanos, podendo estar associadas à insegurança, aumento da ansiedade e proliferação de insetos e animais, que intensificam a biofobia (TZOULAS et al., 2007).

Uma cidade sustentável deve projetar suas áreas verdes para serem, não apenas ecologicamente eficientes, mas para atender às expectativas do usuário, cidadão, levando em conta suas experiências e percepções. Os planos de urbanização devem considerar não só as dimensões, mas também a qualidade das áreas verdes urbanas

2.2 ÁREAS VERDES RESERVADAS NO PARCELAMENTO DO SOLO EM SANTO ANDRÉ

O município de Santo André tem área total de 174 km², dos quais 38% ocupados pela Macrozona Urbana. Situada em três bacias hidrográficas, Ribeirão Oratório, Ribeirão dos Meninos e Rio Tamanduateí, a Macrozona Urbana concentra 95% da população do município, pouco mais de 718 mil habitantes, em 2019 (ANUÁRIO DE S. ANDRÉ 2016 - BASE 2015; IBGE).

Figura 1 - Mapa de Macrozoneamento - Plano Diretor Municipal



Fonte: Prefeitura de Santo André

Os primeiros arruamentos de Santo André, datados do início do século XX, não destinaram áreas livres para implantação de praças ou espaços verdes.

A partir de 1929, os projetos dos arruamentos ou loteamentos ficaram submetidos às diretrizes estabelecidas pela lei municipal de nº 271 (publicada naquele ano), que ditou parâmetros quanto à reserva de espaços livres de uso público.

De acordo com o texto da lei, na zona urbana do município, as áreas destinadas à implantação de praças e jardins e à construção de edifícios institucionais deveriam ocupar, no mínimo, uma área correspondente a 5% do terreno parcelado. Entretanto, essa diretriz era obrigatória apenas para os parcelamentos de glebas com área igual ou superior a 50.000 m². Ocorre que muitas vezes, os grandes proprietários loteavam suas terras em etapas e a reserva de áreas acabou não acontecendo. De qualquer modo, as áreas destinadas aos espaços livres acabavam sendo localizadas em ajustes do traçado do sistema viário, em terrenos com altas declividades ou nas sobras das quadras das divisas dos loteamentos, onde não era mais possível o parcelamento da terra em lotes a serem comercializados.

Entre os anos de 1920 e 1940, as glebas eram parceladas sem reserva de áreas comuns. Ainda assim, muitos proprietários com processos de parcelamento já deferidos pela Prefeitura, desistiam de implantar os loteamentos aprovados para apresentar novo projetos, com "reparcelamento" de algumas quadras em lotes menores, ainda sem reserva de áreas livres públicas.

Em 1956, outra lei municipal, lei de nº 1.117, também dispôs sobre os espaços públicos a serem reservados nos projetos dos loteamentos. Conforme o texto da lei, coube à Prefeitura estabelecer as diretrizes gerais a serem seguidas no plano geral do loteamento, indicando vias principais, vielas sanitárias, áreas reservadas para "fins públicos" e os espaços livres. No entanto, de modo diverso da lei de nº 271, as diretrizes a serem estabelecidas abarcariam os projetos de parcelamento de todas as glebas, inclusive aquelas com área inferior a 50.000 m².

A lei de 1956 estabeleceu também que, as áreas reservadas como espaços livres, se localizadas nas geometrias de concordâncias do sistema viário, somente seriam consideradas, para a reserva de áreas públicas, se tivessem área superior a 300 m². Mas o texto da lei não determinou nenhum regramento quanto às dimensões mínimas ou às declividades máximas das áreas a serem doadas como espaços livres de uso público. Assim, a consulta a várias plantas de loteamentos desse período demonstram que muitas áreas reservadas a uso público continuaram a ser "distribuídas" pelos loteadores, nas sobras das quadras ou em terrenos cuja alta declividade inviabilizava qualquer possibilidade de divisão da área em lotes para comercialização.

Em 1959, entrou em vigor o primeiro Plano Diretor do município. Esse Plano não alterou os regramentos para reserva de áreas verdes ou espaços livres nos parcelamentos do solo da zona urbana. Somente nove anos depois, com a publicação da lei municipal nº 2.756/1967, foi definido novo regramento para a reserva de áreas verdes ou espaços livres:

estes deveriam ocupar, no mínimo, 10% (dez por cento) da área total da gleba a ser subdividida.

Vinte anos depois, em 1979, com a publicação da lei federal nº 6.766, o parcelamento do solo urbano passou a ser regido por suas diretrizes. Os loteamentos aprovados em Santo André, após a vigência da lei 6.766, deveriam atender a critérios similares aos anteriormente estabelecidos na legislação municipal andreense, como, por exemplo, o percentual mínimo de 10%, da área total da gleba a ser parcelada, para implantação de áreas verdes.

Posteriormente, alterações no texto da lei 6.766 definiram outro critério para reserva de áreas no parcelamento do solo (lei nº 9.785/99). As áreas livres de uso público passaram a ser calculadas, não mais sobre o percentual de 10% da área total da gleba a ser loteada, mas de modo proporcional à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou por lei municipal de uso e ocupação do solo. Com essa alteração, coube ao município determinar, nos parcelamentos do solo urbano, os índices a serem exigidos para implantação do sistema viário, áreas institucionais e áreas verdes.

Ao regulamentar o parcelamento do solo urbano, a lei federal nº 6.766 estabeleceu ainda que, as áreas indicadas nos projetos de parcelamento do solo como praças ou espaços livres passariam a integrar o domínio do município a partir da data de registro do loteamento e mais, que essas áreas não poderiam ter sua destinação alterada após a aprovação dos processos.

Por outro lado, em 1989, com a

aprovação da Constituição do Estado de São Paulo, foi sedimentada a possibilidade de alteração na destinação das áreas definidas, em projetos de loteamentos, como áreas verdes. Diz o texto da Constituição Estadual que as áreas reservadas como áreas verdes podem ter sua destinação, fim e objetivos originariamente alterados, quando essa alteração tiver como finalidade a regularização de algumas situações específicas, entre elas, a de regularização de "loteamentos, cujas áreas verdes estejam, total ou parcialmente, ocupadas por núcleos habitacionais de interesse social destinados à população de baixa renda, consolidados até dezembro de 2004 ou em situação de difícil reversão". Observe-se que, nesse caso, a regularização do loteamento seria possível mediante a "compensação" das áreas antes reservadas como áreas verdes de uso público e, depois, ocupadas por usos privados. Essa compensação deveria ocorrer com a disponibilização de outras áreas livres, localizadas nas proximidades das áreas objeto de compensação. Entretanto, a própria lei cita que, o poder público pode dispensar a "compensação" se, nas proximidades da área pública cuja destinação será alterada, já existirem outras áreas públicas que "atendam às necessidades da população" (artigo 180 da Constituição do Estado de São Paulo). É, de fato, o que ocorre, isto é, a mitigação por áreas de uso comum, ocupadas por outros usos, acaba não sendo efetivada.

No âmbito municipal, a Lei Orgânica de Santo André, aprovada 1990, com emendas incorporadas ao texto original, também estabeleceu que os bens públicos de uso comum poderiam ter sua destinação alterada nas mesmas situações indicadas pela

Constituição Estadual.

Em 2001, a lei federal de nº 10.257 (Estatuto da Cidade) adotou, como um instrumento da política urbana, o conceito das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) que, por definição, são porções do território cujos parâmetros de uso e ocupação do solo sobrepõem-se aos parâmetros gerais do zoneamento municipal.

A partir daí, com a aprovação de legislação municipal específica (Lei nº 8.869/06) delimitando os perímetros das ZEIS, foi possível a regularização fundiária de núcleos habitacionais precários, que já estavam inseridos na malha urbana e passíveis de consolidação (que não ocupassem, por exemplo, áreas de risco).

Embora essas ações tenham buscado a integração, no desenho urbano, das habitações localizadas em ZEIS, as leis específicas para as Zonas Especiais de Interesse Social, menos restritivas quanto ao parcelamento do solo, aos índices de ocupação e à reserva de áreas verdes ou espaços livres, acabariam por consolidar a precariedade de implantação dessas áreas, onde muitas vezes o acesso às moradias é feito por vielas estreitas ou escadarias, e onde não há reserva de áreas verdes de uso público.

Em Santo André, a legislação que tratou das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) não estabeleceu nenhuma restrição quanto à delimitação (e posterior regularização) das ZEIS localizadas em áreas originalmente reservadas como áreas verdes nos loteamentos. Isto é, a lei municipal Lei nº 8.869/06 não previu nenhuma compensação para as áreas que haviam sido destinadas à implantação de áreas verdes, nos procedimentos de regularização dos assentamentos habitacionais inseridos nos perímetros das ZEIS.

Assim, os Planos de Urbanização e Regularização das ZEIS, elaborados pela gestão municipal, não definiram nenhuma medida mitigadora pela "legalização" do uso privado nesses lotes.

A partir de 2006, o uso e a ocupação do solo andreeense ficaram submetidos à lei municipal nº 8.836, conforme diretrizes do Plano Diretor vigente, que fora aprovado dois anos antes (Lei nº 8.696/04). A Lei de 2006 dispôs sobre o percentual para reserva e doação de áreas públicas, estabelecendo que, no mínimo, 15% da área total da gleba a ser loteada ou desmembrada deveriam ser doados ao município, isentando as glebas com áreas inferiores a 5.000 m² da reserva de áreas públicas. De acordo com a lei, caberia à Administração Municipal indicar a localização, no território, das áreas a serem doadas. Entretanto, o texto legal não especificou percentuais distintos para "áreas verdes" e "áreas institucionais". Assim, a reserva de 15% exigida, para doação ao município, considerou a somatória de áreas para esses dois usos, o que acaba culminando em índices muito baixos de reserva para a área verde.

Em 2016, nova lei de uso e ocupação do solo foi aprovada no município, a Lei nº 9.924. É a legislação vigente. As diretrizes estabelecidas nesta lei mantiveram os percentuais vigentes, desde 2006, para reserva de áreas públicas, ou seja, deve ser reservada e doada ao município, pelo menos uma área correspondente a 15% do total da área a ser loteada ou desmembrada, para fins de implantação de equipamentos institucionais ou de áreas verdes. Ainda conforme já havia sido estabelecido em 2006, os parcelamentos de glebas com área

igual ou inferior a 5.000 m² ficaram isentas dessa reserva.

Em 2012, foi o texto do Plano Diretor municipal que sofreu modificações. Uma das principais diretrizes alteradas foi a incorporação de mais um parâmetro edilício a ser considerado nos projetos de novas edificações: o do número máximo de pavimentos a ser permitido, distinto para cada região da Macrozona Urbana.

Considerando-se o que rege a lei federal nº 6.766 (e suas alterações), quando ficou estabelecido que, para aprovação dos loteamentos, as áreas livres de uso público devem calculadas proporcionalmente à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor, o número máximo de pavimentos, definido para cada lote, é um índice determinante na ocupação do solo porque, compatibilizado com as taxas de ocupação e os coeficientes de aproveitamento máximos dos lotes (estabelecidos pela legislação de uso e ocupação do solo), definirá o número máximo de unidades naquele lote e, conseqüentemente, as densidades máximas possíveis de cada porção do território.

Em julho de 2019, a publicação da lei nº 10.191 alterou o disposto no Plano Diretor quanto ao número máximo de pavimentos, autorizando que os empreendimentos destinados à Habitação de Interesse Social (HIS) cheguem até cinco vezes mais pavimentos que o permitido para outras edificações. Ocorre que, por conta do alto custo da terra urbana, a maioria dos empreendimentos destinados à implantação de HIS são implantados em regiões com alta densidade populacional e baixa capacidade de suporte das redes de infraestrutura e serviços públicos,

e baixa disponibilidade de áreas livres e áreas verdes. Essa alteração na legislação pode contribuir para o agravamento da situação existente, inviabilizando ainda mais a compatibilização da oferta de áreas verdes com a densidade de ocupação do solo.

2.3 CENÁRIO DAS ÁREAS VERDES RESERVADAS EM SANTO ANDRÉ

Entre os anos de 2010 e 2011, uma das autoras deste trabalho realizou extenso levantamento de dados junto às plantas dos loteamentos arquivadas na Prefeitura de Santo André. O objetivo era identificar as áreas que haviam sido reservadas, ao uso público, no parcelamento do solo no município. Naquela ocasião, a análise objetivou investigar tanto as áreas reservadas como áreas verdes, como aquelas que haviam sido reservadas para implantação de usos institucionais.

À época, a tabulação de dados indicou que, dentre as áreas reservadas para domínio público, nos processos dos loteamentos, apenas 37,2% haviam preservado o "uso conforme", isto é, de todas as áreas indicadas nas plantas dos loteamentos, como áreas verdes ou institucionais, apenas esse percentual estava cadastrado, no banco de áreas públicas municipal, com tais usos. Pode-se constatar também que, dentre os outros usos que ocuparam as áreas reservadas ao domínio público, aproximadamente 45% foram destinados ao uso habitacional (PEGURER, 2012).

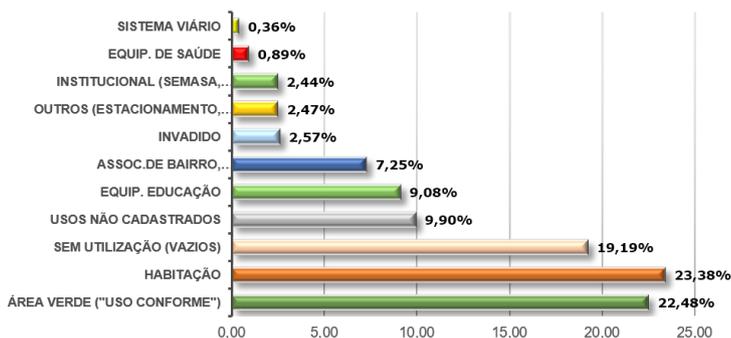
Haja vista o tempo decorrido, para elaboração do cenário pretendido nesta análise, os dados referenciados naquela base de informações, referentes às áreas que haviam sido reservadas como "áreas verdes",

foram atualizados. Com a atualização dos dados, foi possível identificar que muitas áreas verdes reservadas ainda estão ocupadas por usos distintos daqueles originalmente previstos no parcelamento do solo do município.

Observe-se que as áreas reservadas, nos projetos de loteamentos, como "institucionais", não são objeto deste estudo

O gráfico apresentado na figura 2 indica que, no universo do total de áreas verdes reservadas, pouco mais de 22% constituem áreas verdes. Interessante observar que o uso habitacional ainda ocupa um percentual significativo de terras onde o "uso verde" deveria estar implantado.

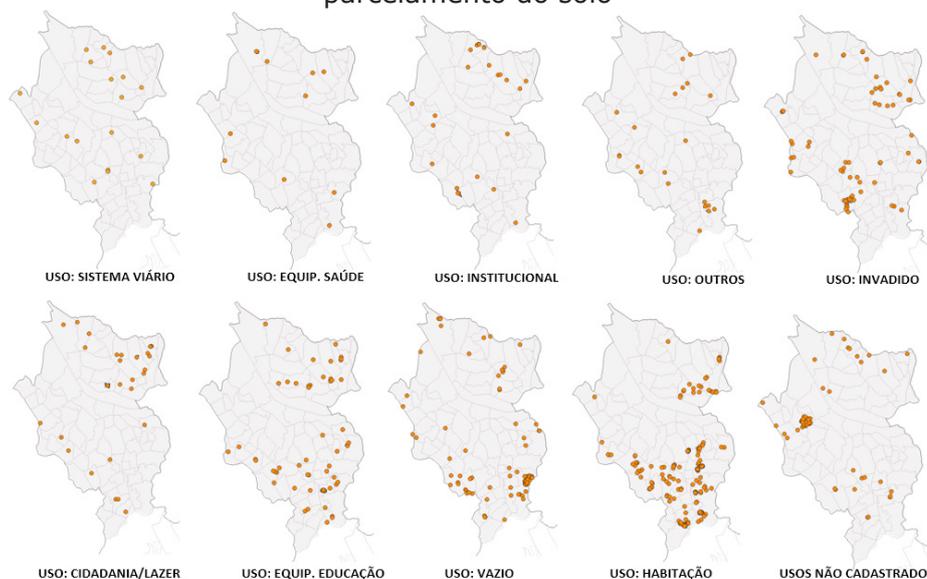
Figura 2: Usos nas áreas verdes reservadas no parcelamento do solo



Fonte de dados: Prefeitura de Santo André/Depto. Desenvolvimento e Projetos Urbanos (elaboração do gráfico: Cristina Pegurer)

Os mapas da figura 3 representam os dados indicados no gráfico, isto é, as áreas reservadas para implantação de áreas verdes, no parcelamento do solo de Santo André, e que foram ocupadas por outros usos.

Figura 3: Usos cadastrados para as áreas verdes reservadas no parcelamento do solo



Fonte de dados: Prefeitura de Santo André / Depto. Desenvolvimento e Projetos Urbanos (elaboração dos mapas no Qgis: Cristina Pegurer)

O mapeamento apresentado foi elaborado a partir dos cadastros indicados no banco de dados referente às áreas públicas, da Prefeitura de Santo André.

As figuras 4 e 5, por sua vez representam a espacialização dos dados gerais para o diagnóstico pretendido: de um lado, a totalidade de áreas reservadas, para implantação de áreas verdes; de outro, as áreas cadastradas como tal, no banco de dados do município. Cabe salientar que, dentre esse total

de lotes cadastrados como áreas verdes (que indicamos como "uso conforme"), muitos não cumprem o papel a que se destinam. Isto porque, ou configuram porções do território com dimensões muito reduzidas, ou áreas de difícil acesso ao pedestre, ou áreas localizadas nas "sobras" das geometrias das quadras, nas rotatórias ou nos ajustes do sistema viário, conforme já mencionado no item 4 deste trabalho (item 4 refere-se às áreas reservadas no parcelamento do solo em Santo André).

Figura 4: Áreas verdes reservadas no parcelamento do solo e cadastradas com outros usos.

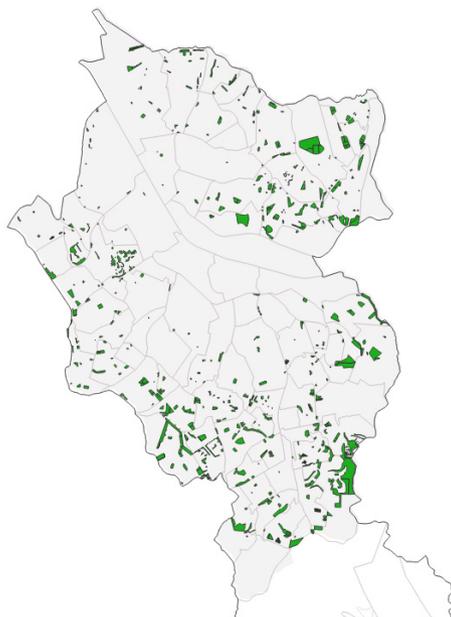
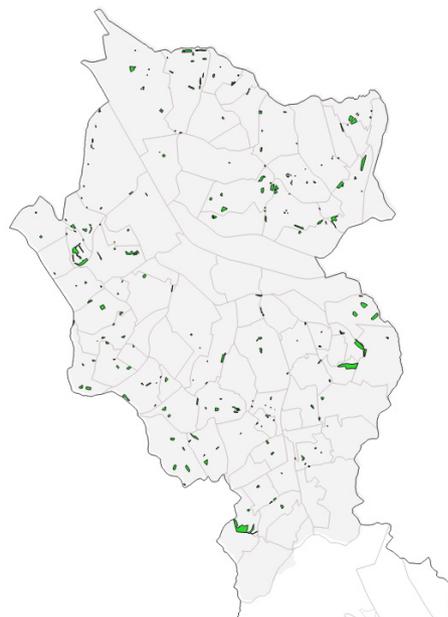


Figura 5: Áreas verdes reservadas no parcelamento do solo e cadastradas como "áreas verdes públicas".



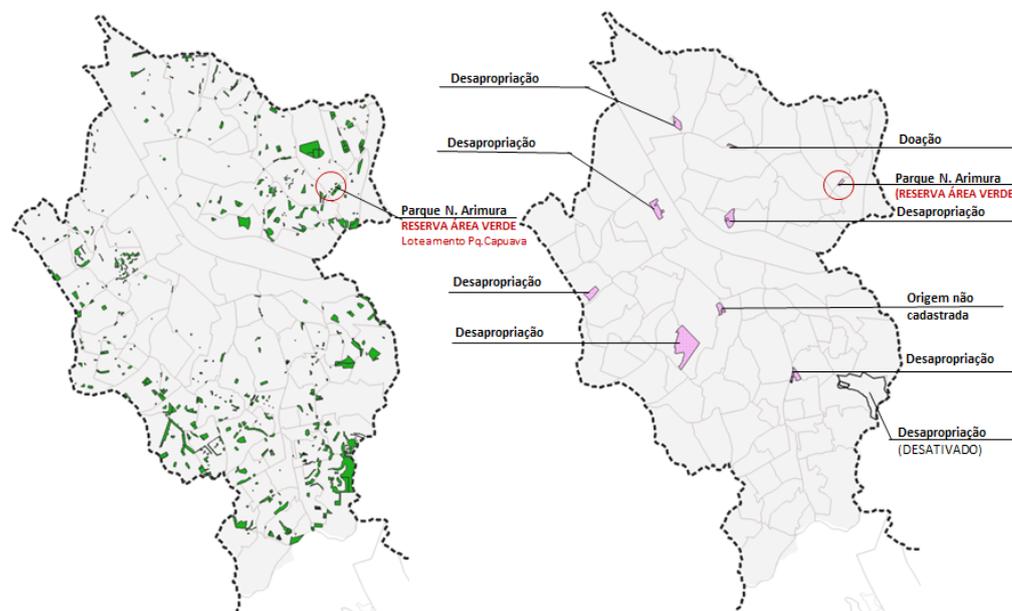
Fonte de dados: Prefeitura de Santo André e Pegurer, 2012.
(elaboração dos mapas no Qgis: Cristina Pegurer)

Outras análises podem ser incluídas aqui. A primeira em relação aos parques municipais de Santo André. Dentre os dez parques indicados no Anuário do município, apenas um está implantado em área verde com

origem na reserva de loteamento (Parque Norio Arimura). Sete parques municipais têm como origem da propriedade pública, o instrumento da desapropriação, o que gera a necessidade de despesa específica no

orçamento público, para implantação verba destinada à indenização ao da área verde/parque, haja vista a proprietário.

Figura 6: Áreas verdes c/ origem no parcelamento do solo e cadastradas no Banco de Dados Municipal x Parques Públicos Municipais.



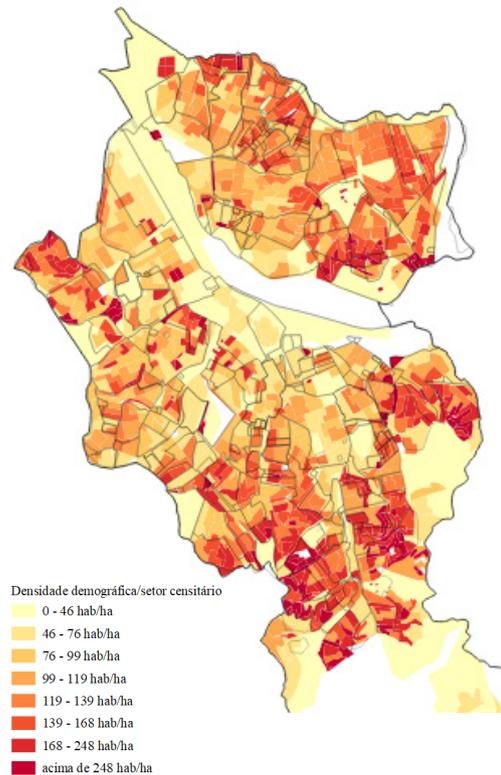
Fontes de dados: Prefeitura de Santo André; Pegurer, 2012 e Anuário de Santo André 2016-ano base 2015
(elaboração dos mapas no Qgis: Cristina Pegurer)

A segunda análise a ser incluída, pode ser formulada a partir do diagnóstico dos usos efetivados nas áreas livres reservadas nos projetos dos loteamentos, e trata de suas relações com a densidade demográfica do município. Com a ocupação das áreas reservadas, por núcleos habitacionais precários, onde o adensamento populacional é bastante elevado, pode-se observar que a ausência de áreas livres no território não permite prognóstico favorável à recuperação de áreas verdes nessas regiões do município. Essa situação acaba por acentuar a vulnerabilidade ambiental dos bairros do entorno e dos próprios núcleos habitacionais que ocuparam terras destinadas à implantação de áreas verdes. O mapa da figura 7

representa, na cor mais escura, as regiões com maiores densidades demográficas do município; justamente em contraponto com os bairros onde as áreas verdes foram ocupadas por outros usos, principalmente o habitacional.

Outra análise pode ser feita, também, entre a localização das áreas verdes no território e o rendimento médio familiar. De modo similar ao que ocorre quanto a ausência de áreas verdes nas áreas mais vulneráveis do município, esta ausência também é observada nas regiões com menor rendimento familiar, como representa a figura 8.

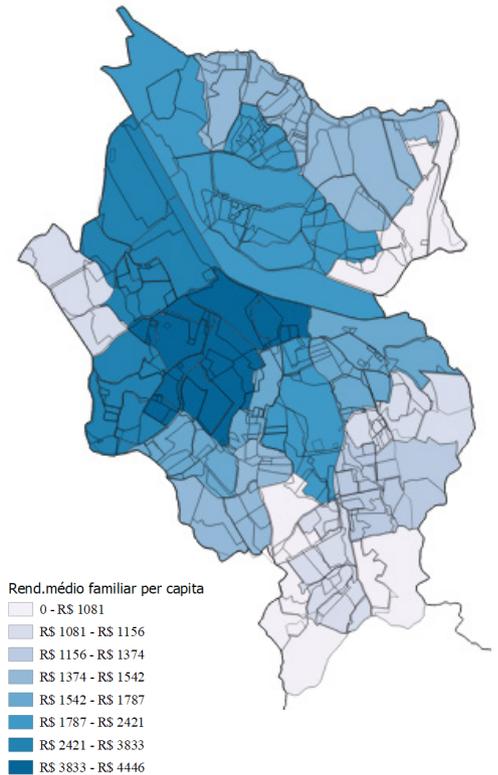
Figura 7: Densidade demográfica - hab/ha



Fonte de dados: IBGE

(elaboração dos mapas no Qgis: Cristina Pegurer)

Figura 8: Rendimento médio familiar per capita



Fonte de dados: Anuário de S. André 2016

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas cidades, a reserva de áreas para implantação de espaços verdes é fundamental, tanto por seus benefícios ecossistêmicos como salutogênicos.

Durante o processo de configuração e ocupação do solo urbano, várias peças legais estabeleceram diretrizes para os projetos dos loteamentos, e definiram percentuais mínimos para reserva de espaços livres, destinados à implantação de áreas verdes.

Entretanto, considerando-se o estudo de caso adotado neste trabalho, observou-se que muitas áreas reservadas como áreas verdes

foram ocupadas ou destinadas a usos distintos daquele originalmente previsto no parcelamento do solo. A aplicação da legislação, no momento de aprovação dos processos de parcelamento do solo, não foi medida suficiente para a efetivação dos usos originalmente previstos para as áreas verdes. Pode-se dizer que, a ausência de uma gestão efetiva para proteção do uso originalmente previsto para essas áreas, contribuiu para que a ocupação por outros usos se sobrepusesse àquele indicado na legislação. Diante disso, muitas áreas livres, originalmente destinadas ao uso público, acabaram por "desaparecer" da paisagem urbana.

Cabe à gestão pública estabelecer

caminhos para a recuperação de parcelas do território onde seja possível a implantação de áreas verdes. Considerando-se, ainda, o cenário elaborado para o município de Santo André, algumas questões devem ser respondidas para a viabilização do processo de implantação de novas áreas verdes públicas na zona urbana, inclusive questões indicadas no Guia GPS - Gestão Pública Sustentável (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2016):

- a) quais os usos efetivamente ocupam as áreas reservadas como áreas verdes públicas (garantir diagnóstico e banco de dados atualizado)?
- b) quantas são as áreas verdes existentes e passíveis de utilização pelos moradores do entorno?
- c) qual é a metragem de área verde por habitante e como essas áreas estão distribuídas no território?
- d) quais são as áreas reservadas como áreas verdes que foram ocupadas e demarcadas como Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS?
- e) onde estão localizadas as maiores densidades populacionais e os maiores vetores de pressão demográfica sobre as áreas livres?
- f) onde estão localizadas as áreas da zona urbana com menor índice de áreas verdes?

No passo seguinte, é imprescindível que sejam definidas as estratégias de atuação da gestão pública, tais como: garantir preservação de áreas verdes públicas existentes, controlando o uso e a ocupação do solo; adequar expansão urbana à capacidade de suporte da infraestrutura (incluindo,

na infraestrutura as áreas verdes; promover planejamento integrado (intersecretarial); recuperar uso original nas áreas verdes públicas ocupadas (quando possível); viabilizar a aquisição de imóveis para conversão em áreas verdes públicas; viabilizar reocupação do solo, nos núcleos habitacionais precários, com reserva de áreas livres.

Por fim, deve-se considerar que todo o processo de implantação ou recuperação de áreas verdes públicas na malha urbana, e posterior manutenção do uso previsto, tenha a participação efetiva da população do entorno. Para tanto, faz-se necessária, também, a adoção de uma gestão integrada e participativa, onde o interesse da população seja considerado na proposição e gestão das áreas verdes (MILLER & MONTALTO, 2019).

A educação torna-se uma ferramenta importante para o empoderamento da população na cobrança para com o poder público em atender os estabelecimentos da lei, já que o nível de educação impacta a percepção dos benefícios proporcionados ao homem pela natureza (LIMA & BASTOS, 2019).

Como cita Jane Jacobs, sobre o caso de um gramado que foi implantado em um conjunto habitacional no East Harlem de Nova York, e o que disse uma moradora desse conjunto a uma assistente social, quando foi questionada sobre o motivo pelo qual os moradores pediam a retirada do gramado:

Ninguém se interessou em saber o que queríamos quando construíram este lugar. Eles demoliram nossas casas e nos puseram aqui e puseram nossos

amigos em outro lugar. Perto daqui não há um único lugar para tomar um café, ou comprar um jornal, ou pedir emprestado alguns trocados. Ninguém se importou com o que precisávamos. mas os poderosos vêm aqui, olham para esse gramado e dizem: Que maravilha! Agora os pobres têm de tudo! (JACOBS, 2011, p.14)

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à VI JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, realizada pelo DCAM / UFSCar em 2020.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Sérgio Luís. *Espaço Público: do urbano ao político*. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2008.

AMATO-LOURENÇO, L. F. et al. Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. *Estudos Avançados*, v. 30, n. 86, p. 113-130, abr. 2016.

BENNET, Helena M. et al. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 14, p. 76-85, 2015.

CARBONE, Amanda S. et al. Gestão de Áreas Verdes no Município de São Paulo: Ganhos e Limites. *Ambiente & Sociedade*, v. 28, n. 4, p. 201-220, out.-dez. 2015.

CHIESURA, A., The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 68, 129-138, 2003.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: How far have

we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v. 28, n. Part A, p. 1-16, Dezembro 2017.

DEN BERG, A. E. V., MAAS, J., VERHEIJ, R.A., GROENEWEGEN, P. P.Green space as a buffer between stressful life events and health. *Social Science & Medicine*, 70, 1203-1210, 2010.

DENNIS M., COOK P. A., JAMES, P. C., WHEATER, P. W. and LINDLEY, S.J. Relationships between health outcomes in older populations and urban green infrastructure size, quality and proximity. *BMC Public Health*, 20, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08762-x>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Panorama do município de Santo André*. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santo-andre/panorama>>. Acesso em 01 jun. 2020.

GEHL, Jan; SVARRE, Brigitte. *Vida nas cidades: como estudar*. 1ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2018.

JACOBS, JANE. *Morte e vida de grandes cidades*. 3ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011.

LEFEBVRE, HENRI. *O direito à cidade*. São Paulo: Centauro, 2001.

LIMA, F. P., BASTOS, R. P. Perceiving the invisible: Formal education affects the perception of ecosystem services provided by native areas, *Ecosystem Services*, 40, 101029, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101029>.

LIN, B. B.; HILPOTT, S. M.; JHA, S.The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services:

- Challenges and next steps. *Basic and Applied Ecology*, 16, 189-201, 2015.
- MILLER, S. M. & MONTALTO, F. A. (2019). Stakeholder perception of the ecosystem services provided by Green Infrastructure in New York City. *Ecosystem Services*, 37, 100928. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100928>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Serviços Ecológicos*. Disponível em: <<https://mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-dabiodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%A7oes.html>>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Brasil; 2020* [acesso em 11 jun. 2020]. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>
- PEGURER, Cristina. *Terra públicas e usos privados: áreas reservadas no parcelamento do solo*. Estudo de caso para o município de Santo André. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.
- PRETTY, J., PEACOCK, J., SELLENS, M., GRIFFI, M. The mental and physical health outcomes of green exercise. *Int J Environ Health Res*;15: 319-37, 2005.
- PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. *Guia GPS - Gestão Pública Sustentável*. Agência Frutífera. São Paulo, 2016.
- RAMOS, Ruth Cristina Ferreira; FREITAS, Simone Rodrigues de; PASSARELLI, Silvia Helena Facciolla. A dimensão simbólica da vegetação na cidade: o caso de Santo André (SP). *Soc. nat.*, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 55-65, Abr. 2016.
- SANTO ANDRÉ, Prefeitura de. *Anuário de Santo André 2016* (Ano base: 2015)
- TZOULAS, K., KORPELA, K., VENN S., YLI-PELKONEN V., KA'ZMIERCZAK A., NIEMELA J., JAMES, P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81, 167 - 178, 2007. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.02.001
- ULRICH, R.S.. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*; 224: 420-21, 1984.
- UNITED NATIONS (UN). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. in: Website UN DESA - United Nations Department of Economic and Social Affairs. [S.I.], 16 mai. 2018. [acesso em 11 jun.2020]. Disponível em: <<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>>.
- WHO, 1948. *Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States* (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.
- ZIJLEMA W. L., TRIGUERO-MAS M., SMITH G., CIRACH M., ... , JULVEZ J. The relationship between natural outdoor environments and cognitive functioning and its mediators, *Environmental Research*, Volume

155, 268-275, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.02.017>.

LEGISLAÇÕES CONSULTADAS

FEDERAL. *Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979*. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

FEDERAL. *Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999*. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).

FEDERAL. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001* (Estatuto da Cidade). Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

ESTADUAL. *Constituição Estadual de 05 de outubro de 1989* e suas alterações.

MUNICIPAL. *Lei nº 271, de 02 de abril de 1929*. Dispõe sobre urbanização.

MUNICIPAL. *Lei nº 326, de 15 de março de 1937*. Modifica a Lei nº 271, de 02 de abril de 1929.

MUNICIPAL. *Lei nº 1.117, de 07 de junho de 1956*. Dispõe sobre os loteamentos, arruamentos, aberturas de vias ou logradouros, assim como os desmontes, escavações ou aterros.

MUNICIPAL. *Lei nº 1.619, de 30 de novembro de 1960*. Altera os artigos 31, 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 56 da Lei nº 1.117, de 7 de junho de 1956.

MUNICIPAL. *Lei nº 2.756, de 22 de agosto de 1967*. Dispõe sobre arruamentos e loteamentos a serem executados no Município.

MUNICIPAL. *Lei Orgânica do município*, de 02 de abril de 1990.

MUNICIPAL. *Lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004*. Institui o novo Plano Diretor do município de Santo André, nos termos do artigo 182 da Constituição Federal, do capítulo III da lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 - Estatuto da Cidade - e do Título V, capítulo III, da Lei Orgânica do município de Santo André.

MUNICIPAL. *Lei nº 8.836, de 10 de maio de 2006*. Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo da Macrozona Urbana.

MUNICIPAL. *Emenda nº 48, de 05 de março de 2008*. Altera o artigo 307 da Lei Orgânica do município.

MUNICIPAL. *Lei nº 8.869, de 18 de julho de 2006*. Dispõe sobre a regularização fundiária e a urbanização de assentamentos precários, e a produção habitacional, destinadas à população de baixa renda.

MUNICIPAL. *Lei nº 9.066, de 04 de julho de 2008*. Altera a Lei das Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS, Lei nº 8.869, 18 de julho de 2006, Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo da Macrozona Urbana, Lei nº 8.836, de 10 de maio de 2006, Plano Diretor do município de Santo André, Lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004 e dá outras providências.

MUNICIPAL. *Lei nº 9.394, de 05 de janeiro 2012*. Altera a lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que instituiu o Plano Diretor no município

de Santo André, atendendo o artigo 181 que prevê a revisão do Plano Diretor.

MUNICIPAL. *Lei nº 9.924, de 21 de dezembro de 2016.* Dispõe sobre a Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo no município de Santo André, e dá outras providências. Revoga os arts. 1 a 72, os incisos I a III do art. 77 e 79 a 172 da Lei nº 8.836, de 10 de maio de 2006.

MUNICIPAL. *Lei nº 10.191, de 30 de julho de 2019.* Altera a Lei nº 8.869, de 18 de julho de 2006, que dispõe sobre as normas especiais para Habitação de Interesse Social - HIS e Zona Especial de Interesse Social - ZEIS; a Lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que institui o Plano Diretor do Município e a Lei nº 9.924, de 21 de dezembro de 2016, que dispõe sobre a Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo no município de Santo André, e dá outras providências.

Análise dos efeitos causados pelo intemperismo acelerado em amostras de arenito poroso vermelho

Analysis of the effects caused by accelerated weathering on red porous sandstone samples

Análisis de los efectos causados por la meteorización acelerada en muestras de arenisca porosa roja

Denise Balestrero Menezes

Professora Doutora, UFSCar
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU
denisebm@ufscar.br

Alexandre Magalhães De Petri Coelho

Graduando, UFSCar, Brasil.
alexandre.magalhaes.
depetrini@gmail.com

RESUMO

Os arenitos da formação Botucatu são muito utilizados na região de São Carlos e Araraquara, sendo utilizados em várias edificações históricas destas cidades. Um dos litotipos da formação, o arenito poroso vermelho (APV), é tradicionalmente considerado rejeito da extração dos arenitos vermelho e amarelo; contudo, as pedreiras da região vêm demonstrando interesse na comercialização deste litotipo como parte de um esforço maior de redução da produção de rejeitos. Este trabalho teve como objetivos determinar os efeitos causados pelo uso de ácido muriático em superfícies feitas de APV, com o intuito de expandir sobre estudos de viabilidade do litotipo realizados por outros pesquisadores da UFSCar e verificar a veracidade de relatos sobre os efeitos negativos do reagente neste material. Para isto, foram realizados ensaios de impacto de corpo duro e índices físicos segundo normatização vigente e de alteração acelerada não normatizado, em dois grupos de amostras que haviam sido previamente expostos a intempérie natural por 1 ano. Estes ensaios mostraram que, após exposição prolongada ao reagente, as amostras perderam ao redor de ¼ da massa, perderam em média 30% de sua tenacidade, adotaram colorações indesejadas e tiveram alterações de seus índices físicos condizentes com perda de cimentação e deposição de sais nos poros. Com isto, foi concluído que o uso de ácido muriático para limpeza de superfícies compostas de APV é fortemente contraindicado, pois afeta negativamente todos os aspectos ensaiados da rocha.

PALAVRAS-CHAVE: Alteração química, Ácido Muriático, Arenito Botucatu, Degradação.

ABSTRACT

The sandstones of the Botucatu formation are extensively used in the region of São Carlos and Araraquara, even having been used in several historical buildings of these cities. One of the formation's lithotypes, known as red porous sandstone (APV), has been traditionally viewed as a waste product of the extraction of yellow and red sandstones; the quarries of the region have, however, shown an increasing interest in selling this lithotype due to a major effort in reducing waste generation. This study aimed to determine the effects caused by the use of muriatic acid on surfaces made of APV, in order to expand upon lithotype feasibility studies conducted by other researchers from the federal university of São Carlos and to verify the veracity of reports on the negative effects caused by use of this acid on this APV. For this, tests of hard body impact resistance and determination of physical indices according to current norms and a non-standardized chemical alteration test were performed on two sample groups that had previously been exposed to natural weathering for a period of around 1 year. These tests showed that, after prolonged exposure to the acid, the samples: lost around 1/4 of the mass, lost on average 30% of their tenacity, adopted unwanted stains and had changes in their physical indexes consistent with loss of cementation and deposition of salts in the voids. With this, it was concluded that the use of muriatic acid for cleaning surfaces composed of APV is strongly contraindicated, as it negatively affects all tested aspects of the rock.

KEYWORDS: Chemical weathering, Muriatic acid, Botucatu sandstones, Deterioration.

RESUMEN

La arenisca de la formación Botucatu es ampliamente utilizada en la región de São Carlos y Araraquara, siendo utilizada en varios edificios históricos de estas ciudades. Uno de los litotipos de la formación es la arenisca porosa roja (APV), que es tradicionalmente considerada relaves de la extracción de las areniscas roja y amarilla; sin embargo, las canteras de la región han mostrado interés en la comercialización de este litotipo como parte de un mayor esfuerzo para reducir la producción de relaves. Este estudio tenía como objetivo determinar los efectos causados por el uso de ácido muriático en superficies hechas de APV, con el fin de complementar estudios de viabilidad del litotipo ya realizados por otros investigadores de la universidad federal de São Carlos, y verificar la veracidad de anécdotas sobre los efectos negativos de este ácido en el material. Para ello, se realizaron pruebas de impacto corporal duro e índices físicos de acuerdo con la estandarización actual y alteración acelerada no estandarizada en dos grupos de muestras que previamente habían estado expuestas al clima natural durante 1 año. Estos ensayos mostraron que, después de una exposición prolongada al reactivo, las muestras perdieron alrededor de 1/4 de la masa, perdieron en promedio 30% de su tenacidad, adoptaron manchas no deseadas y tuvieron cambios en sus índices físicos consistentes con la pérdida de cementación y deposición de sales en los poros. Con esto, se concluyó que el uso de ácido muriático para limpiar superficies compuestas de APV es fuertemente contraindicado, ya que afecta negativamente a todos los aspectos probados de la roca.

PALABRAS-CLAVE: Alteración química, Ácido Muriático, Arenisca Botucatu, Degradación.

1. INTRODUÇÃO

O arenito poroso vermelho, doravante chamado de APV, é uma das rochas provenientes da formação Botucatu, Bacia Sedimentar do Paraná, aflorante na região de São Carlos, cujos litotipos silicificados são utilizados pela indústria de construção civil regional como rochas ornamentais para revestimento e calçamentos. Estas rochas já tiveram uso em placas amplamente difundido no passado, havendo diversos calçamentos e fachadas remanescentes, inclusive de prédios históricos.

Apesar de ser comumente considerado rejeito da extração dos arenitos silicificados amarelo e vermelho, o APV vem tendo sua viabilidade como rocha de revestimento estudada por pesquisadores da UFSCar, como Moraes et al. (2018).

A manutenção rotineira de obras e construções se faz, por natureza, vital para a viabilidade das mesmas, este processo necessita de planejamento meticuloso e bom conhecimento das

alterações sofridas por suas partes constituintes. Um dos principais agentes destas mudanças é a intempérie.

Efeitos das intempéries vêm sendo estudados em obras, em especial as históricas, que necessitam de restauro e manutenção. Del Lama et al. (2008) avaliaram os efeitos da intempérie nos arenitos da faixa do Teatro Municipal de São Paulo e concluíram que os danos observados na construção ao longo do tempo estão relacionados às características do litotipo escolhido, sujeito a maiores degradações no tempo por suas características.

Mas tendo a informação e os ensaios possíveis, estudar as rochas previamente à sua aplicação em obras é de fundamental importância.

Ensaio de alterabilidade de rochas não são normatizados no Brasil, embora o sejam em outros países (por exemplo as Normas europeias EN). No Brasil, diversos pesquisadores

têm procurado realizar ensaios que simulem efeitos das intempéries, como o trabalho realizado em granitos e mármore com reagentes químicos encontrados comumente em produtos de limpeza por Frascá et al. (1999), Becerra e Costa (2007).

O primeiro estudo com fins de caracterizar os arenitos da formação Botucatu para fins de uso na indústria de construção civil como alicerces, revestimentos e agregados foi realizado por Portillo (1988). O estudo determinou que o litotipo “[é] um material de extrema dureza e resistência, mostrando valores comparáveis aos de rochas cristalinas de qualidade.” No entanto, também foi notado que uma das características do material “É a falta de homogeneidade, principalmente no que se refere ao grau de silicificação.”

A alterabilidade é o potencial da rocha apresentar modificação de uma ou mais de suas propriedades ao longo do tempo. O grau de alteração afeta todas as propriedades do litotipo, mas o de maior interesse para materiais usados em revestimento é o aumento da porosidade e absorção d’água, assim como aspectos estéticos e diminuição da resistência mecânica. Devido ao crescimento do uso de rochas para estes fins que se deu nas últimas 5 décadas, há uma crescente demanda por pesquisas complementares de alterabilidade sofrida por intemperismo. Paraguassu et al. (2014).

Frascá e Yamamoto (2014), ressaltam a necessidade de conhecer antecipadamente as possíveis alterações causadas por intemperismo na rocha devido à

natureza irreversível dos processos de deterioração e alterabilidade.

OBJETIVOS

O presente estudo foi realizado com o intuito de aprofundar as pesquisas de viabilidade anteriores, mais especificamente relacionadas ao intemperismo químico. Um dos impulsionadores foram informações de empresários da indústria da rocha de revestimento sobre como o uso de ácido muriático levou a danificação de calçamentos feitos de arenitos da formação Botucatu.

Deste modo, teve como objetivo determinar as alterações sofridas por amostras de APV que passaram por um ensaio de alteração acelerada (Frascá, 2003) utilizando o ácido muriático pelos seguintes métodos:

- Variação da energia de ruptura por impacto de corpo duro (NBR-15845-8 (ABNT, 2015)) entre um conjunto de amostras de controle e outro de amostras alteradas.
- Variação dos valores de índices físicos (NBR-15845-2 (ABNT, 2015)): densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água.
- Análise das alterações do aspecto visual das amostras e seu impacto no valor cosmético das mesmas.

2. METODOLOGIA

2.1 SEPARAÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS

O conjunto de amostras (enumeradas de 1 a 10) utilizado para este estudo havia sido deixado exposto aos efeitos da intempérie por aproximadamente 2 anos com o intuito de realizar ensaios após os efeitos da alteração natural. Após este período as amostras foram organizadas em 5

pares de placas semelhantes (de acordo com critérios como massa, aspecto macroscópico, peso), que logo foram separados em dois grupos experimentais, nomeados 1 (controle/sem alteração química) e 2 (alterado quimicamente).

Tabela 1: separação das placas em grupos e pares experimentais

Par	Placa no grupo 1	Placa no grupo 2
A	4	3
B	1	5
C	2	6
D	10	9
E	7	8

Fonte: Autores, 2020.

2.2 PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO GRUPO 1

As amostras do grupo 1 foram cortadas de acordo com as especificações dadas pela norma NBR 15845-8 (ABNT, 2015), elas então foram submetidas ao ensaio de impacto de corpo duro, executado seguindo a norma mencionada anteriormente, suas energias de ruptura foram calculadas também seguindo a norma; as incertezas foram calculadas apesar de não serem requeridas.

2.3 PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO GRUPO 2

Devido à falta de normatização, o ensaio de alteração acelerada foi realizado seguindo a metodologia estabelecida por Frascá (2003).

As placas do grupo 2 foram cortadas na dimensão de 200mm x 200mm x ~10mm, secas em estufa por 24 horas e sua massa inicial foi determinada após a secagem. As amostras foram então submersas parcialmente em ácido muriático (HCl 30%) em concentração de uso por um período de 30 dias, durante os

quais as mudanças no aspecto visual das amostras foram monitoradas diariamente e a solução trocada a cada dois dias quando possível.

Após o período de submersão parcial, as amostras foram retiradas e deixadas secando por mais um período de 30 dias, após o qual suas massas finais foram determinadas e o grupo 2 então submetido a um ensaio de impacto de corpo duro.

2.4 ENSAIO DE ÍNDICES FÍSICOS

Para a realização do ensaio de índices físicos foram cortados corpos de prova na dimensão de 50mm x 50mm x ~20mm a partir de retalhos das placas do grupo 2 que não foram submetidos ao ensaio de alteração acelerada e pedaços das placas alteradas (após o ensaio de impacto de corpo duro). As amostras foram separadas em 2 grupos: A (são) e B (alterado) e submetidas simultaneamente ao ensaio de índices físicos seguindo a norma NBR 15845-2 (ABNT, 2015).

A amostras foram submersas até 1/3 de sua altura em água deionizada durante 4 horas, logo a submersão

foi aumentada para 2/3 da altura e, após um período de mais 4 horas, as amostras foram totalmente submersas em água deionizada por um período aproximado de 40h. Após este período, as amostras foram pesadas suspensas em água para obter os valores de massa submersa (M_{sub}).

Após isso, as amostras foram secas com uma toalha e pesadas novamente, dessa vez para obter seu valor de massa saturada (M_{sat}). Então os corpos foram colocados em estufa com temperatura de 70 ± 5 graus Célsius e pesadas em intervalos de 24 ± 2 horas até atingir massa constante ($\Delta m \leq 0,1\%$), a qual é sua massa seca (M_{sec}). Com os valores obtidos foram calculados os valores

de densidade aparente [Kg/m^3], porosidade aparente [%] e absorção de água [%].

3. RESULTADOS

3.1 ENSAIOS DE IMPACTO DE CORPO DURO

As energias de ruptura das placas do grupo 1 (Tabela 2) apresentaram uma alta variação de uma para a outra; a placa 7 precisou de uma altura de impacto consideravelmente maior do que as outras placas. Esta falta de homogeneidade entre as amostras corrobora as observações de Portillo (1988), que realizou os primeiros ensaios de caracterização dos arenitos da formação Botucatu.

Tabela 2: Energias de ruptura do grupo 1

Corpo (Placa)	Altura de ruptura [m]	Energia de ruptura [J]
1	$0,750 \pm 0,001$	$7,355 \pm 0,012$
2	$0,800 \pm 0,001$	$7,845 \pm 0,013$
4	$0,600 \pm 0,001$	$5,884 \pm 0,011$
7	$1,450 \pm 0,001$	$14,219 \pm 0,017$
10	$0,600 \pm 0,001$	$5,884 \pm 0,011$

Fonte: Autores, 2020.

As placas do grupo 2 apresentaram energias de ruptura (Tabela 3) reduzidas em comparação com as do grupo 1 - não alterado, tendo uma energia média de $4,413 \pm$

$0,025$ J, comparada com a média do conjunto 1 de $8,237 \pm 0,029$ J ($6,742 \pm 0,024$ J se a placa 7, que pode ser considerada anômala, for desconsiderada).

Tabela 3: Energias de ruptura do grupo 2

Corpo (Placa)	Altura de ruptura [m]	Energia de ruptura [J]
3	$0,550 \pm 0,001$	$5,393 \pm 0,011$
5	$0,450 \pm 0,001$	$4,413 \pm 0,011$
6	$0,400 \pm 0,001$	$3,922 \pm 0,011$
8	$0,400 \pm 0,001$	$3,922 \pm 0,011$
9	$0,450 \pm 0,001$	$4,413 \pm 0,011$

Fonte: Autores, 2020.

Retirando o par "E", que contém a placa anômala 7, da elaboração dos resultados, a energia de ruptura variou, em média, $2,206 \pm 0,008$ J ou $30,833 \pm 0,125$ %.

A redução significativa da energia de ruptura indica que o ácido muriático causou a degradação das características estruturais das rochas (Tabela 4).

Tabela 4: Variação de energias de ruptura entre os grupos 1 e 2

Corpo	Massa inicial [g]	Massa final [g]	Variação de massa [g]	Porcentagem de variação
3	$1949 \pm 1,000$	$1515 \pm 1,000$	$434 \pm 1,414$	$22,27 \pm 0,07$
5	$2015 \pm 1,000$	$1545 \pm 1,000$	$470 \pm 1,414$	$23,33 \pm 0,07$
6	$1688 \pm 1,000$	$1260 \pm 1,000$	$428 \pm 1,414$	$25,36 \pm 0,09$
8	$2263 \pm 1,000$	$1700 \pm 1,000$	$563 \pm 1,414$	$24,88 \pm 0,06$
9	$1935 \pm 1,000$	$1546 \pm 1,000$	$389 \pm 1,414$	$20,10 \pm 0,07$

Fonte: Autores, 2020.

3.2 ENSAIO DE ALTERAÇÃO ACELERADA

A massa das amostras foi reduzida, em média, $456,800 \pm 0,632$ g (23,186 \pm 0,033%). A perda de ao redor

de $\frac{1}{4}$ da massa dos corpos indica que houve perda da cimentação de óxido de ferro das placas, levando à redução da integridade estrutural das mesmas (Tabela 5).

Tabela 5: Variação de massa após ensaio de alteração acelerada

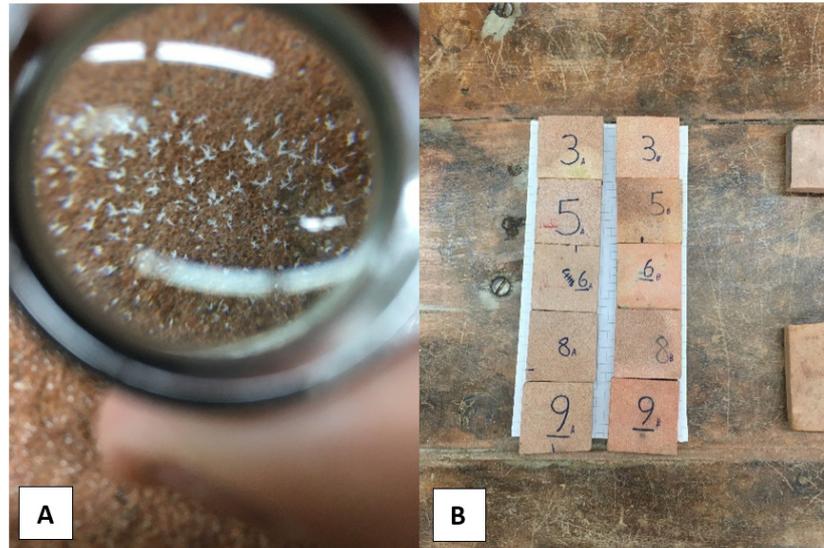
Corpo	Massa inicial [g]	Massa final [g]	Variação de massa [g]	Porcentagem de variação
3	$1949 \pm 1,000$	$1515 \pm 1,000$	$434 \pm 1,414$	$22,27 \pm 0,07$
5	$2015 \pm 1,000$	$1545 \pm 1,000$	$470 \pm 1,414$	$23,33 \pm 0,07$
6	$1688 \pm 1,000$	$1260 \pm 1,000$	$428 \pm 1,414$	$25,36 \pm 0,09$
8	$2263 \pm 1,000$	$1700 \pm 1,000$	$563 \pm 1,414$	$24,88 \pm 0,06$
9	$1935 \pm 1,000$	$1546 \pm 1,000$	$389 \pm 1,414$	$20,10 \pm 0,07$

Fonte: Autores, 2020.

Durante a execução do ensaio foi observada a formação de cristais na superfície das amostras (Figura 1-A) e a alteração de seu aspecto visual,

levando ao exagero da coloração e surgimento de áreas escurecidas, degradando seu valor cosmético (Figura 1-B).

Figura 1: A- Formação de cristais na superfície das amostras após o experimento de alteração acelerada. B - Comparação de amostras alteradas/sãs do grupo.



Fonte: ACERVO PESSOAL (1 e 2)

3.3 ENSAIOS DE ÍNDICES FÍSICOS

Em geral, a exposição prolongada do litotipo ao ácido muriático causou a redução da densidade aparente das amostras e o aumento dos valores de porosidade aparente e absorção de água das mesmas (Tabela 6). Este resultado está relacionado com a alteração que o ácido produz nas

amostras. Visualmente já havia sido observado que as amostras passaram por mudanças de coloração: de vermelho (cimento de óxido de ferro) para vermelho amarelado e amarelo claro. O aumento de porosidade e absorção de água são indicativos de que possa estar ocorrendo a dissolução do óxido de ferro.

Tabela 6: E ensaios de índices físicos do grupo 2 antes e após a alteração acelerada por ácido muriático.

Placa	Densidade aparente inicial [kg/m ³]	Densidade aparente final [kg/m ³]	Porosidade aparente inicial [%]	Porosidade aparente final [%]	Absorção de água inicial [%]	Absorção de água final [%]
3	2060,091	2040,308	11,196	11,433	5,435	5,603
5	2088,110	2091,636	10,093	9,647	4,833	4,612
6	2008,210	1919,161	13,397	17,354	6,671	9,043
8	2073,940	2085,522	12,274	11,804	5,918	5,660
9	2062,908	2055,993	13,385	14,138	6,488	6,876

Fonte: Autores, 2020.

4. CONCLUSÕES

Os valores de perda de massa ($\Delta m = 23,186 \pm 0,033\%$) e variação de energias de ruptura ($\Delta w = 30,833 \pm 0,125\%$) obtidos após a comparação dos resultados dos conjuntos 1 e 2 indicam que a exposição prolongada do arenito poroso vermelho ao ácido muriático causa a perda das características estruturais do litotipo no âmbito do valor de tenacidade do mesmo, como evidenciado também na redução dos valores de densidade aparente das placas.

A reação entre as amostras e o ácido muriático causaram uma grande mudança na coloração das mesmas, como perda da coloração geral da amostra ou exagero da mesma. Isto leva a degradação do valor cosmético do litotipo que, junto com as circunstâncias de sua utilização como rocha ornamental, tornam o uso em excesso de ácido muriático para a limpeza da mesma desaconselhável.

Outro efeito notável do uso de ácido muriático em arenito poroso vermelho foi a cristalização de sais na superfície das placas. Isto pode acarretar na ocorrência do processo erosivo da haloclastia ao longo dos anos, reduzindo ainda mais as características estruturais e cosméticas do litotipo.

A exposição prolongada das amostras de APV ao ácido muriático causou, no geral, uma redução dos valores de densidade aparente e redução dos valores de porosidade aparente a absorção d'água; condizendo com a conclusão que o uso do ácido muriático causou redução nas características estruturais das amostras. No entanto, os resultados peculiares das placas 5 e 8 poderão ser investigados em futuros ensaios

de caracterização da estrutura interna e preenchimento dos poros do litotipo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 10. Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

Agradecemos aos apoios da Pedreira Araújo (arrendatário Márcio Piccinin) e seus funcionários, aos laboratórios de Geociências e Geotecnia do DECiv - UFSCar pelo espaço de desenvolvimento da pesquisa, à ProPq - UFSCar pela aprovação do projeto de Iniciação Científica PUICT.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15845-2: Rochas para revestimento - Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15845-8: Rochas para revestimento - Parte 8: Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

BECERRA, J. E. B.; COSTA, A. G. (2007) Ensaios de alteração acelerada para avaliação da durabilidade de seis granitos ornamentais brasileiros. *Revista Geonomos*, v. 15/2, p. 33-42.

DEL LAMA, E. A., SZABÓ, G. A. J., DEHIRA, L. K., KIHARA, Y. Impacto do Intemperismo no Arenito de Revestimento do Teatro Municipal de São Paulo. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 75-86, abril 2008

- FRASCÁ, M. H. B. de O.; FRAZÃO, E. B.; QUITETE, E. B. Alterabilidade de rochas ornamentais: Metodologia para previsão da durabilidade pela exposição a produtos de limpeza. *Anais: V Congreso Iberoamericano de patología de las construcciones, VII Congreso de control de calidad*. Montevideo, 1999
- FRASCÁ, M.H.B.O. *Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento*. Tese de doutorado (Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia), Instituto de Geociências USP, SP, Brasil, 2003.
- FRASCÁ, M. H. B. O.; YAMAMOTO, J. K. Deterioração de rochas graníticas em edificações e monumentos – Investigação por ensaios de alteração acelerada. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental*, 2014
- MORAES, D. C; PORTO A. C; MENEZES D. B; BONUCCELLI T. J. Ensaios tecnológicos em arenitos silicificados: estudo de aproveitamento de rejeito da mineração. In: *Anais... 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2 a 6 de setembro de 2018, Maksoud Plaza Hotel | São Paulo | SP. Anais [...]. São Paulo: ABGE, 2018 artigo 139, 10p. Disponível em: <http://www.schenautomacao.com.br/cbge/anais/trabalhos.php>, acesso em 18 de agosto de 2020.
- PARAGUASSÚ, A.B. (ORG.); RODRIGUES, J.E. (ORG.); RIBEIRO, R. P. (ORG.); FRAZÃO, E. B. (ORG.). (2014) *Indústria da Pedra: da Extração à Aplicação Final*. 1. ed. EESC – USP, São Carlos, 2014. 130p.
- PORTILLO, E. Z. F. *Considerações sobre a caracterização tecnológica, a exploração e os usos do arenito Botucatu silicificado na região de São Carlos – SP*. Dissertação de Mestrado (Geotecnia). EESC, USP. São Carlos, SP, 1988.

Morfologia Urbana e Qualidade Ambiental: Avaliação do Potencial de Adequação Climática de Tecidos Urbanos no Semiárido do Nordeste Brasileiro

Urban Morphology and Environmental Quality: Assessment of Potential Climate Adequacy of Urban Fabrics in Semiarid of Brazilian Northeastern

Morfología Urbana y Calidad Ambiental: Evaluación del Potencial de Adecuación Climática de los Tejidos Urbanos en el Semiárido del Noreste de Brasil

Maria Vitoria da Silva Costa

Graduanda Arquitetura e Urbanismo
Univ Fed de Alagoas (UFAL),
Campus Arapiraca.
mariavitoriaah@gmail.com

Ruan Victor Amaral Oliveira

Arquiteto e Urbanista
Univ Fed de Alagoas (UFAL),
Campus Arapiraca.
ruanvictoramaryl@hotmail.com

Juliana Carla do Nascimento

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo
Univ Fed de Alagoas (UFAL),
Campus Arapiraca
carlajuliana153@gmail.com

Simone Carnáuba Torres

Doutora em Desenv Urbano
Profa. Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus Arapiraca
simone.torres@arapiraca.ufal.br

RESUMO

A adequação do conjunto edificado às condições climáticas de cada região é importante para redução do aquecimento de estruturas urbanas e para o favorecimento das condições de saúde e conforto térmico humano. Este estudo corresponde a uma investigação sobre a influência da morfologia urbana e do adensamento construtivo no comportamento das variáveis climáticas. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o potencial de adequação climática de conjuntos edificados da cidade de Arapiraca-AL, caracterizados por diferentes padrões de densidade construtiva, considerando as estratégias bioclimáticas locais. Foi realizado o monitoramento microclimático nos tecidos selecionados no período dezembro/2019 e janeiro/2020. Foi possível notar uma diferenciação térmica entre os arranjos construtivos investigados de até 2,9°C, nos horários de maior intensidade de radiação solar. Espera-se, assim, contribuir para o entendimento das diretrizes de adequação climática de tecidos urbanos e sistematização de recomendações que possam subsidiar o processo de revisão da legislação urbanística local.

Palavras-chave: Morfologia urbana. Desempenho climático. Urbanismo bioclimático. Adensamento construtivo.

ABSTRACT

The climate adaptation of the built environment is important to reduce the heating of urban structures and to favor health conditions and human thermal comfort. This research presents an investigation on the influence of urban morphology and constructive densification on the behavior of climatic variables. The main objective was to evaluate the potential of climatic suitability of urban fabrics in Arapiraca-AL considering the local bioclimatic strategies. The selected urban fabrics have different morphological patterns and built density. Microclimate monitoring was carried out in the period of December/2019 to January/2020. It was possible to verify a thermal differentiation between the investigated constructive arrangements of up to 2.9°C at times of greater intensity of solar radiation. It is expected to contribute to the understanding of guidelines for climate adaptation of urban fabrics and systematization of recommendations for the process of reviewing local urban legislation.

Keywords: Urban morphology. Climate performance. Bioclimatic urbanism. Constructive densification.

RESUMEN

Adaptar el complejo de edificios a las condiciones climáticas de cada región es importante para reducir el calentamiento de las estructuras urbanas y promover las condiciones de salud y el confort térmico humano. Este estudio corresponde a una investigación sobre la influencia de la morfología urbana y la densificación constructiva en el comportamiento de las variables climáticas. El objetivo general de la investigación fue evaluar el potencial de adecuación climática de las edificaciones construidas en la ciudad de Arapiraca-AL, caracterizadas por diferentes patrones de densidad edificatoria, considerando las estrategias bioclimáticas locales. El monitoreo microclimático se realizó en tejidos seleccionados en el período de diciembre / 2019 y enero / 2020. Se pudo notar una diferenciación térmica entre los arreglos constructivos investigados de hasta 2.9 ° C, en épocas de mayor intensidad de radiación solar. Se espera, por

tanto, contribuir a la comprensión de los lineamientos para la adaptación climática de los tejidos urbanos y la sistematización de recomendaciones que puedan apoyar el proceso de revisión de la legislación urbana local.

Palabras clave: Morfología urbana. Desempeño climático. Urbanismo bioclimático. Densificación constructiva.

1 INTRODUÇÃO

A adequação climática de tecidos urbanos contribui para o atendimento às condições de saúde e conforto ambiental nos espaços construídos, baseando-se no aproveitamento dos recursos naturais de climatização. Porém, a aplicação dos princípios e estratégias bioclimáticas na escala do edifício pode ser comprometida ou anulada caso a estrutura urbana não permita o aproveitamento dos recursos passivos, como a ventilação e iluminação natural. Por isso, destaca-se a necessidade da adequação climática da estrutura urbana, de sua morfologia e configuração do arranjo edificado, pois, quando não obtida, ocasiona a formação de fenômenos de modificação do clima local.

Higueras (2006), portanto, destaca a importância do urbanismo bioclimático como disciplina que deve ser integrada ao planejamento ambiental, pois, adota uma abordagem associada à capacidade de análise da carga dos elementos naturais locais à uma matriz de interações entre os aspectos ambientais (insolação, ventos, vegetação, recursos energéticos e hídricos e geomorfologia) e as variáveis do ambiente urbano - estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações.

Sabendo que existem variados tipos de padrões morfológicos de tecidos urbanos, com diferentes densidades

construtivas e padrões de ocupação distintos, para o alcance da adequação bioclimática dos conjuntos edificados, é preciso estudar o comportamento das variáveis ambientais e analisar as possíveis interferências, identificando, assim, algumas diretrizes importantes no âmbito do planejamento urbano e ambiental (Barbosa, 2018).

Alguns estudos já demonstraram, por exemplo, que em áreas verticalizadas, mas com maior área livre, apresentam melhores condições de conforto térmico do que em áreas horizontais com maior taxa de ocupação do solo urbano (Freitas, 2008; Torres, 2017). Desta forma, as estratégias para o controle da radiação solar em edifícios têm sido apontadas como uma das maneiras mais eficientes para a minimização do acúmulo de calor nas estruturas urbanas e arquitetônicas. Porém, nas áreas densamente construídas as trocas de calor predominantes são as trocas térmicas sensíveis, sendo necessário o uso de estratégias para incrementar as trocas úmidas nos tecidos urbanos a partir do uso de vegetação, solo exposto e corpos d'água para equilibrar o balanço de energia (Duarte, 2000; Duarte, 2015). Porém, espaços urbanos marcados pela elevada verticalização, quando associadas à alta densidade construtiva, podem causar efeitos negativos no microclima local, afetando o desempenho térmico das edificações e a qualidade dos espaços

urbanos (Lima, Bittencourt, 2016). conjuntos edificados.

Neste sentido, levando em consideração estes estudos, a presente pesquisa avalia o caso do sítio urbano da cidade de Arapiraca-AL, que vem sendo caracterizada por expressivas transformações na sua dinâmica de ocupação, incluindo o recente processo de verticalização. Considerando a ausência de parâmetros urbanísticos na legislação local, a pesquisa investiga os efeitos da verticalização sobre o comportamento das variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa do ar, variáveis estas com maior influência sobre as condições de conforto térmico em espaços externos e internos de edificações urbanas. Espera-se que esta pesquisa possa estimular estudos futuros, em outras cidades de pequeno e médio porte, principalmente do semiárido do nordeste brasileiro, que, também, estão vulneráveis às transformações negativas diante dos impactos climáticos decorrentes dos processos de ocupação urbana desassociados das questões de adequação ambiental.

2 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o potencial de adequação climática de tecidos urbanos, caracterizados por diferentes padrões de densidade construtiva, da cidade de Arapiraca, no Estado de Alagoas, Brasil, considerando as estratégias bioclimáticas locais. Para o alcance dos objetivos propostos, a presente pesquisa foi fundamentada na abordagem quali-quantitativa, baseada em análise comparativa de

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Os principais procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa foram os seguintes:

3.1 Seleção e caracterização de tecidos urbanos morfologicamente diferenciados quanto aos padrões de ocupação de solo urbano

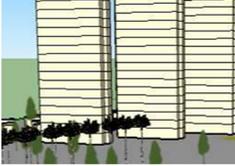
Foram selecionados cinco tecidos¹ de morfologia frequentemente presente no sítio urbano de Arapiraca-AL. Dois tipos morfológicos apresentam padrão de ocupação urbana horizontal: a) Tipo 1- horizontal denso geminado, representado por um conjunto de quadras do bairro Brasília (padrão morfológico predominante na estrutura urbana da cidade); b) Tipo 2 -horizontal disperso, representado por um condomínio residencial fechado. Os demais tecidos apresentam estrutura de ocupação verticalizada: c) Tipo 3 -Vertical baixo denso; d) Tipo 4- vertical baixo disperso e, e) Tipo 5- vertical alto disperso (Quadro 1). Os tecidos selecionados apresentam topografia similar e altitudes próximas para subsidiar a análise comparativa das condições investigadas. Também foram calculados os parâmetros urbanísticos, tradicionais e avançados², definidores da morfologia de cada tecido segundo Torres (2017), conforme quadro 1. Na figura 1, pode-se observar o mapa referente ao padrão de densidade construtiva³ do sítio urbano de Arapiraca e a localização dos tecidos urbanos selecionados para realização do monitoramento microclimático.

1 Um tecido urbano é configurado pelo sistema viário, pelo padrão do parcelamento do solo, pela aglomeração e pelo isolamento das edificações, implantação das construções, pelos espaços livres e entorno (Moudon, 1997).

2 Estes dados foram calculados com base nos recortes dos tecidos, usando ferramentas de satélite pelo Google Earth Pro, e mapa georreferenciado fornecido pela Prefeitura Municipal de Arapiraca -AL.

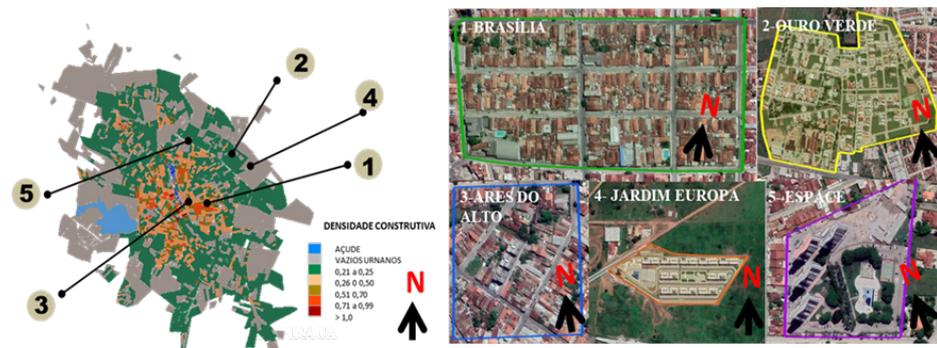
3 A densidade construtiva corresponde à soma das áreas úteis construídas dividida pela área total do tecido urbano.

Quadro 1- Tecidos verticais seleccionados e suas principais características morfológicas.

<p>1- Bairro Brasília</p> 	<p>Padrão morfológico: Horizontal denso geminado. Bairro residencial com padrão de ocupação de solo elevado, lotes geminados. Baixa permeabilidade do solo, com pavimentação poliédrica (calçamento). Arborização urbana inexistente.</p> <p>Taxa de ocupação: 76% Densidade Construtiva: 0,769 Altura média das construções: 4,80m Porosidade da malha: 0,24 Índice de densidade arbórea: 0,15 Taxa de solo natural: 4,58%</p>
<p>2- Res. Ouro Verde</p> 	<p>Padrão morfológico: Horizontal disperso. Condomínio residencial privado, residências até dois pavimentos. Apresenta taxa de ocupação média. Solo natural presente, gramado e densidade arbórea. Solo asfaltado nas vias.</p> <p>Taxa de ocupação: 22% Densidade Construtiva: 0,39 Altura média das construções: 8m Porosidade da malha: 0,78 Índice de densidade arbórea: 0,29 Taxa de solo natural: 73,5%</p>
<p>3- Res. Ares do Alto</p> 	<p>Padrão morfológico: Vertical baixo denso. Residencial privado, possuindo padrão de ocupação alto, com prédios separados por um pequeno espaço. Solo natural inexistente, sem gramado ou densidade arbórea. Solo asfaltado. Entorno: ocupação de padrão morfológico horizontal denso geminado.</p> <p>Taxa de ocupação: 68% Densidade Construtiva: 0,576 Altura média das construções: 4,25m Porosidade da malha: 0,32 Índice de densidade arbórea: 0,24 Taxa de solo natural: 14%</p>
<p>4- Jardim Europa</p> 	<p>Padrão morfológico: Vertical baixo disperso. Condomínio residencial privado, com 10 torres residenciais de quatro pavimentos cada. Vegetação é inexistente Entorno de áreas descampadas, com baixa rugosidade e alta porosidade, permitindo a livre passagem dos ventos até o tecido.</p> <p>Taxa de ocupação: 24% Densidade Construtiva: 0,405 Altura média das construções: 10,5m Porosidade da malha: 0,72 Índice de densidade arbórea: 0,02 Taxa de solo natural: 20%</p>
<p>5-Residencial Espace</p> 	<p>Padrão morfológico: Vertical Alto Disperso. Residencial privado, possuindo padrão de ocupação alto. O projeto tem 4 torres construídas, cada uma contando com 16 pavimentos. Solo natural presente, gramado e densidade arbórea. Solo asfaltado nas vias. Entorno: ocupação horizontal geminada e vazios urbanos.</p> <p>Taxa de ocupação atual: 7,5% Densidade Construtiva: 0,963 Altura média das construções: 33 m Porosidade da malha: 0,94 Índice de densidade arbórea: 0,36 Taxa de solo natural: 40%</p>

Fonte: Os autores (2019)

Fig. 1- Localização dos tecidos seleccionados no sítio urbano de Arapiraca-AL.



Fonte: adaptado Google Earth (2020).

3.2 MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICO NOS TECIDOS URBANOS SELECIONADOS

Todos os tecidos foram submetidos ao monitoramento das variáveis climáticas, temperatura do ar e umidade relativa, utilizando-se o equipamento HOBO Pro v2 data-loggers da ONSET que é um coletor de dados para ambientes externos à prova d'água. Os sensores apresentam precisão correspondente

a $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ (a partir de 0°C a 50°C) e, para umidade relativa do ar, $\pm 2,5\%$ (a partir de 10% a 90% (típica)). Os hobsos foram programados para registro horário dos dados climáticos, sendo posicionados no interior de dispositivos de proteção contra radiação solar direta e refletida (referência RS1- ONSET), fixados à sombra, em postes de iluminação, nos pontos de estudo e a 2,30m de altura⁴, conforme a Figura 2.

Fig. 2- a) Equipamento de proteção do HOBO Pro v2 data-logger (U23-001); b) HOBO posicionado no dispositivo de proteção e, c) equipamento instalado no poste.



Fonte: Os autores (2019)

A coleta de dados contemplou 38 dias, no período de 20/12/2019 a 26/01/2020, que corresponde ao período quente e seco conforme o perfil climático da cidade de Arapiraca (Torres, 2017). Após o período de coleta, os dados foram extraídos dos equipamentos para avaliação do desempenho climático e análise comparativa. Para esta análise foram escolhidos 10 dias representativos, dias de céu claro que possuem um padrão uniforme de aquecimento observando os dados de temperatura do ar e radiação solar, com ausência de pluviosidade.

4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE ARAPIRACA-AL

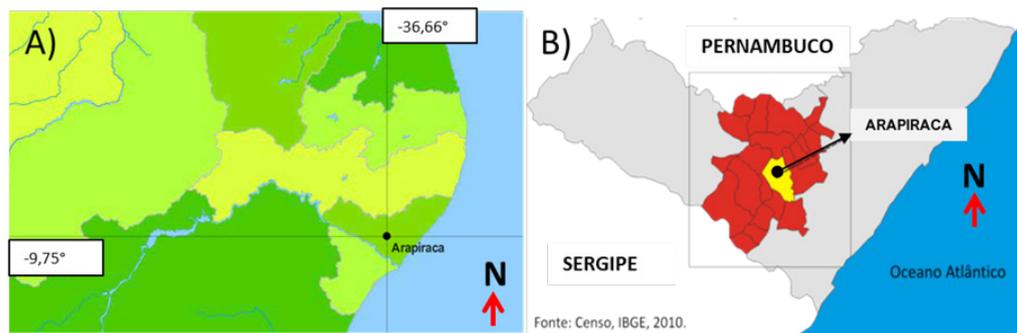
Arapiraca é considerada como a segunda mais importante cidade do estado de Alagoas, Brasil, devido a sua localização central, na mesorregião do agreste alagoano. Pertencente a região de transição entre a costa úmida e o semiárido nordestino (Figura 3), situa-se na latitude $9^{\circ}75'25''$ Sul e longitude $36^{\circ}60'11''$ Oeste, a 132 km de distância da capital Maceió. A cidade possui grande importância no polo comercial e de serviços de todo o estado, atendendo à população local

4 A altura de posicionamento do instrumento de medição microclimática foi definida como 2,30 metros por questão de segurança, evitando o acesso facilitado de curiosos ou vândalos.

e a de municípios circunvizinhos. De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), para o ano de 2020, a cidade apresenta cerca de 233.047 habitantes, distribuídos num território de aproximadamente 345,655 km² de área. Atualmente, seu sítio urbano está subdividido em 38 bairros. De acordo o Ministério da Integração Nacional (2005), a cidade possui clima tropical quente

subúmido seco. Porém, devido à indisponibilidade de registros históricos das variáveis climáticas específicas do município, estudos de caracterização do seu perfil climático vêm sendo desenvolvidos desde 2009. Em 2008, foi implantada a estação Arapiraca A353 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual tem subsidiado pesquisas para compreensão do clima local.

Fig. 3- Localização do município de Arapiraca no nordeste brasileiro (A), situação geográfica no Estado de Alagoas - região Agreste (B).



Fonte: adaptado IBGE (2010).

De acordo com Silva (2019) e Torres (2017), o clima de Arapiraca pode ser caracterizado basicamente por dois períodos: período quente e seco (outubro a abril) e período quente e úmido (maio a setembro). O período quente e seco é caracterizado pelo registro de temperaturas do ar elevadas (médias acima de 25°C, podendo alcançar valores máximos acima de 33°C), baixa umidade relativa do ar (valores mínimos absolutos abaixo de 40%), alta amplitude térmica (variações diurnas acima de 10°C) e baixa pluviosidade. O período quente e úmido é

caracterizado por temperaturas do ar menos elevadas (valores médios abaixo de 25°C e mínimas absolutas de aproximadamente 17°C), umidade relativa do ar alta (valores médios mensais acima de 85%) e baixa amplitude térmica. Silva (2019) indica a direção predominante dos ventos em Arapiraca por meio de estudos de frequência das observações diárias e constatou que os ventos provenientes da direção leste são mais frequentes nos meses do período quente e seco, já no período quente e úmido a direção predominante dos ventos é a sudeste.

Quadro 2- Estratégias bioclimáticas para a cidade de Arapiraca-AL.

VENTILAÇÃO NATURAL	As tipologias construtivas devem apresentar uma menor taxa de ocupação do solo e maior porosidade da malha urbana, para possibilitar melhor distribuição das massas de ar no conjunto edificado. Assim, os tecidos podem possibilitar o aproveitamento das massas de ar no nível dos edifícios. A variação de alturas nas edificações, também, potencializa adoção desta estratégia. No período quente e seco o aproveitamento da ventilação natural deve ocorrer principalmente no período noturno quando o rigor térmico é favorável ao conforto térmico.
RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	Para otimizar o aproveitamento da ventilação natural, durante o período diurno, é necessário incrementar as condições microclimáticas para o aumento da umidade relativa do ar, favorecendo a redução da temperatura do ar. Deve-se priorizar, portanto, a incorporação de massas vegetativas para alcançar o resfriamento evaporativo indireto a partir do processo de evapotranspiração das plantas. A permeabilidade do solo pode permitir a redução do acúmulo de calor na escala microclimática, em comparação com os materiais de construção utilizados para revestimentos e impermeabilização em ambientes urbanos.
SOMBREAMENTO	O sombreamento associado à estratégia do resfriamento evaporativo em decorrência da presença de vegetação urbana, favorece a redução da temperatura do ar, principalmente, no horário de maior aquecimento diurno, promovendo a minimização do acúmulo de energia térmica no nível microclimático.

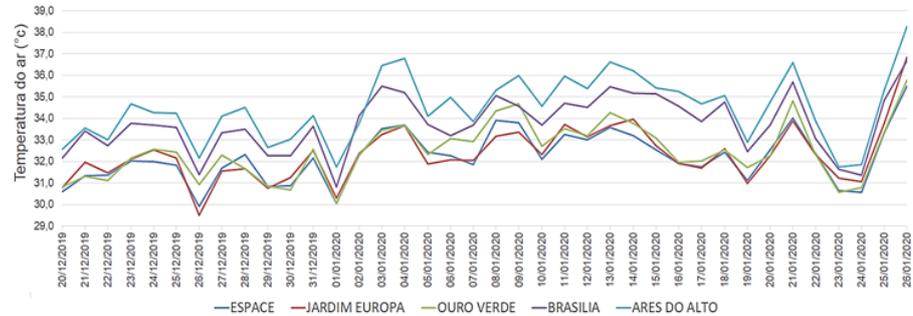
Fonte: Adaptado Torres (2017).

5 RESULTADO DO MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICO

A partir da análise comparativa dos dados climáticos coletados nos tecidos monitorados, foi possível verificar evidências entre as diferentes frações urbanas estudadas que demonstram a influência da sua morfologia edificada sobre o comportamento do microclima local em relação

à temperatura do ar e umidade relativa do ar. Ao verificarmos o comportamento da temperatura do ar (Figura 4), durante todos os dias de análise, o tecido que apresentou maior valor de temperatura máxima, foi o tecido 3- Residencial Ares do Alto, correspondendo a uma temperatura máxima de 38,3°C, seguido pelo tecido 1- Brasília com 36,6 °C.

Fig. 4- Gráfico do comportamento da temperatura do ar nos tecidos urbanos monitorados no período de 20/12/2019 a 26/01/2020.



Fonte: Autores, 2019.

De maneira geral, os tecidos que apresentaram desempenho satisfatório, com maior capacidade de resfriamento nos horários de maior intensidade de radiação solar direta, foram o tecido 4-Jardim Europa, o tecido 5- Residencial Espace e o tecido 2- Condomínio Ouro verde. Estes três últimos tecidos apresentam estratégias bioclimáticas como sombreamento, edificações com recuos, baixa taxa de ocupação, presença de vegetação e maior taxa de solo natural. Também foram selecionados 10 dias representativos para identificação das diferenciações térmicas entre os tecidos avaliados (Tabela 1) durante o período de monitoramento, sendo o dia 26/01/2019 caracterizado pelo registro de valores mais elevados de temperatura do ar.

Tabela 1: Temperatura do ar máxima, e valores médios máximos registrados nos tecidos monitorados durante os dias representativos.

TEMPERATURAS MÁXIMA DO AR NOS DIAS REPRESENTATIVOS					
DATA	ESPACE	JARDIM EUROPA	OURO VERDE	BRASILIA	ARES DO ALTO
23/12/2019	32,0	32,1	32,2	33,8	34,7
25/12/2019	31,8	32,2	32,4	33,6	34,2
10/01/2020	32,1	32,3	32,7	33,7	34,6
11/01/2020	33,3	33,7	33,5	34,7	36,0
14/01/2020	33,2	34,0	33,8	35,2	36,2
23/01/2020	30,6	31,2	30,6	31,6	31,7
25/01/2020	33,3	33,8	33,4	34,8	35,3
26/01/2020	35,5	36,9	35,8	36,7	38,3
MÉDIAS MÁXIMAS	32,7	33,3	33,0	34,3	35,1

Fonte: Autores, 2019.

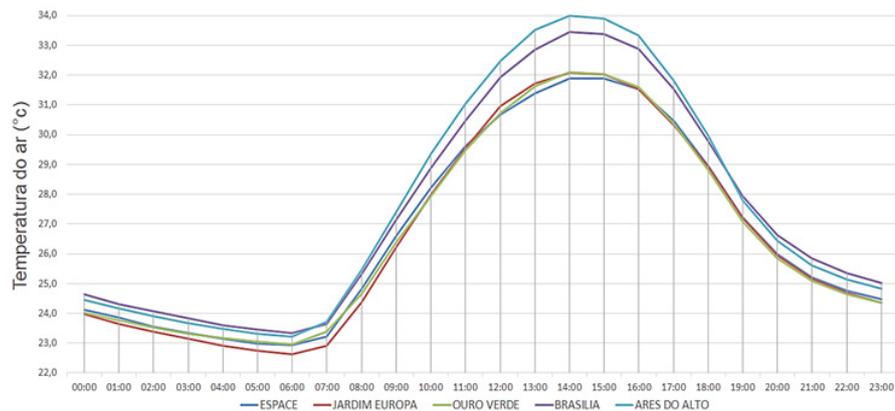
O comportamento microclimático referente ao tecido 4- Residencial Jardim Europa foi caracterizado ao longo do estudo por condições climáticas mais amenas de temperatura do ar, principalmente em relação aos horários de maior intensidade de radiação solar (entre 12h e 15h). Analisando o padrão médio de aquecimento em relação à variação horária, é possível verificar que o tecido 3- Ares do Alto registrou temperaturas médias máximas entre as 14h e 15h, de aproximadamente 34 °C (Figura 5). Em sequência, o tecido 1- Brasília, apresentou temperatura média máxima entre 33,5 °C no mesmo intervalo de hora (14h e 15h). As frações urbanas representadas pelo tecido 4- Jardim

Europa, Tecido 2- Ouro Verde e Tecido 5- Espace apresentaram uma variação térmica média menor, sendo verificado registro de temperatura máxima média de aproximadamente 32 °C, como mostra o gráfico da Figura 5. Analisando o tecido 3- Ares do Alto e o tecido 1- Brasília, nota-se que são os tecidos que apresentam um padrão de aquecimento muito elevado em relação aos demais que possuem algum tipo de estratégia bioclimática indicada para localidade. Isso porque estes tecidos têm um padrão de taxa de ocupação do solo elevada, baixa taxa de solo natural, ausência de elementos de sombreamento e padrões morfológicos que não favorecem o uso das estratégias de aproveitamento de ventilação

natural. O tecido 3- Residencial Ares do Alto apresentou desempenho climático insatisfatório quando comparado aos demais que possuem uma capacidade de resfriamento maior. O mesmo constitui um tecido de padrão morfológico vertical baixo denso, com alta densidade construtiva e caracterizado por um entorno que não contribui para o aproveitamento

de estratégias bioclimáticas (entorno de padrão morfológico horizontal denso geminado). Conforme os dados apresentados no Quadro 1, o Residencial Ares do Alto possui alta taxa de ocupação do solo (68%), não apresenta elementos arbóreos, possui baixa porosidade da malha e alta taxa de impermeabilização do solo.

Fig.5- Comportamento da temperatura do ar considerando valores médios horários obtidos a partir do monitoramento microclimático.



Fonte: Autores, 2019.

Comparando-se o tecido 3-Ares do Alto (vertical baixo denso), com o tecido horizontal denso geminado tecido 1-Brasília, pode-se notar que a elevada densidade construtiva e taxa de ocupação do solo, a baixa porosidade e a ausência de estratégias bioclimáticas prejudicam o desempenho ambiental destes ambientes urbanos, podendo comprometer as condições de conforto térmico nestes espaços e, conseqüentemente, nos espaços internos adjacentes.

O tecido 4-Jardim Europa, tecido 5- Residencial Espace e o tecido 2-Residencial Ouro Verde, apresentam um padrão de resfriamento superior aos demais porque cada um possui ao menos uma

estratégia bioclimática que propicia a diminuição da temperatura no nível microclimático. O Residencial Jardim Europa (tecido 4) possui edificações de 4 pavimentos, que favorece o sombreamento no nível externo, e sua implantação com distanciamento entre as edificações proporciona o aproveitamento da ventilação natural a nível externo. O tecido 5-Espace (16 pavimentos), também, possui estratégias bioclimáticas como alta taxa de solo natural, sombreamento, arborização e alta porosidade da malha para aproveitamento da ventilação natural. Já o tecido 2- Ouro Verde, tem um arranjo construtivo baixo e disperso, com construções de até 2 pavimentos, com taxa de solo natural alta, taxa de ocupação baixa favorecendo o aproveitamento

da ventilação natural, e a presença de vegetação, o que contribui para o aumento da umidade relativa do ar e, conseqüentemente, redução da temperatura. Ou seja, os padrões morfológicos mais favoráveis em relação ao desempenho climático apropriado ao clima de Arapiraca-AL, de acordo com a presente pesquisa foram: vertical baixo disperso (tecido 4- Residencial Jardim Europa), vertical alto disperso (tecido 5-Residencial Espace) e o horizontal baixo disperso (Tecido 2- Residencial Ouro Verde). Os padrões do tecido 3- Residencial Ares do Alto, o vertical baixo denso e do Tecido 1- Brasília, o horizontal baixo denso apresentaram desempenho climático desfavorável às condições de conforto térmico.

Observando dos dados apresentados no Quadro 1, é possível verificar que o desempenho dos tecidos monitorados microclimaticamente relaciona-se com resultados quantitativos dos parâmetros urbanísticos (tradicionais e avançados) calculados para cada tipo morfológico, considerando suas

características da implantação, seus elementos construídos, suas áreas úteis, área da malha e presença ou ausência de vegetação. Os cálculos foram efetivados conforme estudo realizado por Torres (2017). É possível, notar que os tecidos com elevada densidade construtiva não corresponderam ao desempenho climático insatisfatório (exemplo do tecido 5 e tecido 4), pois, o padrão morfológico, contempla parâmetros positivos em relação ao aproveitamento das estratégias bioclimáticas como elevada porosidade da malha e maiores taxas de solo natural. Na tabela 2, estão apresentados os valores referentes à diferenciação térmica entre o tecido 3- Ares do Alto e os demais avaliados considerando os valores médios de temperatura máxima do ar para o período monitorado a partir da seleção de dias representativos. Neste sentido, foram identificadas diferenças acima de 3,0 °C, entre o Tecido 3- Residencial Ares do Alto e o Tecido 5- Residencial Espace (Tabela 2).

Tabela 2- Valores de diferenciação térmica, identificados a partir da temperatura do ar máxima média (°C) entre o tecido 3 – Ares do Alto e os demais tecidos investigados.

ARES DO ALTO	DIA REPRESENTATIVO	ESPACE	JARDIM EUROPA	OURO VERDE	BRASILIA
34,7	23/12/2019	-2,7	-2,6	-2,5	-0,9
34,2	25/12/2019	-2,4	-2,1	-1,8	-0,7
36,8	04/01/2020	-3,1	-3,1	-3,1	-1,6
34,6	10/01/2020	-2,5	-2,2	-1,9	-0,9
36,0	11/01/2020	-2,7	-2,2	-2,4	-1,3
36,6	13/01/2020	-3,1	-3,0	-2,4	-1,2
36,2	14/01/2020	-3,0	-2,2	-2,4	-1,0
31,7	23/01/2020	-1,1	-0,5	-1,2	-0,1
35,3	25/01/2020	-2,0	-1,5	-2,0	-0,5
38,3	26/01/2020	-2,8	-1,4	-2,5	-1,6

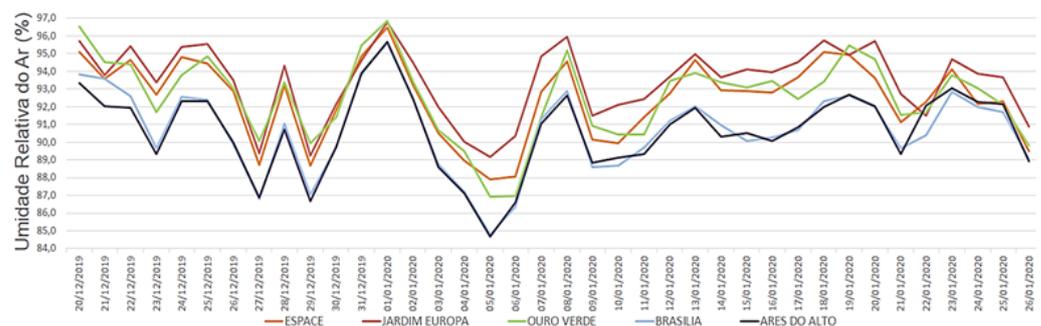
Fonte: Autores, 2019.

Um outro importante resultado obtido pela pesquisa diz respeito a umidade relativa do ar em cada tecido. Levando em consideração o período de coleta de dados caracterizado como quente e seco na cidade de Arapiraca, e as ondas de calor bastante frequentes e intensas durante o período, a avaliação das características que compõem as malhas dos tecidos mostrou que quanto maior a taxa de ocupação, excesso de pavimentação, solo impermeável, falta de aproveitamento da ventilação, falta de vegetação e solo natural, inviabiliza-se a aplicação da estratégia de resfriamento evaporativo. Por isso, os tecidos apresentam um aumento no aquecimento do ambiente urbano, que por consequência, levam a uma diminuição significativa da umidade relativa do ar. Na Figura 6, pode-se notar que o tecido com maiores valores de umidade relativa do ar são o tecido 4-Jardim Europa, seguido pelo tecido 2- Ouro Verde, 5-Espace, pois, todos possuem ao menos um tipo de estratégia bioclimática, como

mencionado anteriormente. Já os tecidos que ao longo de todo o estudo, foram identificados valores reduzidos de umidade relativa do ar estão: Tecido 3- Residencial Ares do Alto e Tecido 1- Quadras do bairro Brasília. Ambos os tecidos, desfavoráveis e sem estratégias bioclimáticas para o incremento da umidade.

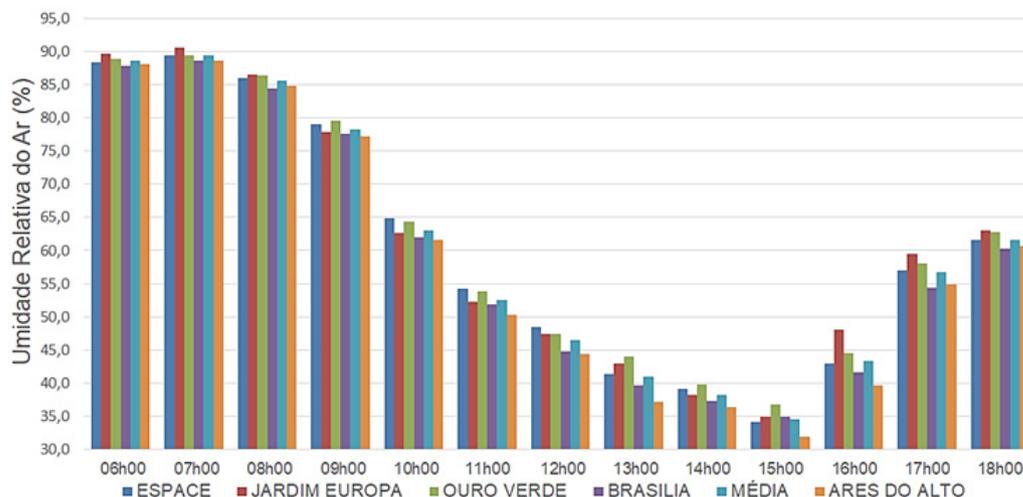
Considerando os dados coletados no dia representativo, 26/01/2020, apresentados na Figura 7, é possível identificar o tecido 4- Jardim Europa, com registro de 91% de umidade do ar por volta das 7 h da manhã, e cerca de 45% por volta das 15:30h. Já os tecidos com menores valores de umidade mostram 3-Ares do Alto (32%), 1- Brasília (34%), 5-Espace (35%), 2- Ouro Verde (38%). Isso, levando em consideração o horário de pico ente 15h e 15:30h da tarde. Estes resultados demonstram, portanto, a influência do entorno no desempenho climático dos tecidos avaliados.

Fig. 6- Gráfico dos dados de umidade máxima do ar (%) registrados no período de monitoramento microclimático.



Fonte: Autores, 2019

Fig. 7- Gráfico dos dados de umidade relativa do ar (%) registrados no período de monitoramento microclimático nos tecidos urbanos referentes ao dia representativo 26/01/2020.



Fonte: Autores, 2019.

Este diagnóstico realizado com base nos parâmetros de ocupação de solo urbano e no comportamento das variáveis climáticas (temperatura do ar e umidade relativa do ar), efetivado durante o período quente e seco (dezembro/2019 e janeiro/2020), foi fundamental para compreender como o período em questão, pode interferir fortemente nas condições de conforto térmico na cidade de Arapiraca. Marcado por altas temperaturas do ar, pela baixa umidade relativa do ar e poucos dias de chuva, o período quente e seco é caracterizado por possuir dias extremamente quentes e de baixa umidade, e noites amenas com significativo aumento da umidade. Com isso, a pesquisa expõe a necessidade de utilização de estratégias para neutralizar as condições adversas do clima local a partir da adequação dos tecidos urbanos. Como exemplo, pode-se citar o uso de massas vegetais, ou fontes d'água que contribuem para o aumento da umidade relativa do ar, gerando resfriamento evaporativo e reduzindo a temperatura do ar no nível

microclimático. Essas estratégias, em conjunto com o tipo de construção e implantação adequados e favoráveis ao aproveitamento da ventilação predominante (leste e sudeste), favorecerão conforto térmico no ambiente urbano.

6 CONCLUSÕES

Diante das diferentes morfologias urbanas que podem ser encontradas em Arapiraca, os tecidos selecionados para o estudo demonstraram como podem ser suscetíveis a sofrer transformações climáticas desfavoráveis, quanto também, a apresentar comportamento satisfatório de acordo com suas características morfológicas. No cenário de Arapiraca difunde-se cada vez mais tecidos horizontais adensados, com alta taxa de ocupação de lote, sem arborização urbana, sem sombreamento e com baixa porosidade da malha, o que dificulta qualquer tipo de aproveitamento das estratégias bioclimáticas para a cidade de Arapiraca. Considerando

o recente processo de verticalização local, para o estudo, a seleção de tecidos verticais (Tecido 5- Residencial Espace, Tecido 4- Jardim Europa e Tecido 3- Ares do Alto), com densidades construtivas semelhantes, propiciou a identificação de aspectos importantes para o entendimento do processo de adequação climática de assentamentos construtivos.

Os tecidos que obtiveram um maior potencial de adequação climática para Arapiraca, são os tecidos de padrão morfológico "vertical baixo e disperso" e "vertical alto e disperso" (Tecidos 4 e 5, respectivamente). O tecido 4- Jardim Europa, apresentou valores de temperatura abaixo dos demais tecidos, comportamento decorrente ao seu tipo de implantação com torres espaçadas e que permitem o sombreamento dos espaços externos imediatos e um entorno que possibilita livre passagem das massas de ar. As condições de seu entorno (caracterizado por grandes vazios urbanos e solo natural) são apontadas como importante condicionante na determinação de seu desempenho climático. Outro tecido vertical, tecido 5- Espace, é o tecido com a maior densidade construtiva (16 pavimentos), possui alta taxa de solo natural, conta com uma quantidade satisfatória de arborização e, também, possui implantação das torres espaçadas, no entanto, seu entorno imediato é adensado e com baixa rugosidade. O tecido 2-Ouro Verde, foi o tecido horizontal que apresentou índices satisfatórios para sua configuração morfológica urbana, pois, possui taxa de ocupação de solo mediana, com satisfatória taxa de solo natural e com vegetação. Já os resultados insatisfatórios, foram detectados nos

padrões vertical baixo denso (tecido 3- Ares do Alto) e horizontal denso geminado (tecido 1- Brasília), ambos apresentam baixa taxa de porosidade da malha, elevada taxa de ocupação do solo e baixa taxa de solo natural.

O monitoramento microclimático realizado nesses tecidos urbanos mostrou diferenças de temperatura de até 2,9°C no período analisado (dezembro/2019 e janeiro/2020) nos horários de maior intensidade de radiação solar. É importante destacar que para a confirmação destas tendências, é necessária a ampliação deste estudo utilizando coleta de dados em períodos diferenciados e monitoramentos prolongados. Resultados importantes para avaliar como Arapiraca está sendo expandida com a configuração dos seus tecidos, majoritariamente com a tendência ainda horizontal, adensada e com altas taxas de ocupação do lote e, conseqüentemente, da quadra. Esse padrão morfológico (horizontal denso geminado) ainda é bastante presente na cidade, por isso, quando demonstrado no estudo a avaliação da densidade construtiva para tecidos com edificações verticais, somadas a outras estratégias bioclimáticas, se faz presente resultados mais qualitativos para o meio urbano. O desempenho climático identificado nestes tecidos aponta tendências que indicam que o aumento do adensamento construtivo (vertical ou horizontal de forma planejada) nem sempre influenciará negativamente nas condições ambientais urbanas. Por isso, verifica-se neste estudo, a necessidade de desenvolvimento de uma reflexão sobre os parâmetros urbanísticos e de revisão dos instrumentos de planejamento urbano local para otimização da qualidade climática urbana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Ariela. *Urbanismo bioclimático: efeitos do desenho urbano na sensação térmica*. 2017. 329 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) –Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

DUARTE, Denise. O clima urbano e o ambiente construído. In: GONÇALVES, J.C.S; BODE, K. (Org.) *Edifício Ambiental*. São Paulo: Oficina de textos, 2015. p..155-179.

DUARTE, Denise. *Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental*. Tese (Doutorado em Arquitetura) –Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo 2000.

FREITAS, R. *Entre Mitos e Limites: as possibilidades de adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano*. Recife: Ed Universitária da UFPE. 2008. 270p.

HIGUERAS, E. *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 241p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo de 2010*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/panorama>. Acesso em: 31/08/2020.

LIMA, R.G de; BITTENCOURT, L.S; A influência de diferentes arranjos construtivos no comportamento da ventilação natural. IN: 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável *Anais PLURIS 2016*. Maceió: 2016.

MOUDON, A. V. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1997.

SILVA, M.F. *Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas: contribuições para a adequação da arquitetura ao clima local*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2019. 185p.

TORRES, S.C. *Forma e Conforto: estratégias para (re) pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática*. 2017.397f. Tese de Doutorado-Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano. UFPE: Recife. 2017.

Análise Comparativa de Programas Municipais de IPTU Verde

Comparative Analysis of local tax incentives for green building (IPTU Verde)

Análisis comparativo de incentivos fiscales locales para la construcción ecológica (IPTU Verde)

Sabrina Maria de Lima Accioly

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
sabrina.accioly@meioambiente.mg.gov.br

Fabrcio Lisboa Vieira Machado

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais

Fernanda Carla Wasner Vasconcelos

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais

Ludmila Ladeira Alves de Brito

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
ludmila.brito@meioambiente.mg.gov.br

RESUMO

Incentivos financeiros e mecanismos tributários são instrumentos econômicos adotados que são capazes de conduzir intervenções de particulares rumo ao bem coletivo. Na construção civil, a busca pelo desenvolvimento sustentável representa um maior investimento inicial, sendo visto como motivo de desestímulo. Neste sentido, torna-se preempatório, ao Poder Público, a instituição de instrumentos que promovam ações positivas e construtivas de um ambiente urbano saudável. O IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) Verde, ainda incipiente no país, começa a se expandir como uma alternativa para este embate, trazendo ganhos difusos para toda sociedade, uma vez que estimulam a preservação ambiental e o uso racional de recursos naturais e ganhos diretos para os proprietários, que recebem redução de impostos. O presente artigo analisou alguns exemplos de atos normativos no Brasil, identificando os critérios técnicos contemplados e agrupando-os em parâmetros para possibilitar a análise dos aspectos mais recorrentes e, portanto, mais difundidos no setor da construção civil. Desta forma, observou-se o direcionamento que este incentivo tem tomado, de forma global, o que indica quais ações estão mais consolidadas no país.

PALAVRAS-CHAVE: IPTU Verde, Instrumento econômico, incentivo fiscal, qualidade ambiental.

ABSTRACT

Financial incentives and tax mechanisms are economic instruments that are capable of leading private interventions towards the collective good. In construction, the search for sustainable development represents a bigger investment on the , being seen as a disincent. In this sense, it is imperative for the Public Power to institute instruments that promote positive and constructive actions for a healthy urban environment. The "IPTU Verde" (Green Urban Property and Land tax), whose implementation is still incipient in the country, is beginning to expand as an alternative to this conflict, bringing diffuse gains to society as a whole, as it encourages environmental preservation and the rational use of natural resources and direct gains for the owners, who receive tax cuts. This article analyzed some examples of normative acts in Brazil, identifying the technical criteria contemplated and grouping them into parameters to enable the analysis of the most recurrent aspects and, therefore, more widespread in the civil construction sector. Thus, it was observed the direction that this incentive has taken, globally, which indicates which actions are more consolidated in the country.

KEYWORDS: Economic Instrument, Financial Incentives, Environmental quality.

RESUMEN

Los incentivos financieros y los mecanismos tributarios son instrumentos económicos adoptados que son capaces de conducir intervenciones privadas hacia el bien colectivo. En la construcción civil, la búsqueda del desarrollo sustentable representa una mayor inversión al inicio del proyecto, siendo vista como un motivo de desincentivo. Es imperativo que el Poder Público establezca instrumentos capaces de promover acciones positivas y constructivas para un entorno urbano saludable. El IPTU Verde (Impuesto sobre la propiedad urbana y la tierra), cuya implementación aún es incipiente en el país, comienza a expandirse como una alternativa a este conflicto, aportando beneficios difusas a toda la sociedad, ya que fomenta la preservación ambiental y

la uso racional de los recursos naturales y ganancias directas para los propietarios, quienes reciben reduccion de impuestos. Este artículo analizó algunos ejemplos de actos normativos en Brasil, identificando los criterios técnicos contemplados y agrupándolos en parámetros para permitir el análisis de los aspectos más recurrentes y, por tanto, más extendidos en el sector de la construcción civil. Así, se observó el rumbo que ha tomado este incentivo, a nivel mundial, lo que indica qué acciones están más consolidadas en el país.

PALABRAS CLAVE: Instrumento económico, Incentivos financieros, Calidad ambiental

1. INTRODUÇÃO

O meio urbano contribui para a ocorrência de impactos ambientais negativos, cada vez mais evidentes e referenciados pela literatura, como por exemplo em Acselrad (199) e em Souza (2010). Muitos problemas estruturais das cidades se potencializam pela falta de planejamento urbano adequado e construções ineficientes, os quais tradicionalmente, no Brasil, não se aderem com as características naturais locais, gerando problemas e desequilíbrios ambientais. Esta cultura influencia diretamente na qualidade de vida dos seus habitantes. Ilhas de calor, impermeabilização do solo, elevado consumo de energia e recursos naturais, poluição sonora e do ar e retração da biodiversidade são alguns exemplos dos impactos causados pela urbanização desenfreada e construções mal planejadas sob esta ótica. Entretanto, a produção do espaço urbano é o resultado de inúmeros atores, dentre eles empresas e pessoas físicas. Atualmente, a prática de edificações mais sustentáveis requer um investimento inicial maior, uma vez que é necessário maior planejamento, contratação de pessoal especializado na elaboração de projetos e o rompimento do status quo da construção civil. Isto é motivo para o desestímulo desse novo formato de construção, sendo importante a proposição de instrumentos econômicos que o

fomentem. Neste sentido, o Poder Público tem papel fundamental, não somente de propor incentivos fiscais, mas de zelar pela qualidade de vida de todos e promover a cultura da preservação e conservação do meio ambiente.

Os incentivos fiscais

Os tributos são pagamentos obrigatórios que têm como finalidade arrecadação para custear serviços públicos como saúde, segurança e educação. Podem-se caracterizar como fiscais ou extrafiscais, sendo que o primeiro visa à arrecadação de recursos com o propósito de desempenhar as atividades da administração pública e, o segundo tipo visa induzir o comportamento do contribuinte para estimulá-lo ou não a adotar determinadas condutas de cunho social, político e econômico desejadas pelo Estado (FARIA, 2002 apud CASTILHO, 2015).

Os tributos verdes, portanto, são extrafiscais se respaldando pelo caráter indutor de novos comportamentos mais sustentáveis e que propiciam o bem-estar das pessoas e a qualidade ambiental e urbana, em consonância com princípios de uma economia verde a qual deve ser fomentada nas diversas escalas, local, regional, nacional e global.

Com o objetivo de contextualizar brevemente o entendimento da tributação do IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano, destaca-se que, segundo o artigo 156, inciso I da Constituição Federal, compete aos municípios instituir impostos sobre propriedade predial territorial urbana. Esse artigo ainda permite a progressividade de alíquotas para o IPTU,

§ 1º Sem prejuízo da progressividade no tempo a que se refere o art. 182, § 4º, inciso II,

O imposto previsto no inciso poderá:

I – ser progressivo em razão do valor do imóvel; e

II – ter alíquotas diferentes de acordo com a localização e o uso do imóvel.

Entretanto, o Poder Público pode dispensar parte dessa arrecadação como forma de incentivar determinadas atividades ou alcançar outros fins de interesse. Canedo (2017) lembra que a renúncia de receita é um dos principais fatores que interfere na implantação do IPTU Verde. Segundo a Lei de Responsabilidade Fiscal (BRASIL, Lei Complementar nº 101 de 4 de maio de 2000), seção II – Da Renúncia de Receita, o artigo 14 contempla que “qualquer tipo de concessão de incentivo ou beneficiário que resulte em renúncia de receita deve acompanhar avaliação no impacto orçamentário- financeiro no exercício em que inicie sua vigência e nos dois períodos seguintes”. Além disso, a medida deve atender à Lei de Diretrizes Orçamentárias e estar acompanhada de medidas de compensação, por meio do aumento

de outras receitas, resultando na criação ou elevação de alíquotas, base de cálculo, contribuições e tributos. Esse ato de renúncia fiscal pode ser revertido em algum tipo específico de demanda, inclusive buscando o benefício da sociedade em geral. Isto é, pode criar novos hábitos, boas práticas e incentivar mudanças de paradigmas. Aydos (2010, apud NUNES, 2016), ratifica que além do papel arrecadatário, o tributo exerce uma função indutora da atividade privada, estimulando ou desestimulando certas condutas pelos agentes econômicos.

Na seara ambiental, governos de todo o mundo tem utilizado, cada vez mais, instrumentos fiscais e mecanismos tributários como forma de alterar o comportamento de empresas e cidadãos, buscando atingir objetivos ambientais como redução de emissões de carbono e eficiência no uso dos recursos naturais, contribuindo, portanto, para a preservação ambiental. Segundo Trennepohl (2006), no Brasil a tese da tributação ambiental tem ganhado força, principalmente pela ótica dos incentivos, pois quase todos os tributos podem ser utilizados com essa conotação de sanção positiva, como uma premiação. Portanto, o IPTU Verde é uma iniciativa que almeja incentivar medidas sustentáveis, mediante a concessão de desconto no pagamento do referido imposto. Assim, os municípios autorizam a redução do IPTU para aqueles que aderirem aos critérios estipulados e que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente, por meio da adoção de critérios construtivos mais sustentáveis em seus imóveis.

Desta forma, o IPTU é uma excelente

ferramenta tributária na defesa do meio ambiente e concretização de cidades mais sustentáveis. Além disso, ressalta-se que o IPTU Verde pode ser visto como um eficaz instrumento para o cumprimento da função socioambiental da propriedade privada, na medida em que estimula o comportamento do contribuinte quanto à utilização dos recursos naturais de forma mais consciente e em construir uma relação mais positiva, evitando e reduzindo a poluição e cumprindo o seu dever de proteção ambiental previsto na Constituição Federal, colaborando, por fim, para um ambiente urbano mais sustentável. Diversas cidades brasileiras vêm adotando o IPTU Verde, que por meio de leis municipais, autorizam a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano aos proprietários que adotarem medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente em seus terrenos e construções. A ideia é incentivar os proprietários a adotarem medidas sustentáveis em seus imóveis, por meio da concessão do benefício. A seguir serão apresentados alguns municípios que já estão implementando ou discutindo a questão do IPTU Verde.

OBJETIVOS

Analisar exemplos de municípios brasileiros que tenham implementado programas de IPTU Verde, listando os principais critérios adotados e sua repercussão na qualidade ambiental das cidades. Como objetivos específicos, apresenta-se:

- Identificar atos normativos de algumas cidades brasileiras que utilizem o IPTU Verde como incentivo fiscal para construções que tenham adotado critérios mais sustentáveis.

- Identificar os principais critérios adotados para o IPTU Verde.
- Apresentar ganhos ambientais proporcionados pelo IPTU Verde.

2. METODOLOGIA

Para se construir o cenário proposto nos objetivos, esse trabalho fez uso de uma metodologia quali-quantitativa, por meio de pesquisa documental e posterior tratamento dos dados obtidos. A primeira etapa se deu com a busca pelos municípios que implementaram o IPTU Verde municipal (com a promulgação de atos normativos gerais ou específicos), identificados por meio de pesquisa em sítios de busca na rede mundial de computadores, e referências bibliográficas sobre o tema. Cabe ressaltar ainda que essa pesquisa não foi exaustiva, e considerou dados obtidos até julho de 2020, restringindo-se Os municípios identificados para os quais foi possível o acesso ao ato normativo que trata do IPTU Verde.

Este levantamento foi compilado em planilha EXCEL® como forma de criar um ambiente de fácil visualização das ações tomadas em cada município. Para comparar as legislações municipais identificadas, optou-se por técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), baseadas na análise geral dos documentos, e posterior criação de categorias para os aspectos em que se fez necessário a identificação de pontos em comum e destaques relevantes entre os atos normativos avaliados. Importante ressaltar que não foi averiguado se tais normativas estão sendo aplicadas e se já há resultados práticos.

Na sequência, realizou-se uma revisão bibliográfica da literatura acadêmica e cinzenta, buscando-

se discussões já existentes sobre o assunto, como forma de embasar as informações apresentadas e construir uma base de diálogo fundamentada neste trabalho, incluindo uma breve análise dos critérios adotados em exemplos de incentivos fiscais, como forma de sistematizar as ações que têm sido executadas e de criar uma base de estudo do funcionamento do IPTU Verde.

3. RESULTADOS

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2020), no âmbito da edificação, entende-se como essenciais à qualidade ambiental: adequação do projeto ao clima do local, minimizando o consumo de energia e otimizando as condições de ventilação, iluminação e aquecimento naturais; previsão de requisitos de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida ou, no mínimo, possibilidade de adaptação posterior; atenção para a orientação solar

adequada, evitando-se a repetição do mesmo projeto em orientações diferentes; utilização de coberturas verdes; e a suspensão da construção do solo, a depender do clima.

Foram levantados atos normativos de 14 municípios brasileiros, sendo 5 capitais, o Distrito Federal (DF) e 8 cidades pequenas e médias. As capitais e o DF possuem população superior a 1 milhão de habitantes; 3 municípios superior a 100 mil e 5 municípios inferior a 100 mil (Tabela 1).

Apesar de haver diferenças entre as leis publicadas, a base do IPTU Verde é sempre a mesma: mediante a concessão de uma redução do montante devido, busca incentivar medidas que promovam a preservação ambiental e o uso consciente de seus recursos. Os municípios identificados neste estudo encontram-se na Tabela 1, apresentada a seguir:

Tabela 1. Municípios brasileiros com IPTU Verde identificados.

ESTADO	MUNICÍPIO	ATO NORMATIVO CONSULTADO	POPULAÇÃO ESTIMADA (2019)
MG	Belo Horizonte	Projeto de Lei nº 179/2017	2.512.070
MG	Santa Bárbara	Lei Complementar nº 1.873/2018	31.324
MG	Ipatinga	Lei Ordinária nº 2.646/2009	263.410
MG	Capelinha	Lei nº 2.122/2019	37.784
MG	Ouro Preto	Lei Complementar nº 113/2011	74.281
MG	Pirapora	Lei nº 2.342/2017	56.428
MG	Poços de Caldas	Anteprojeto nº 59/2017	167.397
SP	Campos do Jordão	Lei nº 3.934/2018	52.088
SP	São José dos Campos	Decreto nº 17.677/2017	721.994
SP	São Paulo	Projeto de Lei nº 568/2015	12.252.023
PR	Curitiba	Lei Ordinária nº 9.806/2000	1.933.105
BA	Salvador	Decreto nº 29.100/2017	2.872.347
GO	Goiânia	Lei Complementar nº 235/2012	1.516.113
-----	Distrito Federal	Lei nº 5.965/2017	3.015.268

Fonte: IBGE, 2020 e Câmaras municipais. Compilado pelos autores.

Dentre os municípios aqui considerados, Curitiba foi a única cidade pesquisada onde o IPTU Verde vincula-se ao Código Florestal, definindo que

Art. 10º A título de incentivo, os proprietários ou possuidores de terrenos integrantes do Setor Especial de Áreas Verdes ou nos casos descritos no Anexo II, que faz parte integrante desta lei, gozarão de isenção ou redução sobre o valor do terreno, para o cálculo base do IPTU, proporcionalmente a taxa de cobertura florestal do terreno, de acordo com a tabela constante no referido Anexo II (CURITIBA, Lei nº 9.806 de 03 de janeiro de 2000).

Merece também outro destaque o município de São Paulo, que além do IPTU Verde, conta com outro instrumento urbanístico, um Indicador de Quota Ambiental, que visa classificar uma medida de incremento da vegetação urbana, com diferentes objetivos, dentre eles, atenuação dos efeitos de ilha de calor, aumento da permeabilidade do solo e consequente amenização de alagamentos, além da diminuição da poluição decorrente de diversas fontes. O seu cálculo é um incentivo a construções mais sustentáveis e, portanto, deve buscar atender os interesses de diferentes setores da sociedade, de forma que possa ser atraente para o setor imobiliário, gerando, ao mesmo tempo, os benefícios esperados para a população, por meio da promoção da qualidade de vida e ambiental nas cidades. No caso do IPTU Verde de São Paulo, foi adotado como critério a existência de certificação das edificações, o que, para efeito de avaliação e contabilização dos critérios encontrados no presente

trabalho, não possui correspondência, sendo desconsiderado da análise. São Paulo delineou sua normativa definindo que o IPTU Verde pode ser requisitado por construções que possuem certificação, emitida por instituição de credibilidade técnico-científica. Segundo art. 2º, em seu parágrafo único:

Parágrafo único. A redução a que se refere o "caput" deste artigo será aplicada às novas construções, bem como às edificações existentes em que sejam realizadas ampliações ou reformas, mediante apresentação, pelo interessado, de Etiqueta, Selo ou Certificação Ambiental para edificações, após conclusão da obra (SÃO PAULO, Projeto de Lei nº 568 de 28 de outubro de 2015).

Pesquisas em fonte de mídia da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento de São Paulo (2020), mostraram que a Quota Ambiental adotou parâmetros de drenagem, microclima e biodiversidade, com intuito de melhorar a drenagem e redução das ilhas de calor com atenção a biodiversidade. Apesar de não ser enquadrado como IPTU Verde, a Quota Ambiental adota uma concepção semelhante, focando em parâmetros que minimizem os problemas ambientais urbanos que surgem com a urbanização intensiva.

Da mesma forma que São Paulo, destaca-se que Curitiba também não apresentou aderência na avaliação, uma vez que a bonificação se refere somente a cobertura verde dos lotes, não incorporando outros aspectos e sendo fundamentalmente focada para a preservação da cobertura vegetal.

No geral, observou-se que cada ato

normativo seguiu uma lógica própria quanto aos critérios avaliados para a concessão da bonificação. No caso de Belo Horizonte e Salvador, tais cidades adotaram uma estrutura semelhante entre si, pontuando aspectos muito específicos da edificação e, inclusive apresentando faixas de pontuação. Neste sentido, para aumentar a eficiência da análise os parâmetros considerados como referência na legislação foram agrupados, conforme apresentados a seguir:

- *Arquitetura bioclimática*, soluções arquitetônicas e urbanas: 14 critérios foram compilados neste parâmetro (Tabela 2) e relacionam-se a soluções que constroem interface com as características locais, beneficiando-se delas. Além disso, considerou-se também proposições no nível urbano.
- *Eficiência energética e geração de energia alternativa*: 18 critérios foram compilados, conforme tabela 3, os quais estão relacionados a economia de energia, eficiência de equipamentos e fontes de geração de energia alternativa.
- *Drenagem Urbana*: apresentados na Tabela 4, os 9 critérios compilados

relacionam-se ao aumento da microdrenagem e permeabilidade do solo.

- *Racionalidade no uso dos recursos naturais*: 12 critérios foram compilados (Tabela 5), os quais estimulam ou reduzem o uso de recursos naturais, optam por alternativas de materiais mais sustentáveis ou que geram menos resíduo, bem como a redução de desperdício dos recursos naturais, representando uso mais consciente.
- *Outros*: 14 critérios compilados (tabela 6), os quais apresentam alta especificidade, baixa aderência (como compactação de lixo) ou alta transversalidade nos itens acima (como inventário de Gases do Efeito Estufa).

Cabe ressaltar que os parâmetros propostos para sistematização não são herméticos e possuem interface entre eles, participando, portanto, de mais de um serviço ambiental. A coluna "Recorrência" presente nas tabelas refere-se à quantidade de vezes que o critério foi observado, considerando os atos normativos dos municípios avaliados.

Tabela 2. Recorrência dos critérios identificados e agrupados no parâmetro de arquitetura bioclimática.

CRITÉRIO	RECORRÊNCIA
Ventilação e iluminação natural dos banheiros	3
Ventilação e iluminação natural das áreas comuns	3
Bicicletário	3
Ventilação cruzada	1
Iluminação natural de escadas de segurança	2
Sistema de sombreamento (brises, pérgolas, persianas externas) ou vegetação (máscara de sombra)	1
Estudo de insolação	2
Sombreamento de passeio com espécies nativas	1
Esquadrias com tratamento acústico	2
Aumento do passeio	2
Espaço de convivência	1
Telhado Verde	5
Retrofit de construções existentes	2
Existência de dispositivos de proteção solar externos às aberturas dos ambientes de permanência prolongada que permitam escurecimento e ventilação em unidades imobiliárias residenciais e não residenciais	1
TOTAL DOS CRITÉRIOS DO PARÂMETRO ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	29

Fonte: autoria própria

Tabela 3. Recorrência dos critérios identificados e agrupados no parâmetro de eficiência energética e geração de energia.

Fonte: Câmaras municipais

CRITÉRIO	RECORRÊNCIA
Sistema de aquecimento solar	10
Sistema de energia fotovoltaica/painéis fotovoltaicos	8
Utilização de energia passiva	3
Sistema de utilização de energia eólica	7
Instalação de sistemas de iluminação com distribuição em circuitos independentes e dispositivos economizadores para aproveitamento da luz natural	2
Lâmpadas de LED	1
Apresentar nível A, B e C de eficiência na envoltória (RTQ-C)	1
Apresentar nível A, B e C de eficiência na envoltória (RTQ-C e RTQ-R)	1
Nível A de eficiência energética de sistemas de condicionamento de ar (central, Split ou janela)	2
Limitar potência de iluminação dos espaços internos das edificações de acordo com a densidade de potência de iluminação limite estipulada para o nível A de eficiência do RTQ-C	1
Geradores de energia elétrica utilizando como combustível gás	2
Geração a frio por absorção ou bomba de calor GHP	2
Sistema de recuperação de calor	2
Elevadores com regeneração de energia elétrica	2
Elevadores com programação de tráfego	2
Condutores de prumadas dimensionados para uma queda de tensão menor ou igual a 1%	2
Existência de isolamento térmico da tubulação de água quente (equipamento de aquecimento solar)	2
Coefficiente de performance das bombas de calor de aquecimento de água (maior ou igual a 3W/W e não devem utilizar gases refrigerantes comprovadamente nocivos ao meio ambiente)	1
TOTAL DOS CRITÉRIOS DO PARÂMETRO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA	51

Fonte: autoria própria

Tabela 4. Recorrência dos critérios e agrupados no parâmetro de drenagem urbana.

CRITÉRIO	RECORRÊNCIA
Sistema de captação de águas pluviais ou construção de valas de infiltração que permitam retardo do escoamento das águas pluviais	11
Plantio de árvores	2
Área permeável não degradável, com espécies arbóreas	3
Área permeável (com vegetação) correspondente a 20% da área total do imóvel	1
Plantio e manutenção de vegetação nativa na calçada	4
Utilização de pavimentação permeável	2
Ampliação de área permeável	2
Calçadas ecológicas	1
Implantação de quintal e calçadas verdes	1
TOTAL DOS CRITÉRIOS DO PARÂMETRO DRENAGEM URBANA	27

Fonte: autoria própria

Tabela 5. Recorrência dos critérios e agrupados no parâmetro de racionalidade no uso dos recursos naturais.

CRITÉRIO	RECORRÊNCIA
Sistema de reuso de água	9
Construção com material sustentável	6
Uso e ocupação do solo sustentável	1
Uso de equipamentos economizadores de água	3
Bacias sanitárias com duplo acionamento	3
Sistema de aproveitamento de água de condensação de ar condicionado	3
Medição individualizada de água	3
Medição individualizada de gás	1
Sistema de reaproveitamento de águas pluviais	2
Vagas para veículos elétricos	2
Uso de estrutura metálica em detrimento ao concreto	2
Sistema de tratamento de esgoto onde não seja disponibilizado pela empresa de saneamento	1
TOTAL DOS CRITÉRIOS DO RACIONALIDADE NO USO DOS RECURSOS NATURAIS	36

Fonte: autoria própria

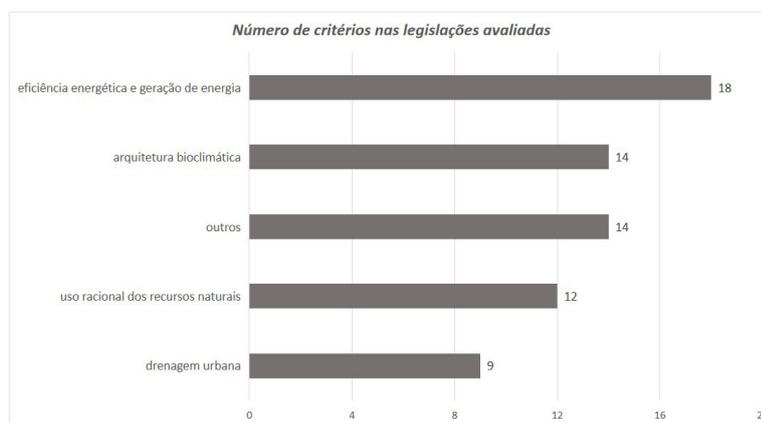
Tabela 6. Recorrência dos critérios identificados e agrupados no parâmetro outros.

CRITÉRIO	RECORRÊNCIA
Separação de resíduos sólidos/local para coleta seletiva	5
Trituradores de pia de cozinha em 90% dos pontos	2
Compactadores de lixo	2
Resfriamento da casa de lixo	2
Trituradores de papel e papelão	2
Parcerias com cooperativas cadastradas no Município	2
Inventário Compensação Gases de Efeito Estufa	2
Elevadores para macas	2
Central de resíduo em espaço ventilado e de fácil acesso com revestimento em material lavável e ponto de água	2
Utilização de containers marítimos na construção	1
Manutenção do terreno limpo, capinado e cercado (imóveis não edificadas)	2
Projetos com certificação de selos: PROCEL, LEED, AQUA, etc	2
Telhado verde com função de horta urbana	1
Utilizadores de geradores de energia para emergências insonorizadas ou com tratamento acústico do ambiente e descarga do tipo hospitalar	1
TOTAL DOS CRITÉRIOS DO PARÂMETRO OUTROS	28

Fonte: autoria própria

No total, os 67 critérios encontrados, somados, apareceram 171 vezes, sendo que aqueles relacionados com geração de energia alternativa ou de eficiência energética foram os mais expressivos, com 18 critérios, representando 26,9% do total dos critérios avaliados, conforme a figura 1. Os critérios mais recorrentes deste grupo foram de sistema de aquecimento solar, sendo considerado em 10 municípios e sistema de captação de água pluvial ou valas de infiltração, dentro do parâmetro de Drenagem Urbana, considerado em 11 dos 12 municípios que apresentaram critérios avaliados. Pode-se dizer, portanto, que ao menos um formato de incentivo de microdrenagem urbana está muito bem difundido e reconhecido.

Figura 1. Número de critérios encontrados por agrupamento de parâmetros.



Fonte: autoria própria

No parâmetro *Eficiência energética* e geração de energia alternativa, houve maior recorrência para incentivo de sistema de aquecimento solar (em 10 municípios), seguido por sistema de energia fotovoltaica (em 8 municípios) e sistema de utilização de energia eólica (em 7 municípios). Destaque ao estímulo a fontes alternativas de energia, o que além de diversificar a matriz energética, promovem menor impacto socioambiental, uma vez que, além de ser fontes mais limpas que a matriz energética brasileira – hidrelétrica e termelétrica – tornam as edificações autossustentáveis ou menos dependentes da produção de energia realizada em regiões distantes, o que promove perdas nas linhas de transmissão.

No parâmetro *Arquitetura bioclimática e soluções arquitetônicas e urbanas*, o critério de maior recorrência foi o *telhado verde* (em 5 municípios). Esta solução contribui para a redução de ilhas de calor e na manutenção do conforto térmico e acústico das edificações. Além disso, contribuem para a qualidade do ar, reduzindo a poluição atmosférica nas cidades e

na promoção de habitat para fauna, contribuindo para a reestruturação da biodiversidade urbana, tornando-se verdadeiras ilhas de biodiversidade. Também podem ser soluções de microdrenagem mas, como não é obrigatório, foi considerado como uma solução arquitetônica bioclimática.

Com relação ao parâmetro *Racionalidade no uso de recursos naturais*, o critério mais recorrente foi o de sistema de reuso de água (em 9 municípios), o que promove a economia de água. Este sistema prevê a reutilização das chamadas águas cinzas (água de chuveiro, pias, banheiras e lavanderias¹) e negras (águas com alta concentração de matéria orgânica e bactérias com potencial patogênico). Em alguns municípios, houve a previsão do redirecionamento dessas águas a vasos sanitários, limpeza ou irrigação. Os principais usos das águas cinzas destinam-se a atividades não potáveis como utilização urbana, lavagem de vias públicas, irrigação de áreas verdes, abastecimento de fontes e desobstrução de galerias e redes coletoras. Só a água negra,

1 Efluentes de cozinha não são desejáveis por serem contaminados com óleos, gorduras e material orgânico.

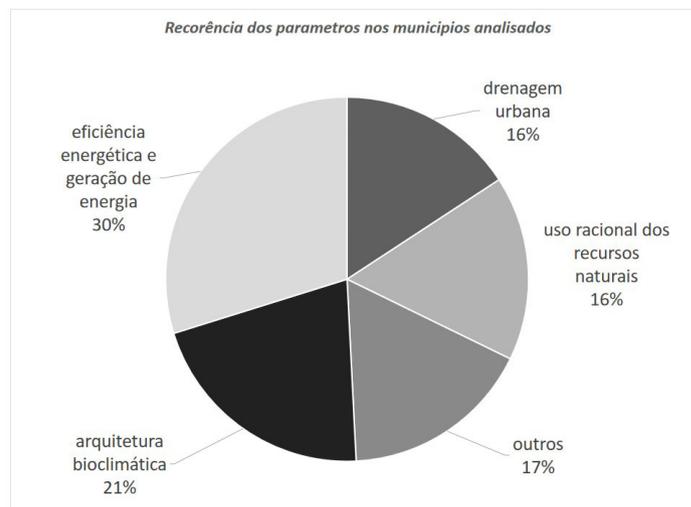
proveniente dos vasos sanitários, representa cerca de 20 a 30% do volume dos esgotos domésticos (REBÊLO, 2011). O reuso doméstico é feito na lavagem de roupas, calçadas, veículos, descargas em vasos sanitários. O maior potencial de uso das águas negras resume-se à reciclagem de nutrientes e prevenção de contaminação de mananciais. O sistema constitui reservação, distribuição e tratamento, não sendo permitido o uso para consumo humano.

No caso do parâmetro Drenagem Urbana, o critério mais recorrente foi o de sistema de captação de águas pluviais ou construção de valas de infiltração (em 11 municípios) que permitam retardo do escoamento das águas pluviais. Este critério amplifica a drenagem urbana, cujo solo é reconhecidamente impermeabilizado, uma vez que retém a água e aumenta o tempo de infiltração, além de possibilitar seu reuso.

No parâmetro Outros, o critério mais recorrente foi o de separação de resíduos sólidos/local para coleta seletiva, aparecendo em 5 municípios. Obviamente, este aspecto corrobora na transformação de resíduo em novos insumos produtivos, o que contribuirá também para a redução do consumo de recursos naturais. Entretanto, ressalta-se que tal ação, caso não esteja em consonância com a existência de coleta seletiva no município ou parcerias com cooperativas cadastradas, não alcançará a efetividade almejada.

A figura 2 mostra a participação dos critérios, onde, questões relacionadas à eficiência energética e geração de energia alternativa foram os mais recorrentes, aparecendo 51 vezes, o que representa 29,8% do total de recorrência de todos os critérios e em todos os municípios avaliados. O segundo mais representativo foi quanto à racionalidade no uso dos recursos naturais e, por último, ações de drenagem urbana.

Figura 2. Recorrência dos parâmetros nos municípios analisados



Fonte: autoria própria

Essas respostas podem ser um indicativo de que ações de eficiência energética e geração de energia alternativa estão mais consolidadas como formas de melhoria da qualidade ambiental ou talvez que são mais simples de implementar. Isso é reforçado nos municípios de Salvador, Belo Horizonte e São Paulo por bonificações para as edificações que possuem certificação. No caso de Belo Horizonte, a edificação pode, inclusive, alcançar pontuação parcial ou máxima no requerimento do IPTU Verde em função de apresentação de selo de certificação emitido por instituição reconhecida.

O segundo parâmetro mais recorrente refere-se à racionalidade no uso dos recursos naturais, como reutilização de água pluvial e de ar condicionado, substituição de materiais que geram menos resíduo, como é o caso da estrutura metálica em comparação ao concreto armado e, até mesmo, estímulo a carros elétricos por meio da bonificação de construções com vagas voltadas para essa categoria de automóveis.

O parâmetro de arquitetura bioclimática e soluções arquitetônicas e urbanas, apesar de ter representado 17,0%, constitui-se de definições simples, na maioria a nível de projeto, mas que, em contrapartida, fornecem ganhos expressivos de qualidade e conforto térmico, acústico e ambiental baratos a longo prazo. Por exemplo, propiciar iluminação e ventilação natural na edificação reduz o consumo de energia de dispositivos de iluminação e condicionamento de ar artificiais, melhorando a qualidade ambiental da edificação.

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os benefícios

apresentados que o ambiente construído pode trazer para o meio ambiente e conseqüentemente para a população, entende-se como algo de grande eficiência o estímulo a construções mais sustentáveis. Apesar de observar alguns componentes comuns no entendimento do que seriam construções sustentáveis, o que foi observado é que, no âmbito dos atos normativos analisados, os aspectos mais recorrentes são aqueles relacionados com a busca de um uso mais racional dos recursos naturais e na eficiência energética e geração de energia alternativa.

Sem dúvida alguma, o tributo aparece como uma forma bastante eficaz para a preservação ambiental, uma vez que, por meio da tributação fiscal, o estado ganha meio de ação, estimulando condutas não-poluidoras e ambientalmente corretas. A utilização de mecanismos tributários é uma excelente forma de se motivar ações de preservação e conservação do meio ambiente, uma vez que a concessão de incentivos estimula e induz os proprietários a cumprir não somente a função social da propriedade, mas também contribuir para o dever de preservar o meio ambiente e fomentar um meio urbano com maior qualidade ambiental. Além disso, é um instrumento eficaz no estímulo ao contribuinte em adotar uma postura positiva frente ao uso de recursos naturais, contribuindo, ainda, para se construir cidades mais verdes e com maior qualidade de vida.

Importante lembrar novamente que, por ser uma renúncia fiscal, o município deve validar o IPTU Verde observando os requisitos normativos e orçamentários para que seja garantida a legalidade e o

bom funcionamento financeiro do instrumento, aliado à preservação ambiental.

No âmbito estadual, cabe ainda mencionar que o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), um tributo estadual que destina uma porcentagem de suas receitas aos municípios, poderia ser avaliado como incentivo fiscal verde, por meio do incremento de seus critérios. O ICMS Ecológico é um instrumento de gestão econômico de gestão ambiental que tem por finalidade compensar e premiar os municípios que se sobressaem em boas práticas ambientais, nos quesitos destinação de resíduos sólidos (aterros sanitários e usinas de compostagem), tratamento de esgoto sanitário, Unidades de Conservação e outras áreas protegidas e Mata Seca. Em Minas Gerais, o critério ambiental representa 1% dos recursos.

Fundamental destacar, por fim, que os critérios passíveis de bonificação extrapolam a contribuição com a edificação e seu conforto térmico e acústico, mas melhoram a qualidade ambiental das cidades como um todo, auxiliando na qualidade do ar, melhoria da paisagem urbana, redução nas emissões de Gases Efeito Estufa e mitigação de efeitos das mudanças climáticas quanto a enchentes, ilhas de calor e também de controle de doenças, uma vez que promovem a biodiversidade. Assim, os critérios, podem parecerem pontuais a priori, mas os benefícios são sistêmicos.

Por fim, ressalta-se que, medidas simples, fomentadas pela administração pública são capazes de construir, não somente uma nova economia, movida por demandas mais sustentáveis, mas toda uma

nova forma de pensar, rompendo com antigos paradigmas colocados na relação do homem com meio ambiente. Reforça-se, ainda, que os aspectos apresentados são somente alguns, iniciais, e acredita-se ser possível ir muito mais além desses formatos aqui apresentados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, realizado pelo IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais em novembro de 2020.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. *Anais... ANPUR*, V.1, Nº 2. 1999

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011. 279 p. Título original: L'Analyse de Contenu.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de setembro de 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm >. Acesso em: 12 maio 2020.

BRASIL. *Lei de Responsabilidade Fiscal*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Disponível em: < <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/102628/lei-de-responsabilidade-fiscal-lei-complementar-101-00> >. Acesso em: 13 maio 2020.

BRASIL. *Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001*. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana

e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 10 de julho de 2001. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf?sequence=6%20Calizaya>>. Acesso em: 15 maio 2020.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Construção Sustentável*. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 12 maio 2020.

CANEDO, R. M. IPTU Verde: A viabilidade de implantação no município de Poços de Caldas. 2017, 141 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade Pitágoras, Poços de Caldas, 2017.

CASTILHO, A. F. A. N. Tributos como instrumentos para um desenvolvimento sustentável. In: *Anais... SIMPOSIO SOBRE CONSTITUCIONALISMO, DEMOCRACIA E ESTADO DE DIREITO*, 2015, Marília, São Paulo: Centro Universitário Eurípedes de Marília, 2015, v.1. n. 1 Nº 1. p 1163-1181.

CURITIBA (Município). *Lei nº 9.806 de 03 de janeiro de 2000*. Institui o código florestal do município de Curitiba, revoga as leis nº 8.353/93 e 8.436/94, e dá outras providências. Disponível em: <[https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-](https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2000/980/9806/lei-ordinaria-n-9806-2000-institui-o-codigo-florestal-do-municipio-de-curitiba-revoga-as-leis-n-8353-93-e-8436-94-e-da-outras-providencias)

[ordinaria/2000/980/9806/lei-ordinaria-n-9806-2000-institui-o-codigo-florestal-do-municipio-de-curitiba-revoga-as-leis-n-8353-93-e-8436-94-e-da-outras-providencias](https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2000/980/9806/lei-ordinaria-n-9806-2000-institui-o-codigo-florestal-do-municipio-de-curitiba-revoga-as-leis-n-8353-93-e-8436-94-e-da-outras-providencias)>. Acesso em: 06 maio 2020.

DANTAS, G. T. *O IPTU Verde como instrumento de efetividade da função socioambiental da propriedade privada urbana*. 2014, 114 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

MESSANY JUNIOR, R. e BARROS FILHO, J. B. P. *Viabilidade de reuso de águas residuárias em uma residência unifamiliar no município de Curitiba, Paraná*. 2014, 121 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *ICMS Ecológico – Critérios*. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/icms-ecologico/criterios>>. Acesso em 26 maio 2020.

NUNES, J. *IPTU VERDE: Uma ferramenta de incentivo fiscal para a cidade de Brusque – SC*. 2016, 42 f. Trabalho de conclusão de curso (MBA em Gestão Ambiental) – Departamento de Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

REBÊLO, M. M.P. S. *Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas*. 2011, 113 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia: Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.

SALVADOR (Município). *Decreto nº 29.100 de 06 de novembro de 2017*. Regulamenta o art. 5º da Lei nº 8.474 de 02 de outubro de 2013 e institui o programa de certificação sustentável “IPTU VERDE” em edificações no município de Salvador, que estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa, assim como o art. 5º da Lei nº 8.723 de 22 de dezembro de 2014 e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/ab/s/salvador/decreto/2017/2910/29100/decreto-n-29100-2017-regulamenta-o-art-5-da-lei-n-8474-de-02-de-outubro-de-2013-e-institui-o-programa-de-certificacao-sustentavel-iptu-verde-em-edificacoes-no-municipio-de-salvador-que-estabelece-beneficios-fiscais-aos-participantes-do-programa-assim-como-o-art-5-da-lei-8-723-de-22-de-dezembro-de-2014-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 05 maio 2020.

SÃO PAULO (Município). *Projeto de Lei nº 568 de 28 de outubro de 2015*. Dispõe sobre criação do incentivo fiscal denominado IPTU Verde. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/projeto-de-lei-568-de-28-de-outubro-de-2015>>. Acesso em: 15 maio 2020.

SÃO PAULO. (Município). Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. *Quota Ambiental*. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/cota-ambiental-2/>>. Acesso em: 18 maio 2020.

SOUZA, M. L. de. *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos*. 6ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

TRENNEPOHL, T.D. *Tributo é eficaz quando usado para preservação ambiental*. São Paulo. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2006-mar-23/tributo_eficaz_quando_usado_preservacao_ambiental?pagina=2>. Acesso em: 13 maio 2020.

Gestão Municipal de Resíduos Sólidos na UGRHI 13 e os Dez anos da Política Nacional de Resíduos Sólidos

Municipal Waste Management in the 13th Hydric Resources Management Unit and Ten Years of the National Solid Waste Policy

Gestión Municipal de Residuos Sólidos en la Unidad de Gestión de Recursos Hídricos 13 y los Diez Años de la Política Nacional de Residuos Sólidos

Cristine Diniz Santiago

Doutora em Ciências Ambientais pela UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, cristine.dis@gmail.com

Túlio Queijo Lima

Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP tulioqueijo@gmail.com

Erica Pugliesi

Doutora em Ciências da Eng. Ambiental-USP Profa. Dep. de Ciências Ambientais-UFSCar epugliesi@ufscar.br

Valdir Schalch

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento-USP. Prof. Sênior do Departamento de Hidráulica e Saneamento - EESC/USP vschalch@sc.usp.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS nos municípios da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13), no estado de São Paulo, bem como avaliar a situação da gestão de resíduos sólidos urbanos nestes municípios após 10 anos de promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei 12.305/2010. Com relação ao planejamento, em 2020, dentre os 34 municípios da UGRHI-13, 76% possuem seus PMGIRS elaborados, enquanto 15% declaram não possuir este documento. As respostas explicitam que 9% dos municípios estão com os PMGIRS em processo de elaboração. Faz-se um destaque para o número elevado de municípios que não possuem revisões de seus planos, o que pode indicar baixa articulação entre o planejamento e a efetivação da gestão de resíduos sólidos. Observando o panorama da gestão de resíduos sólidos desde a promulgação da PNRS com base no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, nota-se que metade dos municípios da UGRHI-13 não realiza cobrança pelos serviços, apesar de este constituir um alicerce da gestão integrada de resíduos sólidos; também observam-se poucos avanços na prestação de serviços às populações rurais e na recuperação de materiais recicláveis, mesmo que de modo geral a UGRHI-13 apresente resultados acima da média nacional. Por fim, os avanços tímidos não são observados apenas na escala municipal, mas expandem-se trazendo à tona questões de governança, de integração entre a legislação, o planejamento e sua implementação, além de problemas na articulação intragovernamental - horizontal e vertical.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Gestão de Resíduos Sólidos; UGRHI 13; Política Nacional de Resíduos Sólidos; PMGIRS.

ABSTRACT

This work aims to present an overview of Municipal Plans for Integrated Solid Waste Management - PMGIRS in the municipalities of the Tietê-Jacaré Hydrographic Basin (UGRHI-13), in the state of São Paulo, as well as to evaluate the situation of waste management in these municipalities after 10 years of promulgation of the National Solid Waste Policy - PNRS, Law 12.305 / 2010. Regarding planning, in 2020, among the 34 cities of UGRHI-13, 76% have their PMGIRS, while 15% declare they do not have this document; also, 9% of the municipalities have the PMGIRS in the process of elaboration. It is important to highlight the high number of municipalities that do not have revisions to their plans, which may indicate a low articulation between the planning and the effective waste management. Observing the waste management panorama since the enactment of the PNRS based on the National Sanitation Information System, it is noted that half of the municipalities of UGRHI-13 do not charge for services, despite this being a foundation for integrated waste management; there are also few advances in the provision of services to rural populations and in the recovery of recyclable materials, even though in general the UGRHI-13 presents results above the national average. Finally, timid advances are not only observed at the municipal scale, but expand, bringing to light governance issues, integration between legislation, planning and its implementation, as well as problems in the intra-governmental articulation - horizontal and vertical.

Keywords: Solid Waste; Waste Management; UGRHI 13; National Solid Waste Policy; PMGIRS.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una visión general de los Planes Municipales de Manejo Integrado de Residuos Sólidos - PMGIRS en los municipios de la Cuenca Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13), en el estado de São Paulo, así como evaluar la situación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en estos municipios luego de 10 años de promulgación de la Política Nacional de Residuos Sólidos - PNRS, Ley 12.305 / 2010. En cuanto a la planificación, en 2020, de los 34 municipios de la UGRHI-13, el 76% tienen su PMGIRS preparado, mientras que el 15% declaran no contar con este documento. Las respuestas explican que el 9% de los municipios tienen el PMGIRS en proceso de elaboración. Cabe destacar el elevado número de municipios que no tienen revisiones a sus planes, lo que puede indicar una baja articulación entre la planificación y el manejo efectivo de los residuos sólidos. Acerca del panorama de la gestión de residuos sólidos desde la promulgación de la PNRS basado en el Sistema Nacional de Informaciones acerca de Saneamiento, se observa que la mitad de los municipios de la UGRHI-13 no cobran por los servicios, aunque esto constituya una base para el manejo integral de residuos sólidos; también hay pocos avances en la prestación de servicios a la población rural y en la recuperación de materiales reciclables, aunque en general la UGRHI-13 presenta resultados por encima del promedio nacional. Finalmente, tímidos avances no solo se observan a escala municipal, sino que se expanden, poniendo en primer plano temas de gobernabilidad, integración entre legislación, planificación y su implementación, así como problemas en la articulación intragubernamental - horizontal y vertical.

Palabras-clave: Residuos Sólidos; Gestión de Residuos Sólidos; UGRHI 13; Política Nacional de Residuos Sólidos; PMGIRS.

1. INTRODUÇÃO

Iniciado o século XXI, ainda existem diversos desafios relacionados à geração crescente de resíduos sólidos, sendo este um dos significativos problemas ambientais com que nos deparamos, especialmente em um contexto em que tudo é planejado para durar pouco e ser descartável, estimulando o consumo exacerbado. Estes desafios alcançam diferentes esferas de complexidade, seja na disposição irregular, no volume de geração e na ineficiência de sistemas de reutilização e reciclagem destes (MESJASZ-LECH, 2014; MAVROPOULOS et al., 2015).

Neste sentido, a inserção da variável ambiental nos processos de tomada de decisão tanto do poder público quanto privado torna-se essencial nos dias de hoje (SILVA, 2003). Desta forma, a gestão integrada de resíduos sólidos pauta-se como importante instrumento para que se caminhe em direção a um modelo de sociedade sustentável, que ofereça menos impactos ao meio ambiente

e à saúde humana. Para tal, no Brasil, destaca-se a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tendo recentemente completado uma década de sua promulgação.

A PNRS apresenta uma estrutura baseada em princípios fundamentais; objetivos a serem alcançados; e instrumentos para a garantia do alcance de seus objetivos. Dentre estes instrumentos, destacam-se os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), foco deste trabalho (BRASIL, 2010; JURAS, 2012).

Vale ressaltar que a Constituição Federal de 1988 define, em seu artigo 30º, que os serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos são de competência do poder público local, a municipalidade. Nesse sentido, os PMGIRS se apresentam como elemento primário da gestão de resíduos sólidos nos municípios (BRASIL, 1988; GÓES, 2011; JACOBI

& BESEN, 2011).

Assim, estes Planos se apresentam como ferramentas de planejamento local da gestão dos resíduos sólidos, sendo fundamentais para as tomadas de decisão do poder público municipal. De acordo com a PNRS, os PMGIRS devem ser elaborados visando um horizonte de planejamento de 20 anos com revisões periódicas preferencialmente a cada 4 anos (BRASIL, 2010).

No entanto, os municípios brasileiros possuem complexidades e singularidades diversas, e assim enfrentam dificuldades relacionadas à elaboração de seus PMGIRS, sendo este um obstáculo aos avanços almejados pela PNRS. Dentre os desafios destacam-se a escassez de recursos técnicos e financeiros, notadamente nos municípios de pequeno porte; bem como a capacitação na área de resíduos sólidos (SANTIAGO, 2016).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS nos municípios da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13), no estado de São Paulo, bem como avaliar a situação da gestão de resíduos sólidos urbanos nestes municípios após 10 anos de promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

De acordo com Carvalho (2014), além da gestão dos recursos hídricos, o planejamento ambiental integrado de bacias hidrográficas deve estar associado ao planejamento

territorial. Assim, contribui-se para o ordenamento territorial que, segundo Rodriguez & Silva (2013) é mais do que o planejamento econômico regional, mais que o planejamento do desenvolvimento urbano e do planejamento ambiental, é a única política pública com enfoque integral.

Além disso, Lopes (2007) ressalta que o modelo de gestão das águas adotado pelo Brasil se baseou na experiência francesa, tomando a bacia hidrográfica como unidade territorial para o planejamento, com base no Artigo 1º, inciso V, da Lei nº 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Neste mesmo sentido, a Política Federal de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) determina em seu Art. 48, capítulo IX, que a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de referência para o planejamento das políticas de saneamento básico, incluindo-se a gestão de resíduos sólidos, um de seus componentes (BRASIL, 2007; NETO & ROCHA, 2013).

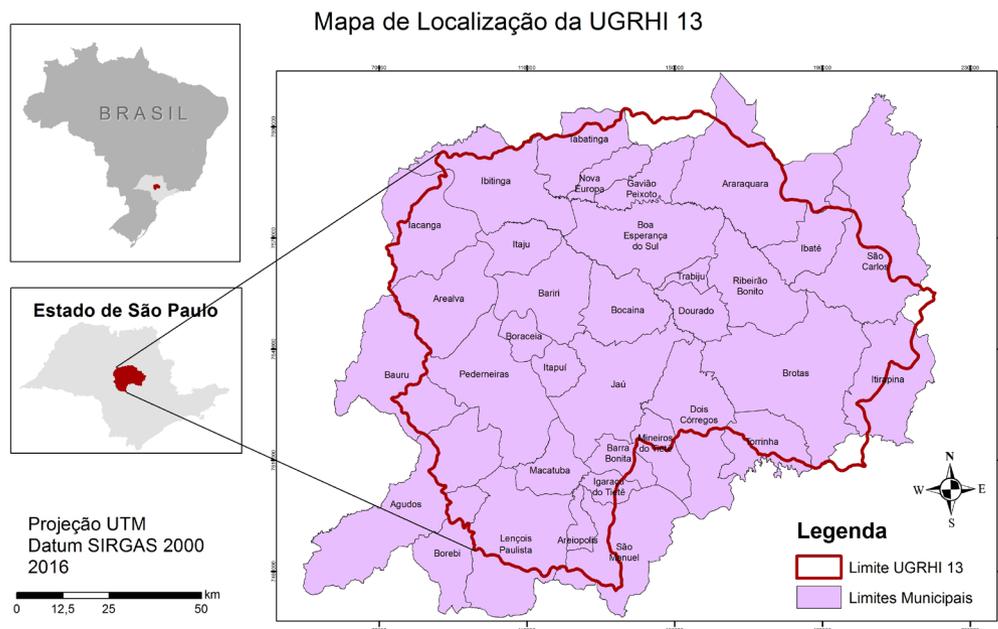
Ainda neste contexto, Santiago (2016) afirma que outros estudos sobre a gestão de resíduos sólidos também adotaram a bacia hidrográfica como área de estudo, como é o caso de Leite (1997), Lopes (2007) e Wiens (2008). Finalmente, a Companhia Ambiental Paulista (CETESB) adota a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos como unidade de planejamento ambiental para a gestão de resíduos sólidos, o que é evidenciado pelo Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2019).

Assim, o presente estudo definiu como escopo de trabalho a bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, correspondente à 13ª Unidade de

Gerenciamento dos Recursos Hídricos central do Estado de São Paulo, com (UGRHI-13), localizada na porção área de 11.779 km² (Figura 1)¹.

Figura 1 – Mapa de localização da UGRHI-13

1 Os municípios de Agudos e Bauru estão associados a outra UGRHI por questões políticas, conforme a Primeira Ata de Reunião Ordinária do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha (CBH-TB) de 1997 (CBH-TB, 1997) bem como a Ata da Assembleia de Instalação e Posse do CBH-TB (CBH-TB, 1996).



Fonte: Santiago (2016).

A Tabela 1 apresenta a área e a população dos municípios pertencentes à UGRHI-13 em 2020, conforme a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). A bacia hidrográfica Tietê-Jacaré possui 28 municípios de pequeno porte (82%), com menos de 50.000 habitantes; destes, 19 municípios possuem menos de 20.000 habitantes e, de acordo com a PNRS, devem elaborar a versão simplificada do PMGIRS. Ainda, seis municípios da UGRHI possuem população maior que 50.000 habitantes, quais sejam: Araraquara, Bauru, Ibitinga, Jaú, Lençóis Paulista e São Carlos.

Tabela 1 – Área e população dos municípios da UGRHI-13

Município	Área (km ²)	População (habitantes)
Agudos	966,16	36.134
Araraquara	1003,63	227.618
Arealva	504,97	8.196
Areiópolis	85,91	10.857
Bariri	444,41	33.993
Barra Bonita	150,12	34.914
Bauru	667,68	364.225

Boa Esperança do Sul	690,75	14.582
Bocaina	363,93	12.135
Boracéia	122,11	4.759
Borebi	347,99	2.579
Brotas	1101,37	23.850
Dois Córregos	632,97	26.972
Dourado	205,87	8.482
Gavião Peixoto	243,77	4.610
Iacanga	547,39	11.306
Ibaté	290,98	34.738
Ibitinga	689,39	58.501
Igaraçu do Tietê	97,75	24.135
Itaju	230,36	3.654
Itapuí	140,02	13.779
Itirapina	564,6	17.162
Jaú	687,1	147.505
Lençóis Paulista	809,54	66.343
Macatuba	224,51	16.932
Mineiros do Tietê	213,24	12.597
Nova Europa	160,25	10.749
Pederneiras	728,74	45.570
Ribeirão Bonito	471,55	12.959
São Carlos	1136,91	242.632
São Manuel	650,73	39.574
Tabatinga	368,6	15.897
Torrinha	315,27	9.713
Trabiju	63,42	1.703

Fonte: Adaptado de IBGE (2019); SEADE (2020).

2.2 AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UGRHI-13

Para avaliação do panorama dos PMGIRS na UGRHI 13, foram utilizadas bases de dados já existentes sobre o assunto, quais sejam: Sistema Nacional de Informações sobre

Resíduos Sólidos (SINIR), com dados de 2013; Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo (SMA), com dados de 2014; Confederação Nacional dos Municípios (CNM), com dados de 2015; além das pesquisas de Santiago (2016) e Lima (2017). A partir destes dados foi realizada busca nos sites das Prefeituras para avaliar a situação atual (2020) dos

PMGIRS, ou seja, verificar se aqueles que não possuíam o Plano até 2017 já o elaboraram, bem como identificar se municípios que já possuíam o PMGIRS caminharam no sentido de sua revisão.

Posteriormente, entrou-se em contato via telefone com os gestores públicos dos municípios nos quais os dados não foram possíveis de encontrar via site oficial. Na conversa, objetivou-se identificar a existência ou não dos planos, bem como a data destes.

Após a avaliação do panorama dos

PMGIRS na UGRHI 13 foi realizada uma análise da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da área de estudo no período 2010-2018, a fim de avaliar possíveis avanços decorridos desde a promulgação da PNRS. Assim, foram utilizados dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) – componente Resíduos Sólidos, do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que apresenta série histórica no período anteriormente referido. A Tabela 2 apresenta os indicadores utilizados nesta etapa.

Tabela 2 – Informações e indicadores do SNIS utilizados na pesquisa

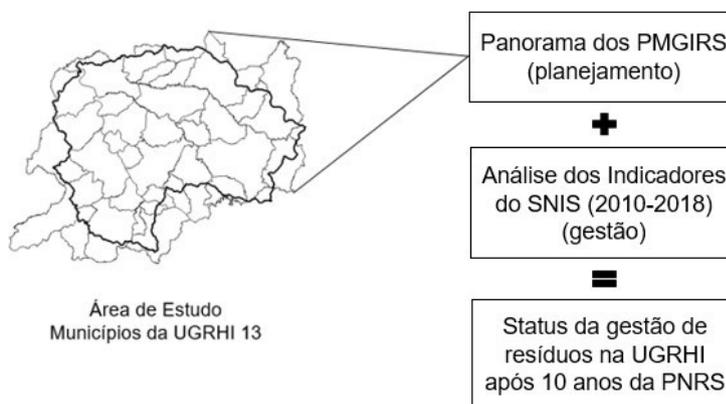
Código	Descrição
FN201	A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (Antigo campo GE012)
IN014	Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município
IN015	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domiciliares em relação à população total do município
IN031	Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (resíduos domiciliares + resíduos sólidos públicos) coletada (%)
IN032	Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana (Kg/hab/ano)

Fonte: SNIS (2018).

Assim, a presente pesquisa caracteriza-se como pesquisa documental. Após as etapas acima descritas foi possível analisar o

status atual da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da UGRHI 13. A Figura 2 apresenta um esquema metodológico da pesquisa.

Figura 2 – Esquema metodológico da pesquisa



Fonte: Autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O panorama da elaboração dos anos avaliados, entre 2013 à 2020, é PMGIRS na UGRHI 13 ao longo dos apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Situação da elaboração dos PMGIRS na UGRHI-13

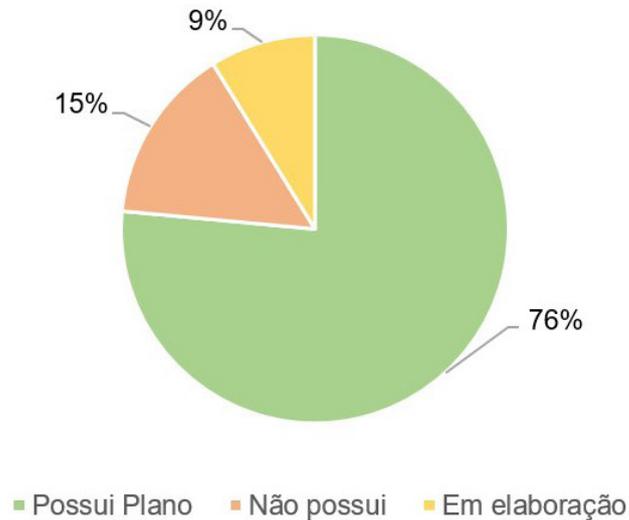
MUNICÍPIO	SINIR (2013)	SMA (2014)	CNM (2015)	SANTIAGO (2016)	LIMA (2017)	SINIS (2018)	Autores (2020)
AGUDOS	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
ARARAQUARA	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
AREALVA	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
AREIÓPOLIS	Não	Não	Em elaboração	Em elaboração	Em elaboração	Sim	Sim
BARIRI	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
BARRA BONITA	Não	Não	Em elaboração	Em elaboração	Não	Sim	Sim
BAURU	Não	Sim	*	*	Sim	Sim	Sim
BOA ESPERANÇA DO SUL	Não	Não	*	Em elaboração	Em elaboração	*	Não
BOCAINA	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim
BORACÉIA	Não	Sim	Sim	Em elaboração	Em elaboração	Sim	Sim
BOREBI	Sim	Não	Não	Em elaboração	Sim	Sim	Sim
BROTAS	Não	Sim	Em elaboração	Sim	Sim	Sim	Sim
DOIS CÓRREGOS	Não	Não	Não	Em elaboração	Em elaboração	Sim	Sim
DOURADO	Sim	Não	Em elaboração	Sim	Não	*	Não
GAVIÃO PEIXOTO	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
IACANGA	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
IBATÉ	Sim	Não	Não	*	Em elaboração	*	Não
IBITINGA	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
IGARAÇU DO TIETÊ	Não	Sim	*	*	Em elaboração	*	Sim
ITAJU	Sim	Não	Não	Em elaboração	Sim	*	Sim
ITAPUÍ	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
ITIRAPINA	Não	Não	Em elaboração	*	Sim	Sim	Sim
JAÚ	Sim	Não	*	Sim	Sim	*	Sim
LENÇÓIS PAULISTA	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	*	Sim
MACATUBA	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
MINEIROS DO TIETÊ	Não	Não	Em elaboração	*	Em elaboração	*	Em elaboração
NOVA EUROPA	Sim	Não	Em elaboração	Em elaboração	Sim	Sim	Sim
PEDERNEIRAS	Sim	Sim	*	Sim	Sim	*	Sim
RIBEIRÃO BONITO	Não	Não	Em elaboração	Em elaboração	Em elaboração	Não	Não
SÃO CARLOS	Sim	Sim	Em elaboração	Em elaboração	Em elaboração	Não	Em elaboração
SÃO MANUEL	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
TABATINGA	Sim	Sim	Em elaboração	Sim	Sim	Sim	Sim
TORRINHA	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
TRABIJU	Sim	Não	Em elaboração	Em elaboração	Em elaboração	*	Em elaboração

* Sem informação

Fonte: Elaborado pelos Autores com base em: SINIR (2013); SMA (2014); CNM (2015); SANTIAGO (2016); LIMA (2017).

A Figura 3 apresenta uma síntese dos dados para visualização do cenário da elaboração dos PMGIRS na UGHRI-13 referente ao ano de 2020.

Figura 3 – Cenário da elaboração dos PMGIRS na UGHRI-13 no ano de 2020



Fonte: Autores (2020)

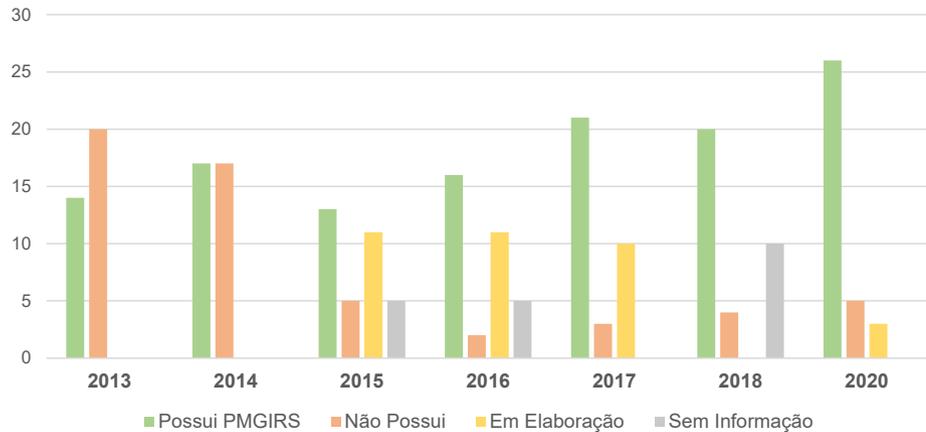
A Figura 3 permite vislumbrar que em 2020, dentre os 34 municípios da UGHRI 13, 76% possuem seus PMGIRS elaborados, enquanto 15% declaram não possuir este documento. As respostas explicitam que 9% dos municípios estão com os Planos em processo de elaboração. Os dados relativos a 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018 e 2020 permitem traçar a evolução da situação de elaboração dos PMGIRS na UGRHI-13 no período 2013-2020.

Nota-se uma questão de incompatibilidade de dados, já que ao comparar as bases de dados do SINIR, CNM e SMA, apenas os municípios de Agudos, Arealva e São Manuel apresentam dados compatíveis.

Ainda, Lima (2017) aponta que em uma busca online pelos documentos dos PMGIRS foram encontrados os Planos de apenas oito municípios, a saber: Araraquara; Bauru; Iacanga; Ibatinga; Itirapina; Jaú; Lençóis Paulista; Nova Europa. Tal cenário reitera a problemática da existência de dados confiáveis acerca da gestão de resíduos sólidos, apontando a necessidade de integração dos bancos de dados existentes, bem como de um sistema consolidado de diagnóstico, como sugerido por Jacobi (2012).

O panorama da situação dos PMGIRS nos municípios da UGRHI-13 é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Panorama da situação dos PMGIRS nos municípios da UGRHI-13 – 2013-2020



Fonte: Elaborado pelos Autores com base em: SINIR (2013); SMA (2014); CNM (2015); SANTIAGO (2016); LIMA (2017).

Em relação à existência dos PMGIRS, é possível identificar que ao longo dos anos houve uma tendência de aumento, ainda que existam municípios sem o PMGIRS ou nos quais este se encontra em elaboração. Assim, após 10 anos de promulgação da PNRS, processos como um diagnóstico contundente e o planejamento de maneira ampla ainda não foram incorporados de maneira intrínseca como etapa essencial à elaboração da estratégia local para gestão dos resíduos, mantendo-se a majoritária ação reativa – a partir de uma obrigação imposta por legislação – em oposição às ações preventivas. Este comportamento apresenta riscos reais às populações em termos de saúde pública, qualidade ambiental e uso eficiente de recursos, como observado na postura brasileira de enfrentamento à pandemia de COVID-19, especificamente para a gestão de resíduos sólidos (PUGLIESI et al., 2020).

Observa-se ainda que a publicização do planejamento municipal permanece um desafio, o que

traz fragilidades nos aspectos de transparência e accountability; analogamente, Santiago (2016) analisou que nos municípios da UGRHI 13 a participação popular ainda constitui uma questão complexa para a gestão municipal na construção de políticas públicas ambientais, como a de resíduos sólidos, já que mesmo com a existência de mecanismos para a participação na elaboração dos PMGIRS na maior parte dos municípios analisados, os mesmos consideraram que esta ocorreu numa escala baixa e/ou moderada.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes aos anos de publicação ou promulgação dos PMGIRS vigentes dos 26 municípios da bacia que possuem seus planos. A avaliação do ano de publicação do documento vigente é importante indicador da efetivação do planejamento, uma vez que de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a periodicidade da revisão deve observar prioritariamente o período de vigência do plurianual municipal, ou seja, usualmente a cada quatro anos.

Tabela 4 – Data dos PMGIRS dos municípios da UGRHI-13

Municípios	Data do PMGIRS vigente
Agudos	2013
Araraquara	2015
Areiópolis	2019
Bariri	2015
Barra Bonita	2018
Bauru	2017
Bocaina	2012
Boracéia	2015
Borebi	2018
Brotas	2014
Dois Córregos	2017
Gavião Peixoto	2017
Iacanga	2013
Ibitinga	2015
Igaraçu do Tietê	2012
Itaju	2015
Itapuí	2016
Itirapina	2016
Jaú	2013
Lençóis Paulista	2013
Macatuba	2013
Nova Europa	2015
Pederneiras	2011
São Manuel	2015
Tabatinga	2018
Torrinha	2014

Fonte: autores (2020).

Ao analisar os dados, tendo como ano base 2020, é possível identificar que 73% dos municípios estão, atualmente, com seus processos de revisão atrasados. Ou seja, têm suas últimas versões de PMGIRS datadas de antes de 2017. Os municípios que encontram-se dentro do prazo para revisões compreendem, consequentemente, 27% da totalidade dos que possuem Plano.

Dos municípios pesquisados, apenas Araraquara informou que está em processo de elaboração da revisão do Plano. Sendo assim, dos 19 municípios que precisariam já ter revisão,

apenas um informou que encontra-se em processo. Além disso, destaca-se que, dois municípios – Bocaina e Igaraçu do Tietê – deveriam estar atualmente na sua segunda revisão, ou seja, tem Planos datados de 2012 e 2011, respectivamente.

O elevado número de municípios que estão sem revisão respeitando o prazo indicado como prioritário de quatro anos pode indicar que estes PMGIRS tenham uma baixa efetividade no que diz respeito às ações que são propostas, ou seja, há pouca articulação entre o planejamento e a prática.

Seguindo-se à análise da evolução da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da UGRHI 13 desde a promulgação da PNRS, fez-se a utilização do SNIS, que teve a pesquisa do componente resíduos sólidos iniciada em 2002 pelo extinto Ministério das Cidades.

No entanto, ressalta-se que o primeiro levantamento sobre saneamento básico no país ocorreu em 1974 em parceria entre o Ministério da Saúde e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 2000 foi realizada a primeira edição da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, que teve a segunda edição em 2008, sendo posteriormente descontinuada (SIDRA, 2016).

Portanto, desde antes da promulgação da PNRS, o setor saneamento básico de maneira geral, e o de resíduos sólidos especificamente, já sofria com a insuficiência e descontinuidade de dados. Esta fragilidade culminou, após a promulgação da PNRS, no fato do Plano Nacional de Resíduos Sólidos não ter sido publicado por questões político-burocráticas, deixando um país continental sem uma referência unificada para o planejamento de resíduos sólidos.

Paralelamente aos dados publicados pelo IBGE, o Diagnóstico de Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos, realizado no âmbito do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) constitui a maior base de dados oficial para resíduos sólidos, ainda que a pesquisa não seja de preenchimento obrigatório e apresente informações autodeclaradas (FIGUEIREDO, 2011; SNIS, 2018). Desde 2010 e ainda hoje, passados 10 anos da promulgação da PNRS, o SNIS é a única base de dados oficial que

oferece amplitude de informações acerca da gestão de resíduos sólidos.

A presente pesquisa utilizou uma informação e quatro indicadores do SNIS para avaliar a gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da UGRHI 13 desde a promulgação da PNRS, ou seja, série histórica entre 2010 e 2018, data da última pesquisa publicada. A informação e os indicadores selecionados permitem avaliar as seguintes áreas: (i) recursos financeiros para a gestão de RSU; (ii) universalização da coleta regular – indiferenciada – no território municipal, considerando as zonas urbana e rural; e (iii) situação da recuperação de materiais recicláveis nos municípios.

(i) RECURSOS FINANCEIROS PARA A GESTÃO DE RSU

No que se refere aos recursos financeiros, foi analisada a informação 'FN201 - A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU (Antigo campo GE012)'. Os resultados mostram que 16 municípios não cobram pelos serviços, enquanto 15 realizam cobrança e os demais não responderam ou não possuem série histórica com mais de 3 anos no período estudado.

Assim, a partir dos 31 municípios que apresentaram resposta de no mínimo quatro anos na série histórica, observa-se que metade (51,61%) não realiza cobrança pelos serviços, ainda que tenham-se passado dez anos da promulgação da PNRS e este seja um fundamento da gestão integrada de resíduos sólidos, fundamental para a sustentabilidade financeira dos serviços. A Tabela 5 apresenta informações sobre o início da cobrança nos municípios.

Tabela 5 - Panorama da cobrança pela gestão de resíduos sólidos urbanos na UGRHI-13

Município	Realiza cobrança?	Desde quando?
Agudos	Não	-
Araraquara	Sim	2011
Arealva	Não	-
Areiópolis	Sim	Não informado, ao menos 2012
Bariri	Não	-
Barra Bonita	Sim	2010, com intermitências
Bauru	Não	-
Bocaina	Sim	2013, com intermitências
Boraceia	Não	-
Borebi	Sim	2012
Brotas	Sim	2010
Dois Córregos	Não	-
Dourado	Não	-
Gavião Peixoto	Sim	2016
Iacanga	Não	-
Ibitinga	Sim	2010
Igaraçu do Tietê	Não	-
Itaju	Não	-
Itapuí	Não	-
Itirapina	Sim	2010, com intermitências, 2016 contínuo
Lençóis Paulista	Sim	2010
Macatuba	Sim	2010
Mineiros do Tietê	Não	-
Nova Europa	Não	Deixou de cobrar em 2016
Pederneiras	Não	-
Ribeirão Bonito	Sim	Desde 2012 com intermitência nas respostas
São Carlos	Não	-
São Manuel	Não	-
Tabatinga	Sim	2010
Torrinha	Sim	2012
Trabiju	Sim	2011

Fonte: Elaboração própria com base em SNIS-RS 2010-2018.

Destaca-se que os municípios de Araraquara, Bocaina, Borebi, Gavião Peixoto, Ribeirão Bonito, Torrinha e Trabiju (20,59% do total) iniciaram a cobrança pelos serviços após a promulgação da PNRS.

Além disso, tratando-se da forma de cobrança, segundo o SNIS (2010-2018), apenas o município de Araraquara realiza cobrança via taxa específica junto à cobrança por outro serviço de saneamento básico, de modo que o recurso não é revertido para o caixa geral para a prefeitura, garantindo sua utilização no próprio serviço de gestão de RSU. Os demais municípios que realizam a cobrança fazem-na via boleto do Imposto

Predial e Territorial Urbano (IPTU).

(ii) UNIVERSALIZAÇÃO DA COLETA REGULAR NO TERRITÓRIO MUNICIPAL, CONSIDERANDO AS ZONAS URBANA E RURAL

Com relação aos indicadores que tratam da cobertura da coleta de resíduos domiciliares, o IN014 está focado na população urbana, enquanto o IN015 abrange também a população rural.

Nesse sentido, observam-se índices de excelência no atendimento da população urbana (IN014), estando em 100% há mais de 3 anos nos municípios: Araraquara, Areiópolis,

Bariri, Bauru, Bocaina, Boraceia, Borebi, Brotas, Dois Córregos, Gavião Peixoto, Iacanga, Ibitinga, Itirapina, Lençóis Paulista, Nova Europa, São Carlos e Trabiju, representando 50% do universo da UGRHI-13.

Apenas os municípios Arealva (71,34%), Barra Bonita (96,13%), Igarapu do Tietê (98,02%), Itaju (96,03%), Ribeirão Bonito (98,63%), Tabatinga (92,86%) e Torrinha (75,05%) não apresentam 100% de cobertura da coleta urbana em 2018.

Comparando o panorama da UGRHI-13 em 2018 com o panorama nacional e regional do Sudeste, observa-se que os municípios da UGRHI encontram-se majoritariamente acima da média nacional para o indicador (94,7%) assim como a média da Região Sudeste (95,1%), com exceção dos municípios de Arealva, Tabatinga e Torrinha.

Com relação à coleta para a população total do município, ou seja, incluindo-se a população urbana e rural, nota-se que ela foi considerada de 100% em 2018 nos municípios de Bauru, Borebi, Ibitinga, Lençóis Paulista e Torrinha (14,70% do universo), sendo que no caso de Torrinha observa-se uma incongruência no preenchimento dos indicadores IN014 e IN015.

Ao observar os resultados do IN015, 11 municípios encontram-se acima da média regional (96,2%) para 2018, sendo eles Agudos, Araraquara, Barra Bonita, Iacanga, Igarapu do Tietê, Itapuí, Itirapina, Macatuba, Mineiros do Tietê, São Carlos e São Manuel, representando 32,35% do universo e delineando uma situação amplamente distinta do panorama da coleta urbana, o que pode indicar baixa prioridade de investimento na

expansão dos serviços de coleta para áreas rurais.

Abaixo da média regional porém acima da nacional (92,1%) temos Tabatinga (94,83%), Ribeirão Bonito (95,76%), Pederneiras (93%), Nova Europa (92,74%), Itaju (96,03%), Dois Córregos (94,69%), Bocaina (92,14%), Bariri (94,88%) e Agudos (95,56%), correspondente a 26,47% do universo da UGRHI.

Restam portanto os municípios de Trabiju (91,83%), Gavião Peixoto (80,89%), Brotas (86,19%), Boraceia (89,68%), Areiópolis (88,86%), Arealva (78,77%) que seriam prioritários para ações com foco em gestão de resíduos nas áreas rurais, respondendo por 17,65% da UGRHI.

A diferenciação observada nos resultados dos indicadores IN014 e IN015 aponta para o desafio da universalização dos serviços – neste caso de coleta de resíduos sólidos urbanos – notadamente nas áreas rurais. Além de constituir um princípio da Lei Nacional de Saneamento (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020), este também é um dos pilares dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU – sendo o Brasil signatário –, na alcunha “não deixar ninguém para trás” (ONU, 2015).

(iii) SITUAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NOS MUNICÍPIOS

Finalmente, com relação à recuperação de materiais recicláveis, os indicadores IN031 e IN032 tratam, respectivamente, de taxa de recuperação e massa recuperada. Tendo em vista a ordem de prioridade da gestão de resíduos sólidos trazida pela PNRS: não geração, redução,

reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010), é possível considerar que estes indicadores deveriam apresentar avanços desde a promulgação da lei.

Ainda, é necessário ressaltar que estes indicadores são campos com baixo preenchimento pelos municípios em relação aos demais campos analisados nesta pesquisa.

Com relação à taxa de recuperação de materiais recicláveis (IN031) foi possível analisar os dados preenchidos por 16 municípios. Desse montante, a maior parte (75% dos que preencheram e 35,29% do universo da UGRHI-13) apresenta taxas acima da média nacional para o indicador em 2018 (2,2%). Este é o caso dos municípios de Agudos (7,91%), Araraquara (4,02%), Arealva (12,99%), Barra Bonita (5,33%), Boraceia (22,29%), Brotas (16,86%), Iacanga (2,31%), Ibitinga (5,14%), Lençóis Paulista (16,2%), Macatuba (12,36%), Mineiros do Tietê (16,81%) e São Manuel (4,53%).

Já os municípios de São Carlos (0,6%), Itirapina (1,33%), Bauru (1,21%) e Bariri (1,2%) encontram-se abaixo da média nacional para o indicador. É interessante ressaltar que pouco mais da metade dos municípios (9) que apresentaram dados passíveis de análise possuem oscilações significativas ao longo da série histórica e/ou apresentam pontos atípicos para o indicador. Esta situação que também foi observada para o IN032 e será posteriormente apresentada pode associar-se às deficiências do SNIS, por constituir um sistema autodeclaratório e não auditado, ou ainda por

dificuldades dos municípios na gestão da coleta seletiva e cálculo do indicador, estando as duas últimas possibilidades associadas ao que Santiago (2016) observou em sua pesquisa com relação às deficiências municipais para o planejamento e gestão de resíduos sólidos.

No caso da massa recuperada por habitante (IN032), observa-se que o município de Agudos variou entre 1,06 e 24,87 kg/hab/ano de recuperação, sendo este último valor referente ao resultado de 2018, estando consideravelmente acima da média da Região Sudeste (6,24 kg/hab/ano). Em Araraquara também é possível notar crescimento da recuperação ao longo do tempo, ainda que com oscilações no período de análise, estando com uma massa recuperada de 12,51 kg/hab/ano em 2018. Macatuba observa o mesmo cenário, chegando em 2018 com uma recuperação de 25,9 kg/hab/ano. Estes municípios correspondem a 8,82% do universo da UGRHI-13.

No caso dos municípios de Arealva, Barra Bonita, Boraceia, Iacanga e Mineiros do Tietê (14,70%) observa-se uma queda na massa de recicláveis recuperada ao longo do período de estudo. Arealva apresenta uma queda passando de 53,46 kg/hab/ano para 26,87 kg/hab/ano. Ainda assim, a média do município encontra-se consideravelmente acima da regional (6,24 kg/hab/ano). O mesmo ocorre no caso de Barra Bonita, que apresenta recuperação de 11,37 kg/hab/ano em 2018. Boraceia também observa uma queda chegando com um índice superior à média regional em 2018, 9,11 kg/hab/ano. Iacanga apresenta a mesma situação, saindo de 17,3 kg/hab/ano em 2010 para 9,37 kg/hab/ano em 2018. Finalmente, em

Mineiros do Tietê, o município passou de uma recuperação de 24 kg/hab/ano em 2013 para 16,34 kg/hab/ano em 2018.

O município de Bariri encontra-se abaixo da média regional, ainda que observe um aumento na massa recuperada ao longo do tempo, chegando em 2018 com uma recuperação de 4,22 kg/hab/ano.

São Carlos observa uma queda da recuperação ao longo do tempo, ainda que em 2011 tenha havido um crescimento para 13,49 kg/hab/ano, o ano de 2018 apresentou uma recuperação abaixo da média regional, de 2,51 kg/hab/ano.

Alguns municípios mantêm as massas recuperadas ao longo do tempo, ainda que apresentem um resultado atípico para um dos anos estudados. Esta é a situação do município de Bauru, que apresenta recuperação de 3,21 kg/hab/ano em 2018 com resultados semelhantes para o período 2010-2018, ainda que tenha um resultado atípico em 2013 (34,18 kg/hab/ano). O mesmo ocorre para Itirapina, que oscila entre 4 kg/hab/ano e 7,84 kg/hab/ano (2018), com um resultado atípico em 2013 de 66,36 kg/hab/ano. Lençóis Paulista passa pela mesma situação, com uma massa de 40,16 kg/hab/ano em 2018. Ressalta-se que Itirapina e Lençóis Paulista encontram-se acima da média regional.

Há municípios que oscilam ao longo do período, mantendo-se acima da média regional. Este é o caso de Brotas, estando com uma recuperação de 53,59 kg/hab/ano em 2018; e São Manuel, que chega em 2018 com uma recuperação de recicláveis de 14,61 kg/hab/ano.

Assim, o panorama do IN032 na UGRHI apresenta 32,35% dos municípios acima da média regional (6,24 kg/hab/ano). No entanto, apenas 15 municípios (44,12%) preencheram o campo, reforçando a dificuldade de análise de questões mais específicas referentes à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

O próprio Relatório do 17º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2018) reconhece que a massa coletada de resíduos recicláveis de 2,2% do total coletado (IN031) ou massa recuperada de 7,61 kg/hab./ano (IN032) – resultados dos indicadores para o país em 2018 – correspondem a um resultado insatisfatório, que indica que poucos avanços foram alcançados na temática da coleta seletiva e da reciclagem.

Observa-se assim que o panorama de planejamento para a gestão de resíduos sólidos na UGRHI-13, associado ao panorama da gestão de resíduos sólidos urbanos na mesma região demonstram que poucos avanços foram atingidos no setor de resíduos sólidos, mesmo que após dez anos de promulgação da PNRS.

Com relação ao planejamento, ainda existem municípios que não elaboraram seus PMGIRS na UGRHI-13, mesmo que representem a minoria. Adicionalmente, ao verificar o alto grau de municípios que não revisaram seus Planos, evidencia-se que ainda não houve incorporação do planejamento como ponto de partida para o setor de resíduos sólidos, como preconizado pela PNRS. A própria inexistência do Plano Nacional de Resíduos Sólidos após 10 anos da promulgação da lei aponta para questões que extrapolam a escala municipal e inclusive impõe

desafios aos municípios brasileiros, que devem elaborar seus PMGIRS sem uma referência nacional.

O planejamento municipal também enfrenta desafios relacionados a ausência de recursos e dados, deficiências de pessoal capacitado e indisponível, dificuldades para a atuação de maneira integrada e despreparo no processo de participação social (SANTIAGO, 2016); e estes relacionam-se também à revisão dos Planos, de modo que uma estratégia regional, tendo a UGRHI-13 como referência, poderia caminhar na capacitação e incentivo à revisão dos PMGIRS e atualização do planejamento.

Nessa perspectiva, vale destacar que o planejamento regionalizado é uma das bases do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, que recomenda a regionalização para o planejamento da gestão integrada de resíduos sólidos, podendo inclusive alocar soluções regionais a desafios municipais.

Acerca da gestão de resíduos sólidos e os tímidos avanços observados, além de relacionarem-se às fragilidades do planejamento supracitadas, é necessário observar um panorama mais amplo para compreender possíveis razões de tal cenário. Fatores como a baixa articulação entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA), responsável por implementar a lei, e os municípios brasileiros (MORO, 2018) podem indicar uma fragilidade que contribui para o baixo avanço observado. Ainda, o descolamento da letra da lei e de seus instrumentos – como são os PMGIRS – da efetiva gestão destacado por Freiria (2010); os problemas de governança e articulação intergovernamental observados

no contexto da gestão de resíduos sólidos na situação da pandemia de COVID-19 (PUGLIESI et al., 2020) são argumentos adicionais para as dificuldades de implementação da legislação complexa que é a PNRS.

3. CONCLUSÕES

A partir do panorama dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS e da situação da gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13), no estado de São Paulo, foi possível observar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, após dez anos de sua promulgação, encontra-se distante da implementação.

Ainda que os PMGIRS tenham sido majoritariamente elaborados na UGRHI-13 e os indicadores analisados estejam em sua maior parte acima da média nacional e regional, a universalização dos serviços ainda está distante, especialmente ao considerar as populações mais vulneráveis, como das áreas rurais.

Faz-se um destaque para o número elevado de municípios que não possuem revisões de seus planos. Esse resultado nos faz inferir a ausência de efetividade da implementação de muitos planos, que em verdade representa a possibilidade destes tornarem-se “planos de gaveta”. Ainda, é possível que as dificuldades de planejamento mantenham-se mesmo após a elaboração do PMGIRS, dificultando sua revisão.

Além do exposto, as informações acerca da gestão de resíduos sólidos possuem fragilidades, como o fato do SNIS constituir

um sistema autodeclaratório, sem obrigatoriedade de preenchimento e sem auditorias internas ou externas. Desse modo, o delineamento de estratégias para a gestão de resíduos em escala nacional, estadual e municipal encontra-se prejudicado já que o planejamento se dá sobre alicerces débeis.

Por fim, os avanços discretos não são observados apenas na escala municipal, mas se expandem para virem à tona questões de governança, de integração entre a legislação e sua implementação, além de problemas na articulação intragovernamental - horizontal e vertical. O enfrentamento destes desafios é necessário para que a gestão de resíduos sólidos caminhe em direção aos princípios e objetivos da PNRS, seja na escala nacional, estadual ou municipal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental | 25 anos do Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê - Jacaré.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Constituição (1988)*. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

Brasil. Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. *Política Federal de Saneamento Básico*. Brasília, 2007. D.O.U. de 08/01/2007, p. 3.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, 2010b. D.O.U. de 03/08/2010, p. 2.

Brasil. Lei nº 14.026 de 15 de julho

de 2020. *Atualiza o marco legal do saneamento básico*. Brasília, 2020. D.O.U. de de 16/07/2020, pág. nº 1.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2019*. São Paulo, 2019. 79 p. Disponível em: <https://indd.adobe.com/view/52c1371e-80e2-461f-b43c-57b66cbfaf34>. Acesso em 25 ago 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). *Observatório dos Lixões - Diagnóstico Municipal para a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: <http://goo.gl/dMvbe1>. Acesso em ago 2020.

FIGUEIREDO, Fábio Fonseca. Panorama dos resíduos sólidos brasileiros: análises de suas estatísticas. *Biblio 3W - Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 16, nº 928, 10p. 2011.

FREIRIA, Rafael Costa. *As relações entre Direito e Gestão Ambientais: da integração interdisciplinar à efetividade da política ambiental*. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2010. 289 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2010.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). *Informações dos Municípios Paulistas - IMP*, 2020. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>. Acesso em ago 2020.

- GÓES, Helvia Costa. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. *Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, n. 3, p. 45-60, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *IBGE Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 25 ago 2020.
- JACOBI, Pedro R.; BESEN, Gina R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158. 2011.
- JACOBI, Pedro Roberto. Desafios e reflexões sobre resíduos sólidos nas cidades brasileiras. In: SANTOS, Maria Cecília Loschiavo; GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino. *Resíduos sólidos urbanos e seus impactos socioambientais*. Instituto de Energia e Ambiente – Universidade de São Paulo (IEE-USP), São Paulo, 2012. p. 31-34.
- JURAS, I. A. G. M. *Legislação sobre Resíduos Sólidos: comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos*. Consultoria Legislativa da Câmara de Deputados. Brasília. Abr 2012.
- LEITE, W. C. de A. *Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos (UGRHI-5) como referência*. 1997. 250 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- LIMA, Túlio Queijo de. *Avaliação da situação dos municípios da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13) frente aos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo – São Carlos, 2017.
- LOPES, Adriana Antunes. *Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI 13)*. 2007. 394p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
- MAVROPOULOS, Antonis; TSAKONA, Maria; ANTHOULI, Aida. Urban waste management and the mobile challenge. *Waste Management & Research*, v. 33, n. 4, p. 381-387, 2015.
- MORO, Carolina Corrêa. *Governança Ambiental dos Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: Lumen Juris. 2018; 222p.
- MESJASZ-LECH, Agata. Municipal waste management in context of sustainable urban development. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 151, p. 244-256, 2014.
- NETO, Elias; ROCHA, Márcia Santos da. *Política Nacional de Resíduos Sólidos: princípios, objetivos e a educação ambiental como um dos instrumentos*. 2013.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Os 17 ODS e suas 169 metas*. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: fev 2020.
- PUGLIESI, E., SANTIAGO, C. D., LEITE, W. C. A., 2020. *GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E A PANDEMIA COVID-19: (des)preparo para enfrentamento da crise*, in: Valencio,

- N., Maran, C. (Eds.), COVID-19: crises entremeadas no contexto de pandemia, UFSCar/CPOI, São Carlos, pp. 129-144.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. *Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- SANTIAGO, Cristine Diniz. *Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Desafios na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos na Bacia Hidrográfica Tietê Jacaré – SP*. 2016. 174f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA). *Municípios que elaboraram Planos de Resíduos*, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/ZOYKiY>>. Acesso em ago 2020.
- SILVA, Solange Teles. *Políticas públicas e estratégias de sustentabilidade urbana*. 14p. 2003. Disponível em: <http://goo.gl/JwaAVD>. Acesso em ago 2020.
- SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (SIDRA) (Brasil). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)*. Disponível em: <<http://goo.gl/ezotZf>>. Acesso em ago 2020.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR) (Brasil). *Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos*, com dados de IBGE - Perfil dos Municípios Brasileiros – 2014, ano base 2013. Disponível em: <http://goo.gl/PF2CuY>. Acesso em ago 2020.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) (Brasil). *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2018*. [17.ed.]. Brasília, 2019. 248 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>. Acesso em: ago 2020.
- WIENS, I. K. *A gestão de resíduos da construção civil: iniciativas na bacia hidrográfica Tietê-Jacaré e uma proposta para o município de Bauru (SP)*. 2008. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2008.

Esgotamento Sanitário no Território da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - Trecho Paulista

Sanitation in the territory of Paraíba do Sul watershed – paulista portion

Saneamiento en el territorio paulista de la Cuenca Hidrográfica del Río Paraíba do Sul

Maria Auxiliadora Machado

LADIS – Lab Análises e
Desenv. de Indicadores para
a Sustentabilidade da DIIAV,
CGCT – INPE
Fac. Tec de Jacareí Prof.
Francisco de Moura
dorinhamaxhado@gmail.com

Mariana Gutierrez Arteiro da Paz

LADIS – Lab Análises e
Desenv. de Indicadores para
a Sustentabilidade da DIIAV,
CGCT – INPE
pazmga@gmail.com

Jocilene Dantas Barros

LADIS – Lab Análises e
Desenv. de Indicadores para
a Sustentabilidade da DIIAV,
CGCT – INPE
jocilene.barros@inpe.br

Evandro Albiach Branco

LADIS – Lab Análises e
Desenv. de Indicadores para
a Sustentabilidade da DIIAV,
CGCT – INPE
evandro.albiach@inpe.br

RESUMO

Este estudo tem por objetivo interpretar o território paulista da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul a partir dos índices de saneamento básico e qualidade das águas dos corpos hídricos. Para isso, se utiliza dos critérios de “luminosidades” definidos por Santos e Silveira (2005) e dados sobre o esgotamento sanitário do SNIS e do IBGE, e os explica à luz dos contrastes demográficos e sanitários existentes no território. Esses contrastes ficam mais evidentes quando apresentados os índices de atendimento em saneamento básico e os volumes de esgotamento sanitário, tratados ou não, que atingem os corpos hídricos da Bacia Hidrográfica. Aspectos estes que são indicativos de forte desalinhamento entre as políticas públicas adotadas e a real necessidade de investimento na infraestrutura sanitária, considerando as peculiaridades em cada localidade. Por fim, traça um paralelo entre o cumprimento da Agenda 2030, neste caso representada pela ODS 6, e os municípios que se encontram mais vulneráveis em relação à qualidade da água de seus corpos hídricos, propondo um realinhamento nos investimentos àquelas localidades que estão aquém das metas estabelecidas pela Agenda.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Qualidade da água; BHPS-SP; Vale do Paraíba.

ABSTRACT

This study aims to read the Paraíba do Sul Watershed – State of São Paulo territory by its water and sanitation access and water quality numbers. For this, it uses the criteria of “luminosities” defined by Santos and Silveira (2005) and data on the sanitary depletion of SNIS and IBGE and explains them in the light of the demographic and sanitary contrasts existing in the territory. These contrasts are more evident when the rates of basic sanitation and the volumes of sanitary sewage, treated or not, affect the water bodies of the water resources of Paraíba do Sul Watershed. These aspects indicate a strong misalignment between the public policies adopted and the real need for investment in each location. Finally, it draws a parallel between the fulfillment of the 2030 Agenda, in this case represented by SDG 6, and the municipalities that are most vulnerable in relation to the water quality of their water bodies, proposing a realignment in investments to those locations that are beyond goals established by the agenda.

Keywords: Basic Sanitation; Water quality; BHPS-SP; Paraíba Valley.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo interpretar el territorio paulista de la Cuenca Hidrográfica del Río Paraíba do Sul a partir de los índices de saneamiento básico y calidad de los cuerpos de agua. Para ello, se utilizan los criterios de “luminosidad” definidos por Santos y Silveira (2005) y datos sobre alcantarillado sanitario del SNIS y del IBGE, y son explicados a la luz de los contrastes demográficos y sanitarios existentes en el territorio. Estos contrastes se hacen más evidentes cuando son presentados los índices de prestación del servicio de saneamiento básico y los volúmenes de alcantarillado sanitario, tratados o no, que llegan a los cuerpos de agua de la Cuenca Hidrográfica. Estos aspectos son indicativos de un fuerte desajuste entre las políticas públicas adoptadas y la necesidad real de inversión en infraestructura sanitaria, considerando las peculiaridades de cada localidad. Finalmente, se traza un paralelo entre el cumplimiento de la Agenda 2030, en este caso representado por el ODS 6, y los municipios más vulnerables

en relación a la calidad de sus cuerpos de agua, proponiendo un reajuste de inversiones para aquellas localidades que se encuentran por debajo de las metas establecidas por la Agenda.

Palabras-clave: Saneamiento básico; Calidad del agua; BHPS-SP; Valle de Paraíba.

1. INTRODUÇÃO

Muitas das cidades do Vale do Paraíba Paulista surgiram dos diversos pontos de paradas dos Bandeirantes em busca de ouro e depois dos tropeiros, que guarneciam os vilarejos nascidos ao longo dos caminhos que levavam às minas de ouro (DEVIDE, 2013 e 2014). Seriam esses os fatores históricos que contribuíram para o início de uma onda migratória, que atrairia muitos dos trabalhadores das zonas rurais daqueles estados para a região do Vale do Paraíba. Como resultado, milhares de famílias transpuseram a Serra da Mantiqueira e se estabeleceram no Vale do Paraíba provocando um crescimento desordenado nas pequenas cidades do território, o que resultou em um adensamento populacional não-uniforme, dando forma à atual configuração espacial da região (SILVA, 2014). Esse adensamento populacional se expressa também no aumento do percentual de áreas construídas em relação aos outros tipos de uso e cobertura da terra no Vale do Paraíba paulista, de 2,8% em 1985 para 4,6% em 2015 (RONQUIM et al., 2016). No entanto, tal adensamento se deu de forma diferenciada dentro do Vale (SILVA, 2004; SANTOS e SILVEIRA, 2005).

O crescimento da população urbana no Vale do Paraíba não teve o adequado acompanhamento de planejamento, equipamentos urbanos e de infraestrutura urbana (SILVA, 2014; DEVIDE, 2013 e 2014), assim como em outras metrópoles brasileiras (MARICATO, 2003 e 2011). Nos anos 70, as áreas centrais e urbanas brasileiras

foram contempladas com redes de abastecimento público de água, com o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), publicado em 1967 pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BND) e executado entre 1971 e 1986. No entanto, essa política apresentou algumas falhas no sentido de não integração dos serviços e de exclusão, as quais, dentre outras: i) as populações fora do ambiente urbano não foram contempladas; ii) o investimento foi direcionado de maneira mais expressiva no abastecimento de água, em detrimento do esgotamento sanitário (coleta, afastamento e tratamento de esgotos); e iii) com o aumento da oferta de água, ocorreu um consequente aumento da produção de esgotos, contribuindo com a poluição hídrica em corpos hídricos urbanos (TUCCI, 2009; MARICATO, 2003 e 2011; BARRAQUÉ, 2013; HALL e LOBINA, 2013; LEÃO, PAZ e CIBIM, 2016).

Após o PLANASA nos anos 70-80, apenas em 2007 surge no Brasil um marco legal para o setor do saneamento básico, marco este que passou por alterações no ano de 2020. Essa morosidade na definição da agenda para o setor coloca o Brasil numa posição insatisfatória em relação aos serviços de saneamento básico¹. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2019 83,7% da população brasileira tinham acesso à água tratada; e apenas 54,1% dos brasileiros tinham acesso à rede de coleta e afastamento de esgotos; e dos esgotos produzidos no país 49,1% eram tratados (SNIS, 2018),

1 Segundo a Lei 11.445/2007 alterada pela Lei 14026/2020, os quatro componentes do saneamento básico são o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

2 Para esses dados, trabalhamos com o último Censo do IBGE, dado oficial que permite verificar os serviços nas áreas urbanas e rural

sendo que o restante é lançado no ambiente. Além da falta de integralidade entre os serviços de água e esgoto, observa-se também uma desigualdade no atendimento às populações rural e urbana. Em 2010, 75,8% dos brasileiros tinham acesso ao abastecimento de água por rede geral, sendo 89,1% da população urbana e 17,8% da população rural; e apenas 44,4% da população brasileira era atendida pela coleta e afastamento dos esgotos domiciliares, sendo 54,0% da população urbana e apenas 3,1% da população rural (IBGE, 2010²). Apesar da importância das tecnologias adequadas para o saneamento rural, destaca-se que apenas em 2019 o Brasil publicou um Programa Nacional para o Saneamento Rural, após 5 anos de articulação liderada pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) (BRASIL, 2019), mesmo com a diferença significativa entre o acesso à água e ao saneamento em áreas urbanas e rurais.

Quanto à agenda global para o acesso aos serviços de saneamento básico, foi após eventos importantes como a Conferência de Estocolmo em 1972 e a Eco 92 no Rio de Janeiro, que essa passou a ser considerada e colocada em pauta, junto com outras questões socioambientais. E, finalmente em 2000 se estruturou a Conferência em que os chefes de governo adotaram a Declaração do Milênio da ONU com suas 8 metas até 2015. Em 2015 as oito metas da ODM se transformaram nas 17 ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com horizontes até 2030 para que as metas fossem alcançadas. Dentre as 17 ODS encontra-se a ODS 6, com metas comprometidas em: “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e

todos” (BRASIL, s.d.).

Este estudo pretende interpretar o território da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul em seu trecho Paulista a partir dos índices de saneamento e da classificação dos corpos hídricos, nos dois eixos de luminosidade proposto por Santos e Silveira (2005). Dessa forma,, pretende contribuir para a análise e revisão de políticas públicas que venham realmente propiciar o pleno atendimento das necessidades de saneamento básico à população do território. Para isso, considera os espaços de luminosidade do Vale do Paraíba, e o passivo em investimentos em políticas de saneamento rural, com o objetivo de avaliar comparativamente os índices relacionados ao sistema de esgotamento sanitário dos municípios, em duas regiões do Vale do Paraíba: aquela em que se situam as 22 cidades de maior adensamento demográfico (Eixo Estruturante) e a de menor adensamento demográfico, onde se encontram as outras 13 cidades (Eixo Alto Paraíba).

2. METODOLOGIA

2.1. O VALE DO PARAÍBA E OS EIXOS DE LUMINOSIDADE

Considerando os diferentes perfis de produção do espaço do Vale do Paraíba, Santos e Silveira (2014) propuseram uma divisão espacial em dois “eixos de luminosidade” dos espaços. Silva (2014) se apropria deste conceito para diferenciar o adensamento populacional das regiões do Vale do Paraíba. A região mais densamente povoada, que agrega 22 municípios e concentra 95,0% da população do Vale, e, portanto, mais luminosa, intitula de “Eixo Estruturante” (Tabela 1). A região de luminosidade mais opaca

por possuir menor adensamento humano, e que inclui outros 13 municípios com baixo dinamismo econômico, cuja população representa 5,0% da população de todo o Vale do Paraíba, é denominada como "Eixo Alto Paraíba" (Tabela 1).

Tabela 1 - Eixos dos Espaços de Luminosidade com adensamento de municípios

Municípios	Eixo Estruturante			Eixo Alto Paraíba			
	Habitantes - 2018			Municípios	Habitantes - 2018		
	Total	Urbano (%)	Rural (%)		Total	Urbano (%)	Rural (%)
Aparecida	36.129	98,5	1,5	Arapeí	2.478	75,2	24,8
Arujá	88.455	96,0	4,0	Areias	3.876	67,0	33,0
Caçapava	93.488	85,6	14,4	Bananal	10.896	79,8	20,2
Cachoeira Paulista	33.067	81,7	18,3	Cunha	21.639	55,6	44,4
Canas	5.071	92,8	7,2	Jambeiro	6.485	47,9	52,1
Cruzeiro	81.895	97,5	2,5	Lagoinha	4.903	64,8	35,2
Guararema	29.451	86,0	14,0	Natividade da Serra	6.681	41,7	58,3
Guaratinguetá	121.073	95,3	4,74	Paraibuna	18.180	30,1	69,9
Igaratá	9.483	79,2	20,8	Redenção da Serra	3.863	57,1	42,9
Jacarei	231.863	98,6	1,4	Santa Branca	14.717	88,2	11,8
Lavrinhas	7.207	91,8	8,2	São José do Barreiro	4.151	70,1	29,9
Lorena	88.276	97,1	2,9	São Luiz do Paraitinga	10.684	59,5	40,6
Monteiro Lobato	4.608	43,4	56,6	Silveiras	6.264	49,7	50,3
Pindamonhangaba	166.475	96,4	3,6	-	-	-	-
Piquete	13.742	93,7	6,3	-	-	-	-
Potim	24.143	75,8	24,2	-	-	-	-
Queluz	13.228	82,0	18,0	-	-	-	-
Roseira	10.621	95,0	5,0	-	-	-	-
Santa Isabel	56.792	78,5	21,5	-	-	-	-
São José dos Campos	713.943	99,0	1,0	-	-	-	-
Taubaté	311.854	97,8	2,2	-	-	-	-
Tremembé	46.642	90,1	9,9	-	-	-	-
Total	2.187.506	95,0%	5,0%	Total	114.817	59,0%	41,0%

Fonte: Tabela construída pela autora de acordo com os Eixos de Luminosidade de Santos e Silveira (2005) e dados obtidos no SNIS (2018)

A escolha da divisão do território em Eixos de Luminosidade utilizando critérios definidos por Santos e Silveira (2005) e Silva (2014) se deu considerando os contrastes existentes entre as duas regiões da Bacia. O que os autores chamam de Eixo Estruturante é uma área de 7.537,393 Km² (IBGE, 2018), que representa 52,3% da área total da Bacia, enquanto o Eixo Alto Paraíba possui 47,3% dessa área, com 6.753,103 Km² (Figura 1). Apesar da pequena diferença entre os territórios de cada eixo, as diferenças mais significativas se encontram no adensamento majoritário do Eixo Estruturante (95,0% da população total da Bacia) em relação ao outro Eixo que possui 5,0% da população total.

Estruturante, enquanto o “espaço opaco” do Alto Paraíba continuou sem luminosidade (SILVA, 2014). Para Devede (2014, p. 15), o Alto Paraíba atualmente “é a região mais vulnerável do Vale do Paraíba às mudanças climáticas devido aos aumentos nos teores médios de umidade e da temperatura do ar”.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo, de caráter exploratório, consiste em pesquisa

bibliográfica e documental, de caráter quantitativo. A pesquisa documental foi realizada nas bases de dados do IBGE/Sidra – Censo 2010; IBGE – Censo 2017 e SNIS 2018 (Quadro 1). Os dados foram tabulados e sistematizados em função das regiões da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul – Trecho paulista (BHPS-SP) considerando seu adensamento, tomando por base o referencial de Santos e Silveira (2005) e Silva (2014) (Tabela 1).

Quadro 1. Dados de saneamento e qualidade das águas

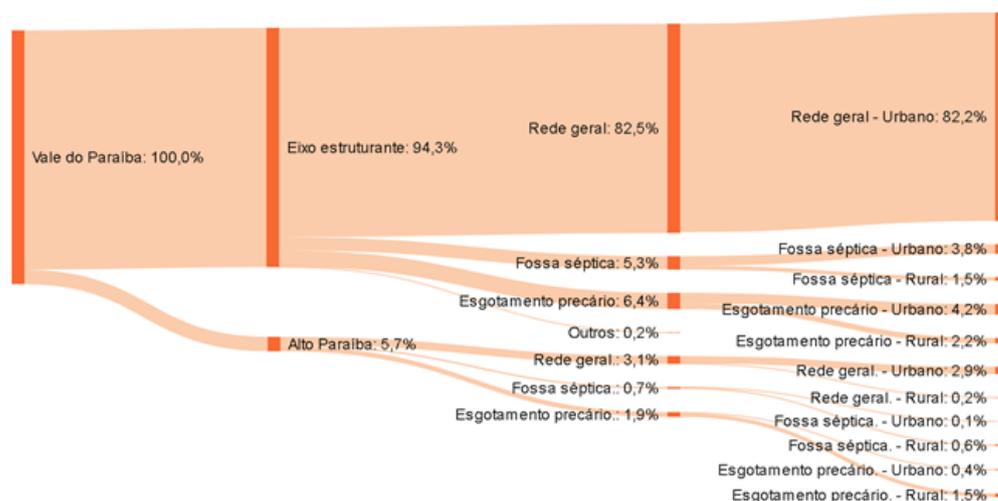
Indicador	Fonte	Descrição/Cálculo
Esgotamento sanitário por unidade domiciliar	Censo IBGE 2010	“Esgotamento precário” é a soma dos destinos para os esgotos domiciliares “fossa rudimentar”, “vala” e “rios, lagos e mar”.
Índices de esgotamento sanitário por áreas urbana e rural	IBGE/Sidra - Censo 2010	Percentual de unidades domiciliares atendidas com rede de esgoto sanitário, em áreas urbana e rural
IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referidos aos municípios atendidos com água (%)	SNIS 2018	$IN056 = \frac{ES001}{GE12b} \times 100$ ES001 – População total atendida com esgotamento sanitário. GE12b - População total residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário, segundo o IBGE.
IN015 - Índice de coleta de esgoto (%)	SNIS 2018	$IN015 = \frac{ES005}{AG010 - AG019} \times 100$ ES005 – Volume de esgoto coletado (m ³ /a). AG010 – Volume de água consumido (m ³ /a). AG019 – Volume de água tratada exportado (m ³ /a).
ES005 - Volume de esgoto coletado (x10 ³ m ³ /ano)	SNIS 2018	Volume de esgotos coletado (x10 ³ m ³ /ano)
ES006 - Volume de esgoto tratado (x10 ³ m ³ /ano)	SNIS 2018	ES006 = E005 x IN016 ES005 – Volume de esgoto coletado (10 ³ m ³ /a). IN016 – Índice de tratamento de esgotos (%).
IN016-Índice Tratamento de Esgotos (%)	SNIS 2018	$IN016 = \frac{ES006 + ES014 + ES015}{ES005 + ES013} \times 100$ ES005 – Volume de esgoto coletado (m ³ /a). ES006 – Volume de esgoto tratado (m ³ /a). ES013 – Volume de esgoto bruto importado. ES014 - Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador (m ³ /a). ES015 – Volume de esgotos bruto exportado tratado nas instalações do importador (m ³ /a).
Volume total de esgoto produzido pelos municípios atendidos com água (10 ³ m ³ /ano)	Cálculo a partir de SNIS 2018	$= \frac{ES005}{IN056} \times 100$ ES005 – Volume de esgoto coletado (m ³ /a). IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referidos aos municípios atendidos com água (%)
Volume total de esgoto não tratado lançado nos rios, lagos e mar (x10 ³ m ³ /ano)	Cálculo a partir de SNIS 2018	$(((Vol.tot.esg.produzido - ES005) + (ES005 - ES006)))$ ES005 = Volume de esgoto coletado (m ³ /a). IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referentes aos municípios atendidos com água (%). ES006 = Volume de esgotos tratado (x10 ³ m ³ /ano).
Índice de descarte em corpos hídricos efluente não tratado (%)	Cálculo a partir de SNIS 2018	$Índice = \frac{Vol. esgoto não trat. Descartado}{Vol. total esgoto produzido} \times 100$ ES005 = Volume de esgoto coletado (m ³ /a). IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referidos aos municípios atendidos com água IN015 = Índice de coleta de esgoto (%).

Tais regiões – ou eixos - foram utilizados para análise da situação atual de atendimento pelos municípios em relação às metas assumidas pelo governo brasileiro junto à Agenda 2030.

3. RESULTADOS

O Eixo Estruturante representa a área mais urbanizada da região estudada e, em 2010 apresentou um índice de 82,5% de unidades domiciliares atendidas por rede geral de coleta de esgotos (Figura 2).

Figura 2. Esgotamento sanitário por unidade domiciliar, em percentual de unidades domiciliares, nos eixos Estruturante e Alto Paraíba, por área urbana e rural



Fonte: elaborado pelos autores, com base em SIDRA, IBGE, 2010.

Ao detalhar esses índices para os municípios em cada eixo, observa-se que as proporções de atendimento aos índices de coleta e afastamento

de esgotos considerados satisfatórios (rede geral e fossa séptica) e outros tipos, considerados insatisfatórios (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Índices de esgotamento sanitário por áreas urbana e rural, no Eixo Estruturante

Municípios	Urbano		Rural	
	Uso de Rede Geral ou Fossa Séptica	Outros Tipos de Esgotamento	Uso de Rede Geral ou Fossa Séptica	Outros Tipos de Esgotamento
Aparecida	97,5%	2,5%	59,0%	39,8%
Arujá	87,0%	11,0%	69,0%	30,0%
Caçapava	87,2%	12,8%	34,8%	65,0%
Cachoeira Paulista	95,4%	4,6%	68,7%	31,4%
Canas	87,8%	12,2%	67,9%	27,2%
Cruzeiro	97,4%	2,6%	62,5%	36,8%
Guararema	90,0%	11,0%	60,0%	40,0%
Guaratinguetá	94,0%	6,0%	40,7%	58,8%
Igaratá	83,6%	16,4%	91,3%	9,2%
Jacareí	96,0%	4,0%	47,7%	51,1%
Lavrinhas	82,8%	17,2%	52,0%	47,7%
Lorena	98,7%	1,3%	49,9%	49,7%
Monteiro Lobato	82,3%	17,7%	26,9%	72,8%

Pindamonhangaba	98,2%	1,8%	36,9%	62,4%
Piquete	79,9%	20,1%	37,5%	61,8%
Potim	98,2%	1,8%	95,0%	5,0%
Queluz	75,7%	24,3%	59,0%	40,7%
Roseira	95,7%	4,3%	12,3%	87,8%
Santa Isabel	89,0%	10,0%	52,0%	48,0%
São José dos Campos	95,8%	4,2%	37,4%	62,4%
Taubaté	98,1%	1,9%	27,9%	72,0%
Tremembé	92,4%	7,6%	25,8%	72,2%
Total	95,3%	4,7%	48,8%	51,2%

Fonte: IBGE/Sidra - Censo 2010.

Tabela 3. Índices de esgotamento sanitário por áreas urbana e rural, no Alto Paraíba

Municípios	Urbano		Rural	
	Uso de Rede Geral ou Fossa Séptica	Outros Tipos de Esgotamento	Uso de Rede Geral ou Fossa Séptica	Outros Tipos de Esgotamento
Arapeí	64,2%	35,8%	50,8%	49,2%
Areias	87,1%	12,9%	21,7%	78,3%
Bananal	95,7%	4,3%	44,6%	55,4%
Cunha	91,6%	8,4%	5,1%	94,9%
Jambeiro	95,6%	4,4%	36,1%	63,9%
Lagoinha	95,6%	4,4%	17,3%	82,7%
Natividade da Serra	98,5%	1,5%	46,9%	53,1%
Paraibuna	89,3%	10,7%	53,7%	46,3%
Redenção da Serra	65,8%	34,2%	16,8%	83,2%
Santa Branca	85,3%	14,7%	14,8%	85,2%
São José do Barreiro	91,2%	8,8%	35,8%	64,2%
São Luiz do Paraitinga	85,0%	15,0%	39,2%	60,8%
Silveiras	97,5%	2,5%	46,2%	53,8%
Total	89,2%	10,8%	34,1%	65,9%

Fonte: IBGE/Sidra - Censo 2010.

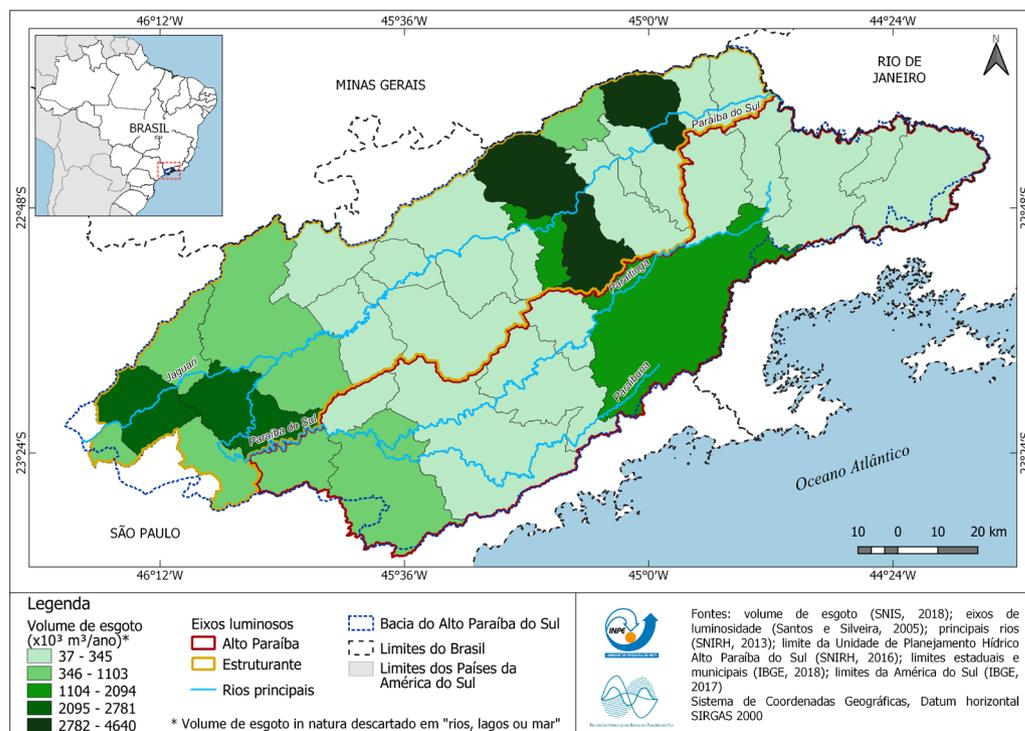
Dados oficiais recentes (SNIS, 2018) mostram que 93,4% da população do Eixo Estruturante possui acesso à rede coletora de esgotos, enquanto no Alto Paraíba esse índice cai para 42,8% (Tabela 4). Da mesma forma, o volume de esgotos tratado é maior no Eixo Estruturante (Tabela 4). O índice de descarte em corpos hídricos é maior no Alto Paraíba, em proporção, porém, em volume é maior no Eixo Estruturante (Tabela 4; Figura 3).

Tabela 4 - Volumes de efluentes produzidos nos Eixos Estruturante e Alto Paraíba

EIXOS	População	IN056 Índice de atendimento total de esgoto (%)	ES005 Volume de esgotos coletado (x10 ³ m ³ /ano)	IN015 Índice de coleta de esgoto (%)	ES006 Volume de esgotos tratado (x10 ³ m ³ /ano)	IN016 Índice de tratamento de Esgotos (%)	Volume de esgoto total produzido ref. municípios atendidos com água – Calculado	Vol. esgoto não tratado lançado nos rios, lagos e mar (x10 ³ m ³ /ano) Calculado	Índice de descarte em corpos hídricos (efluente não tratados) (%)
Estruturante	95,0%	93,4%	103.829	97,0%	87.639	84,4%	111.224	23.585	21,2%
Alto Paraíba	5,0%	48,4%	3.256	3,0%	1.649	50,7%	6.725	5.075	75,5%
Total	2.302.323	90,8%	107.084	—	89.289	83,4%	117.949	28.660	24,3%

Fonte: SNIS 2018

Figura 3. Volume de Esgoto descartado in natura nos corpos hídricos da BHPS-SP com base em SNIS (2018).



Fonte: elaborado pelos autores (2021)

Os dados recentes do índice de uma diferença significativa entre o atendimento à rede coletora de acesso a este serviço, nos municípios de esgotos (SNIS, 2018) apresentam dos dois eixos (Tabela 5).

Tabela 5 - Índices de atendimento total de esgotos nos Eixos

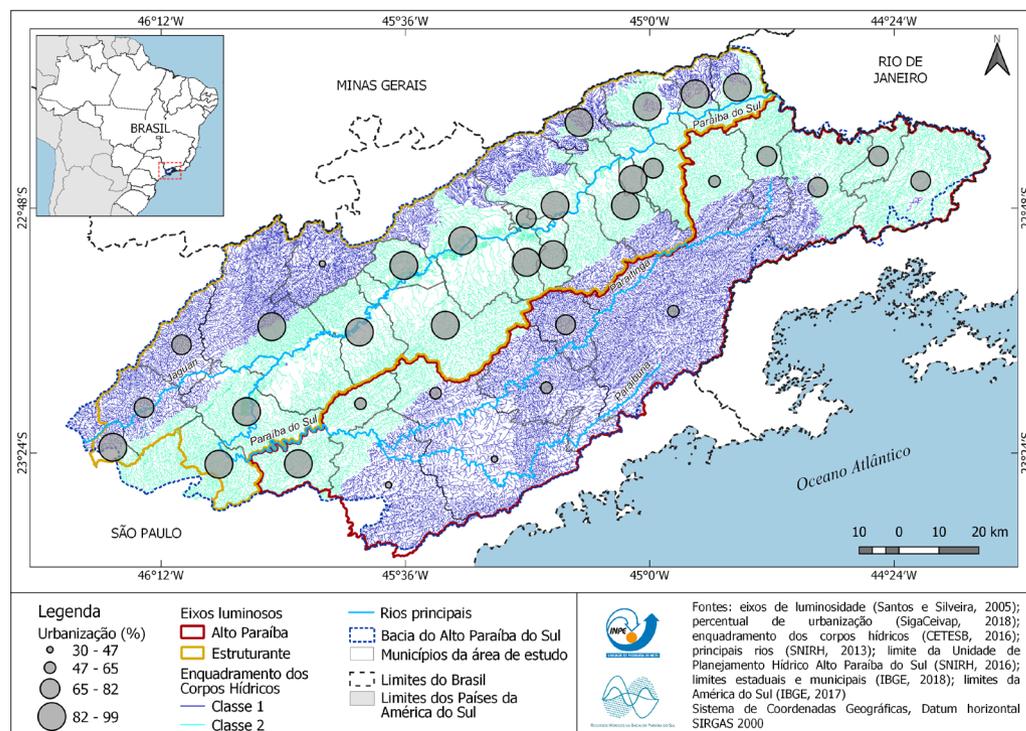
Eixo Estruturante			Eixo Alto Paraíba		
Municípios	IN056_AE - Índice de atendimento total de esgoto (%)	População atendida com água que tem acesso ao esgoto sanitário	Municípios	IN056_AE - Índice de atendimento total de esgoto (%)	População atendida com água que tem acesso ao esgotamento Sanitário
Aparecida	85,7%	30.973	Arapeí	70,2%	1.739
Arujá	72,2%	63.865	Areias	67,1%	2.599
Caçapava	94,5%	88.327	Bananal	73,5%	8.011
Cachoeira Paulista	87,7%	28.996	Cunha	29,8%	6.457
Canas	83,4%	4.227	Jambeiro	49,1%	3.182
Cruzeiro	97,5%	79.807	Lagoinha	63,4%	3.108
Guararema	48,5%	14.284	Natividade da Serra	42,7%	2.853
Guaratinguetá	93,5%	113.191	Paraibuna	43,0%	7.816
Igaratá	25,7%	2.440	Redenção da Serra	38,3%	1.479
Jacaré	98,7%	228.918	Santa Branca	56,8%	8.364
Lavrinhas	64,1%	4.617	São José do Barreiro	72,3%	3.000
Lorena	99,0%	87.420	São Luiz do Paraitinga	52,8%	5.637
Monteiro Lobato	39,8%	1.835	Silveiras	53,9%	3.373

Pindamonhangaba	99,0%	164.727	-	-	-
Piquete	75,2%	10.328	-	-	-
Potim	75,8%	18.308	-	-	-
Queluz	55,0%	7.270	-	-	-
Roseira	91,0%	9.663	-	-	-
Santa Isabel	45,6%	25.909	-	-	-
São José dos Campos	98,8%	705.019	-	-	-
Taubaté	99,7%	310.981	-	-	-
Tremembé	89,5%	41.726	-	-	-
Total	93,4%	2.042.831	Total	48,4%	57.617

Fonte: SNIS - Sistema Nacional de Infraestrutura Sanitária - 2018

Outra relação encontrada foi entre o enquadramento dos corpos hídricos e a urbanização dos municípios (Figura 4). O enquadramento, como instrumento da política paulista de recursos hídricos, define classes de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo, e na área de estudo abrange as classes 1 e 2. Dentre outras características, a classe 1 pode ser utilizada para abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, a classe 2 precisa de tratamento convencional para ser utilizada para consumo humano (SIGRH, s.d.).

Figura 4. Sobreposição da região hidrográfica do trecho paulista da bacia do Paraíba do Sul e dos Eixos luminosos



Fonte: elaborado pelos autores a partir de Santos e Silveira, 2005; SigaCeivap, 2018; CETESB, 2016; SNIRH, 2013 e 2016; IBGE, 2018 e 2017.

4. DISCUSSÕES

4.1 O ESGOTAMENTO SANITÁRIO E OS EIXOS LUMINOSOS, NA BACIA DO PARAÍBA DO SUL

Com base nos dados levantados, referentes exclusivamente ao esgotamento sanitário, é possível constatar perfis diferenciados de esgotamento sanitário entre os dois eixos estudados. O Eixo Estruturante possui municípios com maiores adensamentos urbanos na bacia (SILVA, 2014), conforme Tabela 1, repercute na lógica sanitária adotada nas cidades de médio e grande porte, marcadamente acentuada pela influência do PLANASA a partir dos anos 70 (MARICATO, 2003), que priorizavam o atendimento em centros urbanos (BARRAQUÉ, 2013).

Observa-se que são nas zonas urbanas dos dois eixos onde ocorre maior incidência de soluções mais adequadas de esgotamento sanitário (rede geral de esgoto e fossas sépticas³). Por outro lado, as áreas rurais se destacam por apresentarem maior proporção de unidades domiciliares com esgotamento precário (Figura 2, Tabela 3).

De todas as cidades do Eixo Estruturante, as que menos apresentam soluções para esgotamento sanitário adequado (rede geral de esgoto ou fossa séptica) na área urbana são Queluz (75,7%) e Piquete (79,9%), conforme Tabela 2. Por outro lado, os municípios com melhores índices nesse tipo de esgotamento sanitário na área rural, nesse mesmo eixo, são Potim (95,0%) e Igaratá (91,3%), apesar de nenhuma delas estar entre aquelas de maior adensamento populacional (Tabela 2).

Ao analisar as cidades do Eixo Alto Paraíba, verifica-se a fragilidade na incidência de soluções consideradas como adequadas. Observa-se que as cidades com menor índice de esgotamento sanitário por uso de rede geral de esgoto ou fossa séptica na área urbana são Arapeí (64,2%) e Redenção da Serra (65,8%). Por sua vez, os municípios que mais investem nesse tipo de solução em área rural nesse eixo é Paraibuna (53,7%), e um dado interessante: o segundo melhor posicionamento é também de Arapeí, com 50,8% (Tabela 3), indicando um evidente direcionamento de investimentos em direção às zonas rurais.

Em relação aos volumes de efluentes sanitários coletados (tratados ou não) pelos municípios na BHPS-SP em 2018, comparando-os com a soma dos volumes coletados nos dois eixos, verifica-se que 97,0% da população que habita o Eixo Estruturante e 3,0% do Eixo Alto Paraíba tem acesso à coleta e afastamento de esgotos. Do total coletado na bacia, 89.289 x 103 m³ receberam tratamento antes de atingir os corpos hídricos da região (rios, lagos e mar), porém naquele ano um volume de 28.660 x 103m³ de esgotos in natura chegaram até a calha do Rio Paraíba do Sul (Tabela 4). Desse volume, 21,2% têm origem no Eixo Estruturante e 75,5% no Eixo Alto Paraíba.

Como discutido por outros autores (TUCCI, 2009; MARICATO, 2003 e 2011; BARRAQUÉ, 2013; HALL e LOBINA, 2013; LEÃO, PAZ e CIBIM, 2016), no Brasil, a infraestrutura sanitária foi um movimento mais sanitário do que ambientalista, o que pode ser observado pela discrepância entre os volumes de esgotos produzidos, coletados e tratados em cada eixo (Tabela 4 e

3 Por "fossa séptica" pressupõe-se a "fossa séptica sucedida por pós-tratamento ou unidade de disposição final, adequadamente projetados e construídos". PLANSAB 2013, p. 27.

Figura 3).

A análise dos volumes de esgotos in natura, que são descartados nos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul se faz importante frente às metas da ODS 6 (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) das Nações Unidas para 2030, mais precisamente a meta 6.3. Para que o Brasil alcance essa meta é necessário o empenho dos Estados e municípios brasileiros. Essa meta está relacionada com a melhoria da qualidade da água através da redução da poluição, “eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente” (ONU BRASIL, s.d.).

Diante desse cenário e analisando os volumes in natura descartados nos corpos hídricos da BHPS-SP no ano de 2018, verifica-se que Guaratinguetá e Cruzeiro foram os municípios do Eixo Estruturante que mais contribuíram com efluentes não tratados (Figura 3). Juntos despejaram nos corpos hídricos nesse ano cerca de 8.975 x10³ m³ de esgotos (cálculos a partir de dados do SNIS, 2018). Entre os municípios deste Eixo, Cruzeiro, Potim, Aparecida e Piquete não possuíam Estação de Tratamento de esgotos – ETE - em 2018. Guaratinguetá é o município que mais despejou esgotos in natura nos corpos hídricos, mesmo possuindo ETE, representando 91,4% de todo volume de efluentes não tratados descartados por todos os municípios que compõem o Eixo Alto Paraíba. Por outro lado, um exemplo positivo é Taubaté, que apesar de ser a segunda cidade mais densamente habitada na região (Tabela 1), com 311.854

habitantes, é um dos municípios que descartou menos efluentes in natura (47,8 10³ m³/ano – Volume calculado a partir dos dados de SNIS 2018) que Caçapava, cujo número de habitantes representa menos de 1/3 de sua população.

Os índices de atendimento total de esgotos na bacia refletem a busca por alcançar a meta 6.2 da ODS 6 das Nações Unidas, que se refere ao acesso ao “saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade” (ONU BRASIL, s.d.).

A Tabela 5 demonstra que os melhores índices de atendimento de esgoto entre os municípios do Eixo Estruturante (acima de 95%), que proporcionaram maior afastamento dos efluentes sanitários dos domicílios no ano de 2018, pertencem aos municípios de Taubaté (99,7%), Lorena (99,0%), São José dos Campos e Jacareí (98,7%) e Cruzeiro (97,4%). Na mesma tabela pode-se observar os índices de afastamento de esgotos que se encontram distantes do atendimento da meta 6.2 da ODS 6 (abaixo de 50%) no Eixo Estruturante. Estes índices pertencem aos municípios de Igaratá (25,7%), Monteiro Lobato (39,8%), Santa Isabel (45,6%) e Guararema (48,5%).

Em relação aos municípios do Eixo Alto Paraíba, os melhores índices em atendimento total de esgotos, que garantiriam o afastamento necessário dos efluentes em relação à população não atingem 80%. Os maiores índices são de Bananal (73,5%), São José do Barreiro (72,3%) e Arapeí (70,2%). Os índices mais baixos no

atendimento de esgoto à população são representados pelos municípios de Cunha (29,8%), Redenção da Serra (38,3%), Natividade da Serra (42,7%), Paraibuna (42,9%) e Jambeiro (49,1%) (Tabela 5).

4.2 OS EIXOS LUMINOSOS E A QUALIDADE DAS ÁGUAS, NA BACIA DO PARAÍBA DO SUL

Um primeiro elemento importante da análise deste cruzamento é o desalinhamento entre as escalas definidas a partir do parâmetro político-administrativo e a escala das sub-bacias (Figura 3). Enquanto os dados de investimento e gestão do sistema de saneamento são apresentados a partir do recorte municipal, a sobreposição com dados ambientais relacionados ao tema revela que os territórios são complexos e não podem ser compreendidos como homogêneos.

Para ambos os Eixos definidos a partir de Santos e Silveira (2005), nota-se a necessidade de descer ao nível intraurbano para repensar a compartimentação do território com fins de planejamento e gestão do sistema de saneamento básico.

De toda forma, é possível identificar que há uma preponderância de corpos d'água da classe 1 em parte significativa da região definida pelo Eixo Alto Paraíba, além das escarpas da Mantiqueira, ao norte da bacia (Figura 4). Para estas regiões, mesmo que o adensamento e as taxas de urbanização sejam menos intensos, o enquadramento previsto deveria agir como um contrapeso, balanceando as motivações de investimento, principalmente para o componente do esgotamento sanitário, tanto na coleta como no tratamento, de forma a perseguir

a meta estabelecida. Percebe-se também que os corpos hídricos da classe 2, de menor qualidade em relação a classe 1, localizam-se sobretudo nos municípios com maiores percentuais de urbanização.

O desacoplamento, neste sentido, não pode ser entendido como um problema em si, mas como uma configuração estratégica, desde que assegurada a manutenção de padrões menos intensivos em uso da terra, e sem desconsiderar a necessidade de investimentos para a garantia da qualidade das águas, por meio da viabilização de estruturas ligadas ao saneamento básico.

Outra questão que emerge da análise comparativa entre os volumes de esgotos lançados no ambiente in natura, as taxas de urbanização nos municípios e do enquadramento dos corpos hídricos é a relação estrita entre esses três aspectos. Quanto maior a população, maior o volume de esgotos produzidos, o que se torna um problema para a qualidade das águas, dado os baixos índices de tratamento dos esgotos observados na região. Considerando a tendência de aumento da urbanização, e os índices já elevados no Eixo Estruturante, a carga de poluentes provenientes dos esgotos será cada vez maior.

Os esgotos domésticos são as principais fontes de contaminação dos corpos hídricos em várias regiões brasileiras (ANA, 2010; 2017 e LEÃO, PAZ e CIBIM, 2016). Se o investimento no tratamento de esgotos não superar o déficit existente, o comprometimento da qualidade das águas pode afetar outros usos, como o abastecimento público de água, sendo uma questão urgente (LEÃO, PAZ e CIBIM, 2016),

considerando ainda outras pressões com grande potencial de afetar o setor do saneamento, como as mudanças climáticas, o crescimento populacional e o envelhecimento e deterioração da infraestrutura sanitária.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os municípios mais fortemente afetados com a falta de esgotamento sanitário no território da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, trecho Paulista, se encontram na região de luminosidade denominada neste estudo de Eixo Alto Paraíba. Apesar desse território comportar cidades de pouco adensamento humano, os habitantes se distribuem com certa equidade tanto na zona urbana quanto na zona rural, diferente do Eixo Estruturante, em que 95,7% da população se encontra em área urbana (Figura 1). Encontrar soluções adequadas para as áreas rurais requer quebras de paradigmas e busca por tecnologias sociais que venham a atender satisfatoriamente às necessidades de afastamento dos efluentes sanitários e de tratamento não convencional a esses efluentes.

No Eixo Estruturante, os dados indicam a necessidade de maior atenção aos municípios de Igaratá, Monteiro Lobato, Santa Isabel e Guararema, para que os índices de atendimento de esgoto venham a indicar que a população tenha mais dignidade em relação às suas necessidades de saúde e higiene. Em se tratando dos municípios do Eixo Alto Paraíba, quanto aos municípios que se encontram abaixo de 50% do índice de atendimento total de esgotos, destacam-se os municípios de Cunha, Redenção da Serra, Natividade da Serra, Paraibuna e Jambeiro.

Quanto à infraestrutura para tratamento adequado aos efluentes coletados, faz-se urgente a aplicação de investimentos em Estações de Tratamento de Efluentes - ETE, nos municípios de Guaratinguetá, Cruzeiro, Potim, Aparecida e Piquete no Eixo Estruturante, e Paraibuna, São José dos Barreiro e Areias no Eixo Alto Paraíba.

Finalmente, convém destacar a necessidade de alinhamento entre os esforços para o atingimento das metas 6.2 e 6.3 do ODS 6. A manutenção dos baixos níveis de tratamento de esgotos e o consequente descarte de volumes de efluentes in natura nos corpos hídricos da bacia está intrinsecamente relacionada à própria manutenção dos volumes de água para abastecimento público e outros segmentos. O comprometimento da qualidade das águas dos mananciais da bacia, além dos impactos imediatos e diretos sobre a saúde das populações e os custos de tratamento de água, adquire uma nova perspectiva em um contexto de mudanças climáticas e recorrências de crises hídricas, como a percebida em todo o sudeste do país no período de 2014 a 2015 (FRACALANZA; FREIRE, 2015; JACOBI; CIBIM; SOUZA, 2015) e a que ora se avizinha em 2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VI JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, realizada pelo DCAm / UFSCar em 2020. Agradecemos à bolsa de pós doutorado e ao financiamento da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, por meio do projeto "Recursos Hídricos na bacia do Paraíba do Sul: Integrando

aspectos naturais e antrópicos” (PROJETO N.º 2180/2017). Ainda, agradecemos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, em específico por meio dos programas PIBIC - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e PCI - Programa de Capacitação Institucional.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. *Atlas Brasil Abastecimento Urbano de Água. Região Metropolitana de São Paulo*. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/RegiaoMetropolitana.aspx?rme=24>. Acesso em: 28 ago 2020.

_____. Atlas Esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 28 ago 2020.

BARRAQUÉ, B. O desenvolvimento dos serviços na Europa: da diversidade para a convergência? In: Heller, L; Castro, J.E. (org). *Política pública e gestão de serviços de saneamento*. Ed. Ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013. p. 313-336.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Programa Nacional de Saneamento Rural / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde*. - Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL. *Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de

1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. 2007.

BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Objetivo 6 - Água Potável e Saneamento*. s.d. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=6>. Acesso em: 10 jun 21.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Shapefile com o enquadramento dos recursos hídricos por UGHRI*. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos-arquivos-digitais/>. Acesso em: 24 ago 2020.

DEVIDE, A. C. P. *História Ambiental do Vale do Paraíba*. 2013. 23f. Revisão de Literatura (Doutorado em Agroecologia - Departamento de Fitotecnia - Instituto de Agronomia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://orgprints.org/24815/>. Acesso em 12 jul 2020.

DEVIDE, A. C. P. et al. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. *Revista Biociências*, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014.

FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: injustiça ambiental, privatização e mercantilização de um bem comum. *Geosp - Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 464-478. 2016.

HALL, D.; LOBINA, E. Políticas públicas e financiamento de sistemas de esgotos. In: Heller, L; Castro, J.E. (org). *Política pública e gestão de*

- serviços de saneamento*. Ed. Ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013. p. 156-178.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades. Área da Unidade Territorial, 2018*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 jan 2020.
- _____. *Pesquisa Nacional por amostra de domicílios*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/habitacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=resultados>. Acesso em: 10 fev 2020.
- _____. *Shapefile dos limites municipais de São Paulo e Unidades de Federação do Brasil*. 2018. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 24 ag. 2020.
- _____. *Shapefile dos limites dos países da América do Sul*. 2017. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 24 ag. 2020.
- JACOBI, P. R.; CIBIM, J. C.; SOUZA, A. N. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo – 2013-2015. *Geosp – Espaço e Tempo* (Online), v. 19, n. 3, p. 422-444. 2016.
- LEÃO, R.S.; PAZ, M.G.A.; CIBIM, J.C. A outra face da crise: a importância do setor do saneamento no contexto da escassez hídrica. *Revista Acesso Livre*, n.5, jan-jun/2016, p. 88-105.
- LOBATO, M. *Cidades Mortas*. São Paulo: Monteiro Lobato e Cia, 1923, 4º ed.
- MARICATO, E. Metrôpoles desgovernadas. *Estud. Av.*, São Paulo, v. 25, n. 71, abr. 2011.
- _____. Metrôpoles, legislação e desigualdade. *Estud. Av.*, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 151-166, maio-ago. 2003.
- ONU Brasil. *ODS 6 Água Potável e Saneamento*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em 25 ago 2020.
- RONQUIM, C. C. et al. Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology XVIII*, 1-14, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149463/1/Paper-Carbono-Ronquim-SPIE-16.pdf>. Acesso em: 28 maio 2021.
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. *Brasil território e sociedade no início do século XXI*. 9.ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Editora Record, 2006.
- SIGA-CEIVAP - Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Percentual de urbanização dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*. 2018. Disponível em: <http://sigaceivap.org.br/>. Acesso em: 24 ag. 2020.
- SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. *Enquadramento dos Corpos D'água*. S.d. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/enquadramentodoscorposdagua>. Acesso em: 11 mai 2021

_____. *Shapefile da Hidrografia do Brasil*. 2013. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>>. Acesso em: 24 ago 2020.

_____. *Shapefile das Unidades de Planejamento Hídrico do Brasil*. 2016. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/df48de18-753b-4789-964d-7f0967c53d08>>. Acesso em: 24 ago 2020.

SILVA, K. A. A. *Circulando entre Mares e Morros*. 2014. 188f. Dissertação (Mestrado em Demografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2018*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicosde-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em 15 ago 2020.

TUCCI, C.E.N. Gestão integrada das águas urbanas: águas pluviais. In: Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Programa de Modernização do Setor do Saneamento (PMSS). *Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico*. Coord. Cordeiro, B. De S. Brasília: SNSA, 2009. P. 323-333.

Percepção Ambiental dos Moradores da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Paraíso em São Carlos/SP e Categorização de suas Demandas Socioambientais

Environmental Perception of Residents of the Córrego do Paraíso Watershed in São Carlos / SP and Categorization of their Social and Environmental Demands

Percepción ambiental de los habitantes de la cuenca del Córrego do Paraíso en São Carlos / SP y categorización de sus demandas sociales y ambientales

Leonardo Rissi

Graduando em Gestão e Análise Ambiental
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
leonardorissi17@gmail.com

Letícia Candido de Assis

Graduanda em Gestão e Análise Ambiental
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
assis.letici@gmail.com

Frederico Yuri Hanai

Professor Doutor do Curso de Gestão e Análise Ambiental
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
fredyuri@ufscar.br

RESUMO

A grande exploração dos recursos naturais está intimamente relacionada à urbanização e à degradação ambiental, resultando também num distanciamento das pessoas com os ambientes naturais, que pode ser compreendido por meio da percepção ambiental. Assim, o objetivo do trabalho foi analisar a percepção ambiental dos moradores da microbacia do córrego do Paraíso, localizada no município de São Carlos-SP, a fim de identificar as suas relações com os córregos e espaços naturais urbanos, para propor diretrizes socioambientais baseadas nos problemas ambientais existentes. Para isso, foram realizadas entrevistas por meio de amostragem aleatória, empregando-se a padronização e a análise de dados baseada no Discurso do Sujeito Coletivo. Foram entrevistadas 30 pessoas, dentre as quais apenas três souberam explicar o significado de bacia hidrográfica e nenhuma soube dizer em qual bacia se encontrava. Apenas uma pessoa disse não gostar da natureza, 28 atribuíram apenas funções utilitaristas para um córrego e 22 pessoas apontaram a existência de resíduos sólidos nas áreas naturais urbanas adjacentes ao corpo hídrico. Com relação ao que as pessoas desejam, foram apontadas atividades nos ambientes do entorno do córrego, tais como caminhar, praticar esportes, contemplar, colher frutas e plantar hortas. Diante disso, foram propostas diretrizes de lazer (revitalização da pista da saúde), gestão ambiental (plantio de árvores, mutirão de limpeza e estruturação de uma horta/jardim) e educação ambiental (coleta seletiva, eventos, divulgação). De forma geral, pode-se concluir que é necessário haver iniciativas e ações de comunicação e sensibilização ambiental, além da viabilização de locais e atividades que promovam a valorização do córrego urbano e de ambiente adjacente.

Palavras-chave: educação ambiental; valorização ambiental; Discurso do Sujeito Coletivo; degradação ambiental; ações socioambientais.

ABSTRACT

The great exploitation of natural resources is closely related to urbanization and environmental degradation, also resulting in a distancing of people from natural environments, which can be understood through environmental perception. Thus, the objective of the study was to analyze the environmental perception of the inhabitants of the Paraíso stream microbasin, located in the city of São Carlos-SP, in order to identify their relationships with urban streams and natural spaces, in order to propose social and environmental guidelines based on existing environmental problems. For this, interviews were conducted through random sampling, using standardization and data analysis based on the Collective Subject Discourse. Thirty people were interviewed, among which only three were able to explain the meaning of a hydrographic basin and none of them could say in which basin it was located. Only one person said he did not like nature, 28 attributed only utilitarian functions to a stream and 22 people pointed out the existence of solid waste in natural urban areas adjacent to the water body. Regarding what people want, activities in the environments surrounding the stream were identified, such as walking, playing sports, contemplating, picking fruit and planting gardens. Therefore, guidelines were proposed for leisure (revitalization of the health trail), environmental management (tree planting, cleaning effort and structuring of a vegetable garden/garden) and environmental education (selective collection, events, dissemination). In general, it can be concluded that it is necessary to have initiatives and actions of communication and environmental awareness, in addition to the viability of places and activities that promote the valorization of the urban stream

and the adjacent environment.

Keywords: environmental education; environmental enhancement; Collective Subject Discourse; Ambiental degradation; socio-environmental actions.

RESUMEN

La gran explotación de los recursos naturales está íntimamente relacionada con la urbanización y la degradación ambiental, resultando también en un alejamiento de las personas de los entornos naturales, que se puede entender a través de la percepción ambiental. . Así, el objetivo del estudio fue analizar la percepción ambiental de los habitantes de la microcuenca del arroyo Paraíso, ubicada en el municipio de São Carlos-SP, con el fin de identificar sus relaciones con los arroyos urbanos y los espacios naturales, con el fin de proponer propuestas sociales. y directrices ambientales basadas en problemas ambientales existentes. Para ello, las entrevistas se realizaron mediante muestreo aleatorio, utilizando estandarización y análisis de datos basados en el Discurso Colectivo del Sujeto. Se entrevistó a treinta personas, de las cuales solo tres pudieron explicar el significado de una cuenca hidrográfica y ninguna supo decir en qué cuenca se ubicaba. Solo una persona dijo que no le gustaba la naturaleza, 28 atribuyeron solo funciones utilitarias a un arroyo y 22 personas señalaron la existencia de residuos sólidos en áreas urbanas naturales adyacentes al cuerpo de agua. En cuanto a lo que quiere la gente, se identificaron actividades en los ambientes aledaños al arroyo, como caminar, hacer deporte, contemplar, recoger frutos y plantar huertas. Por tanto, se propusieron pautas para el ocio (revitalización del sendero de la salud), la gestión ambiental (plantación de árboles, esfuerzo de limpieza y estructuración de un huerto / huerto) y educación ambiental (recogida selectiva, eventos, difusión). En general, se puede concluir que es necesario contar con iniciativas y acciones de comunicación y conciencia ambiental, además de la viabilidad de lugares y actividades que promuevan la valorización del arroyo urbano y el entorno adyacente.

Keywords: educación ambiental; mejora del medio ambiente; Discurso del sujeto colectivo; Degradación ambiental; acciones sociales y ambientales.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da população atual vive em ambientes urbanos (JACOBI, 2003) e as necessidades humanas são satisfeitas por meio da exploração dos recursos naturais (DORNELES, 2009), o que resulta não só na degradação do ambiente, como também no distanciamento das pessoas e dos elementos naturais, como matas e rios.

Segundo Melazo (2005), estudos de percepção ambiental são uma excelente ferramenta para compreender a relação do homem com o ambiente que o cerca, sendo a forma como os indivíduos percebem o mundo através dos sentidos (PALMA, 2005), e assim, possibilita evidenciar a forma como as interferências antrópicas ocorrem.

Além disso, a percepção ambiental permite sensibilizar os indivíduos

em relação às questões ambientais (MELAZO, 2005). Para isso, faz-se uso da educação ambiental, que busca construir valores sociais, disseminando conhecimento para as pessoas em relação à conservação do meio ambiente (BRASIL, 1999), fazendo com que elas se sintam parte do mesmo.

A partir disto, é possível estabelecer diretrizes que conciliam o interesse da população com a qualidade ambiental. Tais diretrizes socioambientais buscam solucionar os problemas gerados pela interação do homem com o meio ambiente.

Diante de tal cenário, faz-se importante promover a aproximação das pessoas com a natureza, para que haja a sensibilização e conscientização sobre a importância da preservação. A melhor forma de se conseguir isso é por intermédio

do contato direto das pessoas com esses ambientes naturais, como demonstrado por Neiman (2007).

Segundo Neiman & Rabinovici (2008), o contato direto das pessoas com a natureza se mostra essencial na educação ambiental, pois viabilizam a compreensão das pessoas da real necessidade de se conservar um ambiente natural, já que criarão uma relação positiva com tais lugares (o chamado "envolvimento afetivo").

A relação das pessoas com a água, principalmente nas sociedades modernas, evidencia um tipo de relação de apropriação da natureza, mas que deveria ser o de extrapolar o entendimento restrito de sentido utilitarista da água, pois os valores simbólicos, religiosos, culturais, místicos sempre fizeram parte da cultura de muitos povos (DICTORO E HANAI, 2017).

Desta forma, é muito importante restabelecer a relação de respeito entre o homem e os rios nos lugares em que isto se perdeu, reforçando aspectos como o lazer, bem estar e até mesmo religiosidade relacionados à água. Além das questões espirituais, deve-se também estabelecer relações disciplinares, com auxílio da educação ambiental, para que as pessoas compreendam a importância deste bem natural e passem a respeitá-lo (BACCI; PATACA, 2008).

Com os processos de urbanização, nota-se que os aspectos naturais são deixados de lado (ANDRADE; ROMEIRO, 2011), o que fica bem claro ao observar as condições em que se encontram o rio e a mata ciliar na microbacia do córrego do Paraíso. Diante disso, se faz necessário que haja atividades elaboradas a partir da análise da percepção ambiental, que

possam conscientizar a população local, possibilitando maior contato com essas áreas.

A educação ambiental em conjunto com a percepção, podem ajudar a solucionar problemas ambientais, como o acúmulo de resíduos em APP, evidenciando o que os habitantes sentem em relação ao corpo hídrico e sinalizar os motivos desse descarte inadequado.

Além disso, é importante que a microbacia ganhe uma identidade, não só acadêmica, já que ainda não há trabalhos publicados na microbacia, gerando assim, pertencimento ao local e, conseqüentemente, a conservação do mesmo..

Para que essas atividades sejam firmadas, é importante que sejam estabelecidas diretrizes que possam garantir, além de melhores qualidades ambientais, melhoria no bem-estar da população e maior interação entre as pessoas e o meio ambiente. Lima e Amorim (2006) apontam que as áreas verdes são muito importantes nas cidades, pois auxiliam na regulação térmica e até mesmo no microclima, além de possuírem um papel importante nas atividades de lazer da população. Além disso, os pequenos impactos locais acabam se juntando com os das demais cidades e ocasionando problemas em maiores escalas, o que têm se tornado cada vez mais frequente (LIMA; AMORIM, 2006).

Em suma, é preciso que, primeiramente, sejam analisadas as reais necessidades da população, para que, depois, se possa elaborar projetos que estejam de acordo com isso. Dessa forma, os interesses sociais e ambientais podem ser atendidos. Também é interessante que as ações

sejam feitas sem a necessidade de grandes investimentos de recursos financeiros, já que projetos dispendiosos tendem a ser deixados de lado. Assim, a manutenção e revitalização de estruturas urbanas já existentes podem ajudar bastante.

Neste sentido, a pesquisa analisou a percepção ambiental dos moradores da microbacia do córrego do Paraíso em relação ao corpo hídrico e à Área de Preservação Permanente desta microbacia hidrográfica. Mais especificamente, o trabalho buscou compreender o conhecimento dos moradores sobre a microbacia em que vivem, a fim de elaborar e propor diretrizes e ações socioambientais de acordo com seus interesses para

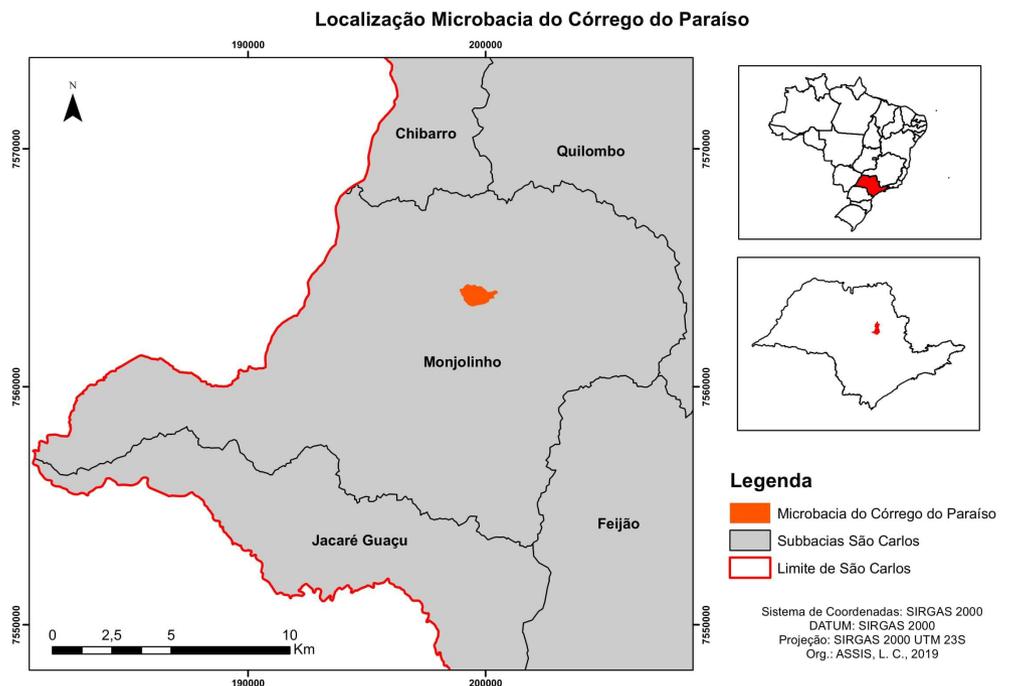
melhoria ambiental da área do entorno do córrego.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do Córrego do Paraíso está totalmente inserida na porção noroeste da área urbana do município de São Carlos-SP (Figura 1), possuindo área de aproximadamente 92,16 hectares, o que compreende cerca de 1% da área urbana do município. Além disso, a porção em que a área urbana, região sudeste do município, está inserida na Sub bacia do Rio Monjolinho.

Figura 1: Localização da Bacia Córrego do Paraíso



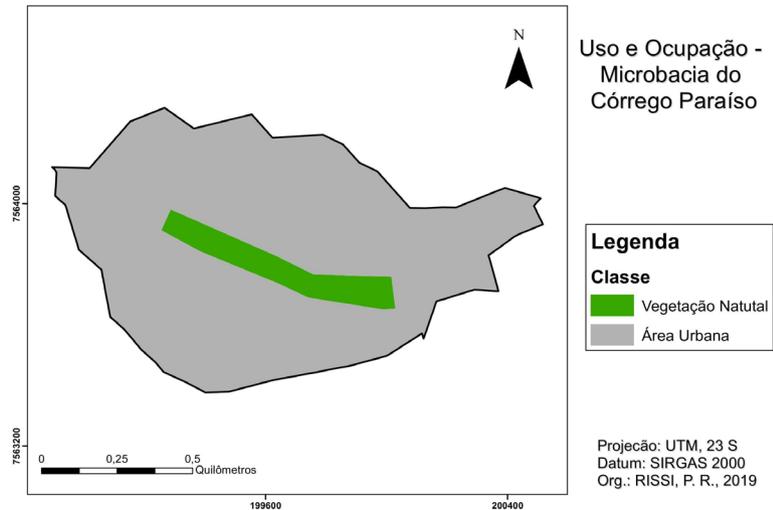
A bacia está inserida no bairro Parque Santa Felícia Jardim, segundo Revisão e Complementação do Plano Diretor de Saneamento de São Carlos (2012) é uma área

predominantemente residencial de classe média-baixa, O uso e ocupação da microbacia (Figura 2), no ano de 2019, apresenta por 92,5% de área urbana sendo que 7,5% corresponde

a vegetação natural, composta por árvores de altura média de dois metros, e gramíneas, área de proteção permanente (APP) do córrego do paraíso. Além disso, no centro dessa área está localizado o

córrego Paraíso, onde nota-se intensa erosão e acúmulo de resíduos sólidos. Também há uma Pista da Saúde do Bosque Reginaldo Zavaglia, inserida na vegetação em torno do córrego.

Figura 2: Uso e ocupação microbacia do Córrego do Paraíso



A vegetação do município foi empobrecida com o tempo devido à seleção de espécies para gerar recursos madeireiros (SOARES et al., 2003), e até mesmo pela ocupação humana.

sempre existiu, mas processos como urbanização intensificaram a produção e a disposição de resíduos que não conseguem ser absorvidos pelo meio ambiente e que muitas vezes são descartados indevidamente (MENDONÇA et al., 2016) (Figura 3).

A interação do homem com a natureza

Figura 3: Resíduos sólidos descartados na APP do córrego do Paraíso.



Fonte: Autores.

Além disso, há carência de informações sobre a microbacia hidrográfica. O que pode ser explicado por se tratar de uma pequena parte da área urbana do município de São Carlos.

2.2. ANÁLISE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Primeiramente foi realizada a pesquisa bibliográfica, utilizando-se das seguintes palavras-chave: percepção ambiental; sensibilização ambiental; educação ambiental; e urbanização. Assim, foi possível definir a metodologia utilizada para elaboração de questionário avaliativo sobre a percepção ambiental na área de estudo.

Para identificar a percepção ambiental dos moradores, foi elaborado um roteiro de entrevista para obtenção de dados e realização da análise pelo método do Discurso do Sujeito Coletivo – DSC. Assim, a análise coletiva das respostas foram agrupadas de acordo com sua semelhança e posteriormente sintetizadas em um único substantivo que aqui são chamadas de expressões-chave, possibilitando entendimento qualitativo (LEFEVRE; LEFEVRE, 2006).

Adaptando a metodologia de Audino (2017), as perguntas foram elaboradas considerando a percepção em relação aos pilares da sustentabilidade, sendo estes ambiental, econômico e social. Para isso as questões foram elaboradas abordando os seguintes aspectos: de conhecimento, que diz respeito ao lugar que se vive e da consciência ambiental e política; de importância, a respeito da importância do meio ambiente para a sociedade; de comportamento, que diz respeito

a ações pessoais do dia-a-dia do indivíduo em relação ao ambiente; e de desigualdade social, sobre o quanto está disposto a fornecer subsídios econômicos para a conservação ambiental.

Essas entrevistas foram realizadas aleatoriamente com os moradores dos bairros da microbacia do Paraíso, não havendo número amostral definido, pois adotou-se a metodologia do Ponto de Saturação, que segundo Minayo (2017) consiste na quantidade de entrevistas em que as respostas passam a ser as mesmas entre os entrevistados, alcançando o número necessário de entrevistas pelas informações adquiridas em resposta ao objetivo do trabalho (MINAYO, 2017).

As respostas de cada entrevista foram compiladas e posteriormente analisadas seguindo a metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo. Neste trabalho, não foram aplicados métodos quantitativos pois podem representar pouco da percepção dos entrevistados, anulando ou diminuindo a complexidade social vista em campo.

A partir das respostas obtidas nas entrevistas, foi possível identificar a percepção dos moradores, evidenciando a relação deles com os elementos naturais da microbacia hidrográfica, com o córrego e com os problemas identificados pelas pessoas participantes da pesquisa.

Com isso, foram elaboradas diretrizes socioambientais, tentando propor soluções para os problemas ambientais existentes na área, além de incentivar possibilidades de maior contato dos moradores com o córrego e com a vegetação natural, proporcionando assim, maior

consciência em relação à importância da preservação ambiental.

Os resultados auxiliaram nas propostas de diretrizes e de algumas ações, atendendo a real necessidade dos moradores da região estudada e compreendendo a relação das pessoas com o ambiente que as cerca.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ENTREVISTAS

Ao todo, foram entrevistadas 30 pessoas, cujos relatos e respostas foram gravados e, posteriormente, transcritos. Após isso, foram atribuídas palavras chaves para cada resposta, visando facilitar a análise dos dados.

A idade das pessoas varia entre 16 e 82 anos, tendo uma média de cerca de 40 anos. Dentre essas pessoas: apenas 3 souberam descrever o conceito de bacia hidrográfica; 7 sabiam que havia relação com rios, mas não souberam explicar; e as demais não possuíam conhecimento sobre o assunto. Nenhuma das pessoas sabia em qual bacia se encontrava, nem onde ficava o córrego do Paraíso (algumas até explicaram onde estava o córrego, mas não souberam dizer seu nome).

Com relação à Pista da Saúde (que existe circundando o córrego Paraíso e suas nascentes), 9 pessoas a conheciam, 4 citaram equivocadamente outra Pista da Saúde da cidade e as demais nunca ouviram e nem sabiam de sua existência. Dessas pessoas, apenas 4 utilizaram a pista, relatando

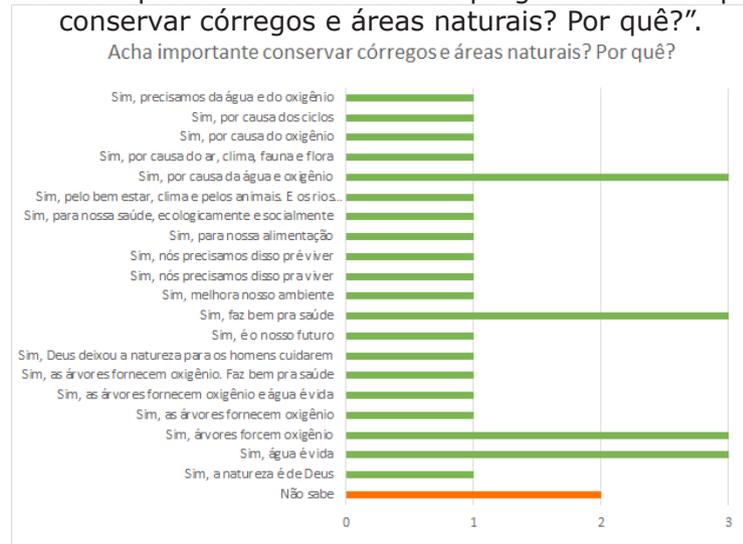
que o local não é seguro, pois falta iluminação e encontra-se sem manutenção e sem limpeza.

No que diz respeito à função do córrego, 11 pessoas responderam que é fornecer água, 6 não souberam responder, 5 disseram que é apenas para levar esgoto, 4 indicaram que é para levar a água para o mar e 2 responderam que serve para irrigar plantações. Dessas pessoas, 17 já visitaram um córrego ou rio e 13 entrevistados disseram que nunca visitaram.

Quase todas as pessoas disseram que gostam da natureza, apenas uma pessoa se manifestou contrariamente, justificando que não há o que fazer nesses lugares naturais. Entretanto, 17 pessoas responderam que, na região da microbacia do Córrego do Paraíso, não há lugares que proporcionem contato com a natureza. Os demais entrevistados citaram alguns lugares existentes na cidade para contato com a natureza, tais como o Kartódromo, o campus da Universidade Federal de São Carlos, ou alguns bosques e praças, entretanto apontaram que muitas vezes nesses locais não existe manutenção e segurança.

Quando perguntados sobre a importância de se conservar córregos ou áreas naturais (Gráfico 1), apenas 2 dos entrevistados disseram não saber. Os demais citaram que é importante por causa do fornecimento de água, regulação do clima ou purificação do ar. Apenas 2 pessoas citaram a importância desses ambientes para os demais animais e 2 citaram que a natureza é de Deus, por isso deve ser respeitada.

Gráfico 1 - Respostas dos moradores à pergunta "Acha importante conservar córregos e áreas naturais? Por quê?".

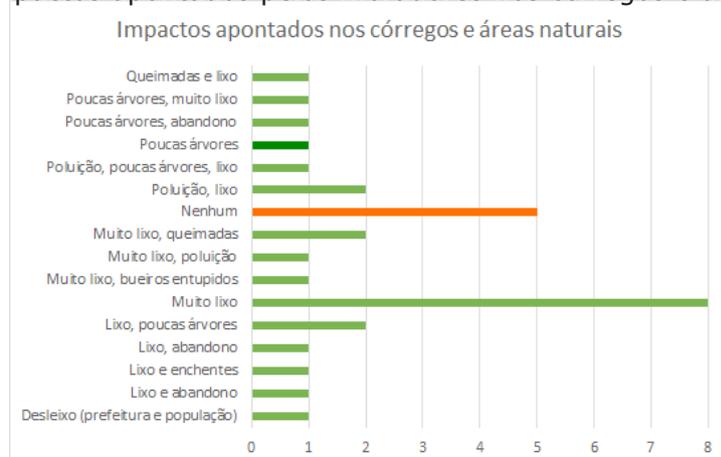


Assim, nota-se que as pessoas costumam enxergar apenas os aspectos utilitaristas da natureza, além de geralmente darem respostas mais vagas, como "água é vida", sem realmente desenvolverem a ideia. Observou-se um certo distanciamento das pessoas em relação a esse tema, já que as respostas foram bem gerais e provavelmente baseadas em frases prontas, reproduzindo as que já ouviram.

Sobre os impactos que essas pessoas observam (Gráfico 2) nos ambientes naturais, quase todas citaram a presença de resíduos sólidos, 2

citaram queimadas, 1 disse que a cidade tem muita deficiência de infraestrutura, merecendo maior atenção do que a natureza, 3 citaram que tem poucas árvores. Quando perguntados sobre as ações que realizam diante de tal situação, a maior parte dos entrevistados disse que não dispõem adequadamente os resíduos sólidos, alguns disseram que reciclam ou que economizam água. Além disso, 2 pessoas citaram que plantam árvores, 3 que cuidam das árvores da rua e 5 pessoas disseram que não contribuem para a manutenção dos ambientes naturais urbanos.

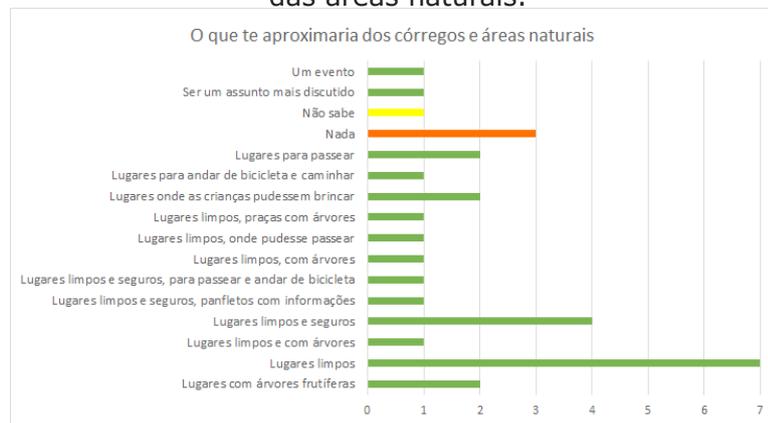
Gráfico 2 - Impactos apontados pelos moradores nos córregos e áreas naturais.



Aqui percebe-se um pouco mais de aproximação dos moradores com o tema da pergunta, já que esses forneceram respostas mais seguras, citando problemas ambientais que realmente são notados em seu cotidiano. Neste momento da entrevista, muitas pessoas desenvolveram o assunto, enfatizando as ações positivas que realizam e criticando as ações negativas que observam, e mesmo as pessoas que afirmaram não contribuir favoravelmente ao cenário que observam, se mostraram indignadas com a situação.

Quase todos os entrevistados responderam que a aproximação com os córregos e as áreas naturais (Gráfico 3) poderia ocorrer em um local limpo e seguro, onde pudessem passear, levar crianças ou animais e colher frutas ou plantar hortas. Uma pessoa disse que gostaria de receber um material informativo e comunicativo divulgando esses lugares e outra disse que seria interessante a existência de eventos. Contudo, 4 pessoas disseram que nada as aproximaria desses locais.

Gráfico 3 - Demandas que poderiam aproximar os moradores do córrego e das áreas naturais.



Ficou claro que as pessoas desejam se aproximar de áreas naturais, vendo nelas diversas oportunidades de lazer e conforto. Poucas pessoas se mostraram negativas a essa ideia, e essas são exatamente os mesmos respondentes que indicaram o rio com a função de apenas levar esgoto. Provavelmente tais pessoas ainda não têm referências positivas de ambientes naturais, então talvez com alguma construção de ideias, este pensamento pode ser mudado.

A maioria das pessoas disse que

seria necessário haver limpeza, manutenção e cuidados nos locais já existentes, tais como a Pista da Saúde. Outras disseram que precisaria criar locais novos, como praças e parquinhos. Alguns também citaram a importância de se plantar árvores, principalmente frutíferas. Dentre as atividades que gostariam de realizar nesses locais foram citados: passeios, observação, pesca, caminhadas, exercícios físicos, coleta de frutas, plantio de flores, plantio de hortas e atividades gerais de lazer (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Atividades que os moradores gostariam de realizar em áreas naturais.



Esta pergunta reforçou o desejo da aproximação das pessoas com os ambientes naturais na região, principalmente pensando no lazer e na contemplação, conforme resultados apresentados pelos gráficos 3 e 4.

6.2 CATEGORIZAÇÃO DAS DIRETRIZES E ATIVIDADES PROPOSTAS

A partir dos resultados encontrados foram definidas atividades caracterizadas pelas diretrizes nas seguintes categorias: Lazer; Gestão Ambiental; e Educação Ambiental.

Tabela 1: Categoris de Diretrizes e Atividades Propostas

Diretrizes		
Lazer	Gestão Ambiental	Educação Ambiental
Revitalização Pista da Saúde	Plantio de Árvores	Conscientização sobre Coleta Seletiva
-	Mutirão de Limpeza	Eventos
-	Estruturação de Hortas	Divulgação

A Diretriz de Lazer foi baseada nas respostas sobre as atividades que os moradores gostariam de realizar em áreas naturais localizadas próximas aos córregos, tais como passeios, esportes, observação de animais, caminhadas, relaxar, etc. Além disso, as atividades podem proporcionar um

momento de reflexão e entendimento do ambiente e do córrego em estudo, possibilitando a conservação ambiental. As ações propostas na Diretriz de Lazer, necessitam primeiramente de investimentos na revitalização da Pista da Saúde, com isso, as necessidades de passeio,

caminhada, corrida e exercícios serão atendidas, assim como na elaboração de vias cicláveis, uma vez que foi demandado esses tipos de espaços, considerando que o bairro é predominantemente residencial.

Diretriz de Gestão Ambiental: por meio das respostas observadas, notou-se que algumas demandas necessitavam do uso apropriado do meio ambiente, que é um bem de uso comum e deve permanecer em equilíbrio ecológico. Foram selecionadas as demandas relacionadas à integração e contato antrópico direto dos moradores com os espaços naturais, tais como plantio de árvores frutíferas e elaboração da horta comunitária. Para isso, deverá ser verificado e estudado os possíveis espaços para o plantio de mudas frutíferas e locais para realizar a horta. Além disso, deverão ser escolhidas as espécies das mudas, dando preferência para árvores frutíferas nativas, e as espécies direcionadas à prática da horta, tais como condimentos, hortaliças e legumes. Com relação ao mutirão de limpeza como foram encontrados apenas resíduos sólidos considerados não perigosos, é possível a colaboração e participação dos moradores, uma vez que nas entrevistas foi identificado que esta atividade já ocorreu anteriormente..

Diretriz de Educação Ambiental: considerando que a bacia hidrográfica está inserida em meio urbano, torna-se desafiadora a realização de atividades de educação ambiental, pois são meios complexos de alta especificidade. A educação ambiental na resolução de problemas ambientais urbanos, envolve a mudança do modo de pensar dos cidadãos, devendo proporcionar a aproximação dos moradores locais

com o meio ambiente, assim como refletir sobre a visão utilitarista que possuem dos recursos naturais, dentre eles da água e dos corpos hídricos urbanos. A sensibilização sobre a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos pode consistir por meio da orientação aos moradores, considerando que nos bairros da microbacia hidrográfica já existem catadores de reciclagem. Além disso, eventos podem ser realizados a fim de promover atividades de educação ambiental, assim como atividades de divulgação e comunicação ambiental em redes sociais, meios midiáticos e em instituições de ensino existentes na região..

4. CONCLUSÕES

De forma geral, foi observado que os moradores da microbacia do Córrego do Paraíso compreendem parcialmente a importância de se conservar os ambientes naturais, apesar de não saberem exatamente o seu principal motivo. Durante as entrevistas, pode-se perceber que algumas pessoas possuem uma relação com os ambientes naturais, procurando sempre colaborar com a sua manutenção (inclusive no plantio e cuidado de árvores nesses locais).

Também foi possível perceber que algumas pessoas possuem uma visão mais utilitarista do córrego, apontando que sua função era receber esgoto ou fornecer água, apresentando pouco interesse em se aproximar desse ambiente, provavelmente por não imaginarem que os espaços adjacentes ao córrego podem ser agradáveis ou até mesmo que possam ter outras utilidades, como a de lazer.

Além disso, fica evidente o desejo das pessoas por áreas naturais onde

possam ser exercidas atividades de lazer. Muitos moradores pedem inclusive que apenas seja revitalizada uma área existente (a Pista da Saúde), sem que haja necessidade de ampliar ou conceber novos espaços naturais urbanos. Também foi possível notar que muitas pessoas, principalmente mulheres, têm preocupações em relação à segurança nesses ambientes.

Ainda foi observado que há desejo dos entrevistados em obter mais informações sobre o local em que vivem. Algumas pessoas pediram para que fosse explicado o significado de uma bacia hidrográfica, assim como a disponibilização de materiais e eventos de divulgação e comunicação ambiental, com dicas de conservação dos espaços naturais.

Por fim, ficou claro que a Microbacia do Córrego do Paraíso requer reconhecimento pelos seus moradores, a fim de reforçar uma identidade local, com a elaboração e o compartilhamento de ações que possam atender às necessidades socioambientais, resultando na criação de maior sensação de pertencimento da microbacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VI JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, realizada pelo DCAM / UFSCar em 2020.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma "economia dos ecossistemas". *Economia*, v. 12, n. 1, 2011.

AUDINO, V. *Elaboração de um instrumento sobre a percepção ambiental da população urbana para a sustentabilidade de cidades*. 2017. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a Água. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BRASIL. Lei n. 9795 - 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 1999.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. Simbolismos da água: valores, saberes e tradições dos moradores de pirapora-mg nas margens do rio São Francisco. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 487 - 503, 2017.

DORNELES, A. C. B.; FLORES, A. A ocupação e o Homem: uma análise biocêntrica e antropocêntrica do meio ambiente. *Revista eletrônica de ciências sociais aplicadas*, Garibaldi, v. 1, n. 1, p. 1 - 17, 2009.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, n. 118, 2003.

LEFEVRE, F.; LEFEVRE, A. M. C. O sujeito coletivo que fala. *Interface*, v. 10, n. 20, p. 517 - 524, 2006.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A Importância das Áreas Verdes para a Qualidade Ambiental das Cidades. *Revista Formação*, n. 13, p. 139 - 165, 2006.

- MELAZO, G. C. Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. *Olhares & Trilhas, Uberlândia*, v. 4, n. 6, p. 45-51, 2005.
- MINAYO, M. C S. Amostragem e saturação em pesquisa qualitativa: consensos e controvérsias. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 5, n. 7, p. 1-12, 2017.
- NEIMAN, Z. *A educação ambiental através do contato dirigido com a natureza*. 2007. Tese (Doutorado em Psicologia) - Curso de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo.
- NEIMAN, Z; RABINOVICH, A. A Educação Ambiental através do Ecoturismo: o diferencial das atividades de contato dirigido com a natureza. *Pesquisa em Educação Ambiental*, vol. 3, n. 2 – pp. 77-101, 2008
- PALMA, I. R. *Análise da percepção ambiental como instrumento ao planejamento da educação ambiental*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Santarém, Pará

Characterization of Sewage System in Santarém City, Pará

Caracterización del Sistema de Alcantarillado en el Municipio de Santarém, Pará

Josciane Carneiro Oliveira

Gestora Ambiental
Mestranda em Sociedade
Ambiente e Qualidade de vida
Univ. Fed. do Oeste do Pará
joscianecarneiro12@gmail.
com

Israel Nunes Henrique

Químico Industrial
Doutor em Recursos Naturais
Prof. Adj. do Inst. de Ciências e
Tecnologia das Águas
Univ. Fed. do Oeste do Pará
israelnunes@yahoo.com.br

Diani Fernanda da Silva Less

Engenheira Ambiental
Dra. Biodiversidade e
Biotecnologia
Profa. Adj. do Inst. de Ciências
e Tecnologia das Águas
Univ. Fed. do Oeste do Pará
diani.engambiental@gmail.
com

RESUMO

Compõem o sistema de esgotamento sanitário as atividades, infraestruturas e operações de coleta, transporte, tratamento e disposição final, compreendendo as ligações prediais até o emissário de lançamento final no corpo receptor. O presente estudo teve como objetivo avaliar o serviço de coleta e tratamento de esgoto em Santarém-PA, a partir da caracterização quali-quantitativa do sistema. O estudo foi desenvolvido no município de Santarém localizado na região Oeste do Pará, por meio de pesquisa documental, bibliográfica e de campo, com abordagem quantitativa e qualitativa. Na pesquisa documental e bibliográfica buscou-se informações sobre os índices de cobertura e indicadores do serviço de esgotamento sanitário, para tanto, consultou-se o Banco de Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) pertencente ao Ministério do Desenvolvimento Regional, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Prefeitura Municipal de Santarém, além de consulta a literatura científica. Para a pesquisa de campo, foi elaborado e aplicado questionário estruturado com 30 perguntas abertas e fechadas direcionadas ao gestor responsável pelo serviço de esgotamento sanitário. Após a aplicação dos questionários, os dados quantitativos foram sistematizados na forma de tabelas e gráficos e somado as informações qualitativas, foi realizada a caracterização e avaliação do sistema de esgotamento sanitário de Santarém-PA. O sistema é gerenciado e executado pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), sendo composto por duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) implantadas em 2016, que atendem a 3.103 economias ativas que correspondem a 15 mil habitantes (~6% da população urbana). Observou-se que a universalização do serviço ainda é desafiadora, tendo como principal entrave os investimentos para o setor e a regulação dos serviços, o que compromete as melhorias, operação e eficiência, contribuindo assim para os baixos índices de cobertura e prejudicando a qualidade de vida da população e a integridade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico, Gestão do Saneamento, Amazônia

ABSTRACT

The sanitary sewage system comprises activities, infrastructures and operations of collection, transportation, treatment and final disposal, from building connections to the final release in the receiving water body. The present study aimed to evaluate the sewage collection and treatment service in Santarém-PA, based on the characterization of the system. The research was carried out in the municipality of Santarém located in the western region of Pará. The study was carried out through documentary, bibliographic and field research, with a quantitative and qualitative approach. In the documentary and bibliographic research, information was sought on the coverage indexes and indicators of the sanitary sewage service for the municipality of Santarém. To this end, we consulted the Database of the National Sanitation Information System belonging to the Ministry of Regional Development, Brazilian Institute of Geography and Statistics and Santarém City Hall, in addition of scientific literature survey. A structured questionnaire was prepared and applied with 30 open and closed questions addressed to the manager responsible for the sanitary sewage service. After the application of the questionnaires, the quantitative data were systematized in the form of tables and graphs, and adding the qualitative information, the characterization and evaluation of the sanitary sewage system in Santarém, PA was carried out. The system is managed and executed by the Companhia de

Saneamento do Pará (COSANPA), consisting of two Sewage Treatment Plants implemented in 2016, serving 3,103 active economies corresponding to 15 thousand inhabitants (~ 6% of the urban population). It was observed that the universalization of the service is still challenging, having as main obstacle the investments for the sector and the regulation of the services, which compromises the improvements, operation and efficiency of the services, thus contributing to the low coverage and consequently impairing the population's quality of life and environmental integrity.

KEYWORDS: Sanitation, Sanitation Management, Amazon

RESUMEN

El sistema de alcantarillado sanitario comprende actividades, infraestructuras y operaciones de recolección, transporte, tratamiento y disposición final, desde la construcción de conexiones hasta el vertido final en el cuerpo receptor. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales en Santarém-PA a partir de la caracterización del sistema. La investigación ocurrió en el municipio de Santarém ubicado en la región occidental de Pará, el estudio se llevó a cabo mediante investigación documental, bibliográfica y de campo, con un enfoque cuantitativo y cualitativo. En la investigación documental y bibliográfica se buscó información sobre los índices de cobertura e indicadores del servicio de alcantarillado sanitario para el municipio de Santarém. Para ello, se consultó la Base de Datos del Sistema Nacional de Información de Saneamiento perteneciente al Ministerio del Desarrollo Regional, Instituto Brasileño de Geografía y Estadística y Ayuntamiento de Santarém, además de consultas en la literatura científica. Se elaboró y aplicó un cuestionario estructurado con 30 preguntas abiertas y cerradas dirigidas al gerente responsable del servicio de alcantarillado sanitario. Luego de la aplicación de los cuestionarios, los datos cuantitativos fueron sistematizados en forma de tablas y gráficos, y sumando la información cualitativa, se realizó la caracterización y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario en Santarém, PA. El sistema es administrado y ejecutado por la Compañía de Saneamento do Pará, que consta de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (ETE) implementadas en 2016, que atienden a 3.103 economías activas correspondientes a 15 mil habitantes (~ 6% de la población urbana).. Se observó que la universalización del servicio sigue siendo un desafío, teniendo como principal obstáculo las inversiones para el sector y la regulación de los servicios, lo que compromete las mejoras, operación y eficiencia de los servicios, contribuyendo así a las bajas tasas de cobertura y consecuentemente perjudicando la calidad de vida de la población y la integridad ambiental.

PALABRAS CLAVE: Saneamiento básico, Gestión de Saneamiento, Amazonia.

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário faz parte do conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais do saneamento básico, conceituado no artigo 3º da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). A mesma, tem como um dos objetivos a universalização dos serviços de saneamento (FIGUEIREDO, 2017). O conceito de saneamento, também pode ser entendido como controle dos fatores do meio físico do homem, bem como o seu bem-estar físico, mental e social e, sobre sua saúde, em que objetiva-se alcançar a salubridade ambiental por meio de um conjunto de serviços (PHILIPPI JR.; SILVEIRA, 2004).

Para obter informações que permitam identificar, com objetividade, aspectos da gestão do serviço de coleta e tratamento de esgoto nos municípios brasileiros, é realizada a coleta dos dados sobre esgotamento sanitário nas cidades através do atual Ministério do Desenvolvimento Regional e do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Dentre os objetivos do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, destacam-se: planejamento e execução de políticas públicas; orientação da aplicação de recursos; avaliação de desempenho dos serviços; aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia; e orientação

de atividades regulatórias, de fiscalização e de controle social (BRASIL, 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

Em 2019, 61,9% dos brasileiros tiveram acesso a rede coletora de esgoto na área urbana. Na região norte, o esgotamento sanitário, apresentou índices insatisfatórios de atendimento com déficit 4,3 vezes superior ao investimento, com índice de atendimento urbano da coleta de esgoto de 15,8%. Ou seja, a situação na região norte é bem mais delicada em relação aos investimentos realizados pelos próprios recursos, apresentando menor valor quando comparada a demais localidades (BRASIL, 2020).

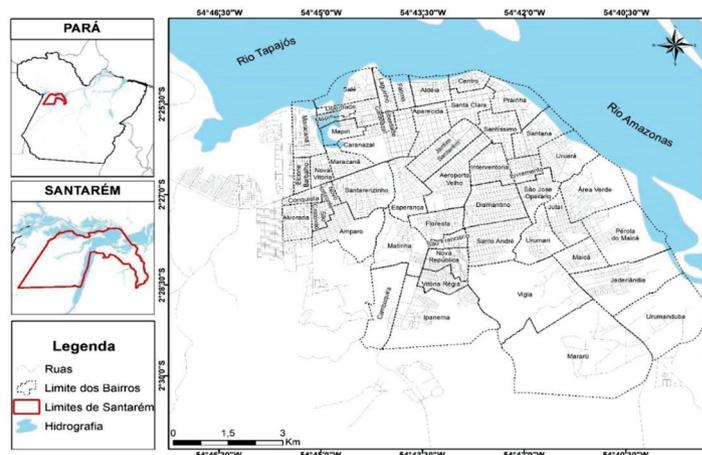
O cenário é preocupante e evidencia a necessidade de maior investimento no setor, assim como a realização de estudos que investiguem as causas dessa situação e apontem soluções que contribuam para a ampliação e melhoria dos serviços. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o serviço de coleta e tratamento de esgoto em Santarém-PA a partir da caracterização do sistema. Através

dessas informações foi possível compreender melhor o sistema local de esgotamento sanitário, o que pode subsidiar a proposição de melhorias no setor que propiciem à qualidade de vida da população santarena e a proteção ao meio ambiente.

2 MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Santarém (Figura 1) localizado na região Oeste do Pará. Possui uma população de 294.580 habitantes, 215.790 dos quais residentes na zona urbana em 40 bairros e 78.790 na zona rural, distribuídos em uma área aproximada de 40 km². O município de Santarém é o 3º município mais populoso do Pará, o 7º de toda a região norte e o 83º do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE, 2017). Santarém é o principal centro urbano financeiro, comercial e cultural do oeste do estado do Pará, considerada uma das mais antigas e importantes cidades da região amazônica, é a sede da Região Metropolitana de Santarém, o segundo maior aglomerado urbano do Pará (Prefeitura municipal de Santarém, 2018).

Figura 1. Localização do município de Santarém-PA.



Fonte: Autoria própria.

2.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

No estudo utilizou-se pesquisa documental, bibliográfica e de campo com abordagem quantitativa e qualitativa. A abordagem quantitativa foi utilizada para indicar a população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, bem como o tamanho da rede coletora e quantidade de equipamentos utilizados e não utilizados dentro do sistema de esgotamento sanitário e a área abrangente.

A técnica da pesquisa qualitativa incluiu a aplicação do questionário estruturado com perguntas abertas e fechadas direcionadas ao gestor responsável pelo serviço de esgotamento sanitário, para informações básicas e perspectivas futuras. Foi realizada também análise de documentos, como do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, IBGE e Prefeitura Municipal de Santarém, artigos científicos, endereços eletrônicos de órgãos públicos e da companhia de saneamento, legislações vigentes, entre outros. Foram obtidas informações sobre os índices de cobertura e indicadores do serviço de esgotamento sanitário do município de Santarém.

Neste estudo foi possível combinar métodos quantitativos e qualitativos, usados de forma sequencial, iniciando com a análise quantitativo e em seguida, o estudo qualitativo. Segundo Brannen (2005), cada método tem suas vantagens e desafios, podendo ser usados juntos para corroboração (obtenção de resultados semelhantes de ambos os métodos), elaboração (usando dados qualitativos para explicar ou interpretar dados quantitativos, ou para demonstrar com o quantitativo constatações que se aplicam em casos

particulares), complementaridade (onde os resultados quantitativos e qualitativos diferem, mas geram percepções complementares) ou contradição (onde dados qualitativos e quantitativos levam a diferentes conclusões).

Foi elaborado e aplicado questionário estruturado com perguntas abertas e fechadas direcionadas ao gestor responsável pelo serviço de esgotamento sanitário, contando com 30 perguntas sobre o sistema. As perguntas foram elaboradas e adaptadas com base no questionário do Sistema Estadual de Informações Sobre Saneamento (SEIS, 2014).

As questões abordadas objetivam caracterizar o serviço quanto à infraestrutura existente: rede coletora; interceptores e elevatórias de esgoto; tratamento; lançamento final e cobertura do serviço. O questionário foi aplicado mediante a obtenção a autorização formal solicitada via ofício.

Após a aplicação do questionário e consulta ao SNIS, os dados quantitativos foram sistematizados na forma de tabelas e gráficos e somada as informações qualitativas foi realizada a caracterização e avaliação do sistema de esgotamento sanitário de Santarém, PA.

3 RESULTADOS

O sistema de esgotamento sanitário no município de Santarém é gerido pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), através de contrato de prestação de serviço firmado em 2016. Compõem o sistema de esgotamento sanitário as atividades, infraestruturas e operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição adequada, desde as

ligações prediais até o lançamento final no corpo receptor. De acordo com Tonetti et al., (2018), os sistemas existentes para o tratamento de esgotos sanitários, basicamente, incluem duas abordagens, são elas centralizadas e descentralizadas. Os sistemas centralizados têm sido empregados no tratamento de efluentes oriundos de regiões urbanizadas e com elevada densidade populacional. Os sistemas de gerenciamento descentralizado são definidos como aqueles cuja coleta, tratamento e disposição/reutilização de esgotos são realizadas próximas à fonte de geração (LIBRALATO et al., 2012).

Dessa maneira, o sistema de esgotamento sanitário do município de Santarém possui uma abordagem centralizada, com coleta de grande volume de águas residuárias para tratamento em duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), a ETE-DBOX do Irurá e a ETE-DBOX do Urumari, implantadas com recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) com objetivo de aumentar a cobertura dos serviços de saneamento básico (MELLO AZEVEDO, 2016). Ambas do tipo reator DBOX anaeróbio + aeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente, com Licença de Operação ativa, respectivamente foram dimensionadas considerando uma população equivalente de 40.000/50.000 habitantes e 20.000 - 25.000 habitantes, para contribuição hidráulica de 165-192 litros/habitante/dia (SANTARÉM, 2019).

O Diagnóstico Técnico dos Sistemas e Serviço Público de Esgotamento Sanitário, foi elaborado pela equipe de Engenharia da Secretaria Municipal de Infraestrutura de Santarém (SEMINFRA) com base em visitas técnicas, avaliações de documentações pertinentes, consulta ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de 2012 para atualização, simulações e projeções realizadas com base nas informações levantadas. O diagnóstico faz parte do Plano Municipal de Saneamento Básico de 2020 a 2023, no qual apresenta elementos e dados relevantes para a caracterização do sistema de esgotamento sanitário de Santarém.

As informações apresentadas no PMSB relacionadas as duas ETEs, sendo que a ETE Irurá contempla o tratamento do esgoto gerado pelo Conjunto Habitacional Salvação, construído pelo programa Minha Casa Minha Vida com área de 125 ha, com previsão de ampliação do sistema para atender a bacia Irurá 01, com área de 89 ha, a bacia Irurá 02, com superfície de 190 ha, a bacia Irurá 03, com superfície próxima a 177 ha, a bacia Irurá 04 (que seria a denominada Bacia Centro, com superfície de 294 ha) e a Bacia Irurá 05, com superfície de 179 ha, que serão conectadas através de coletores tronco e pela Estação Elevatória Centro, a qual realizará o transporte dos esgotos dessa sub-bacia após a coleta realizada pelo interceptor da orla da cidade (Figura 2).

Figura 2. Divisão de sub-bacias na Área central de Santarém.



Fonte: Santarém, 2019.

O plano ainda mostra um projeto para a ETE Irurá (Figura 3), previsto para um total de 8 (oito) módulos, onde cada módulo foi desenhado para atender 25.000 habitantes, equivalente a uma vazão de esgotos de aproximadamente 50 L/s, assegurando atendimento futuro para 200.000 habitantes. A realidade hoje é muito desigual do que se almeja, uma vez que conta com dois módulos, porém somente um está em operação desde meados de 2016. Não há sistema de coleta suficiente instalado para que esta ETE possa operar com dois módulos, e o módulo em operação recebe uma contribuição ínfima de esgotos, devido à grande parte dos 57 Km de redes coletoras existentes que se encontra inoperante em função de entupimentos e rompimentos.

Figura 3. Unidades da ETE Irurá.

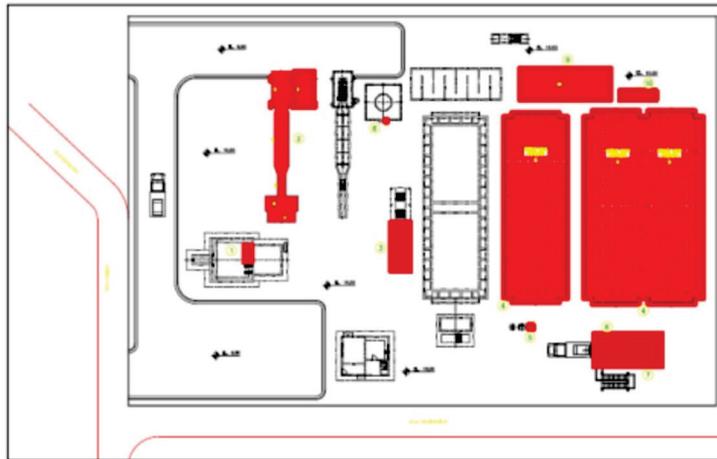


Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém, 2019.

A ETE do Urumari atende atualmente a bacia Urumari 01, com área de 94 ha, e será complementada com as bacias Urumari 02 com 278 ha, Urumari 03 com 98 ha, e no futuro (segundo projeto), com a bacia Urumari 04 com 262 ha, ao sul do bairro do Aeroporto Velho, para o qual foram dimensionados os coletores tronco para o ano de 2023, com

previsão também de finalização da rede coletora no período. No projeto da ETE Urumari (), existe espaços previstos para a implantação de outros módulos, conforme destacado em vermelho na Figura 4. Encontra-se um módulo em construção, para atender 25.000 habitantes, o que corresponde aproximadamente 50,0 L/s.

Figura 4. Unidade da ETE Urumari.



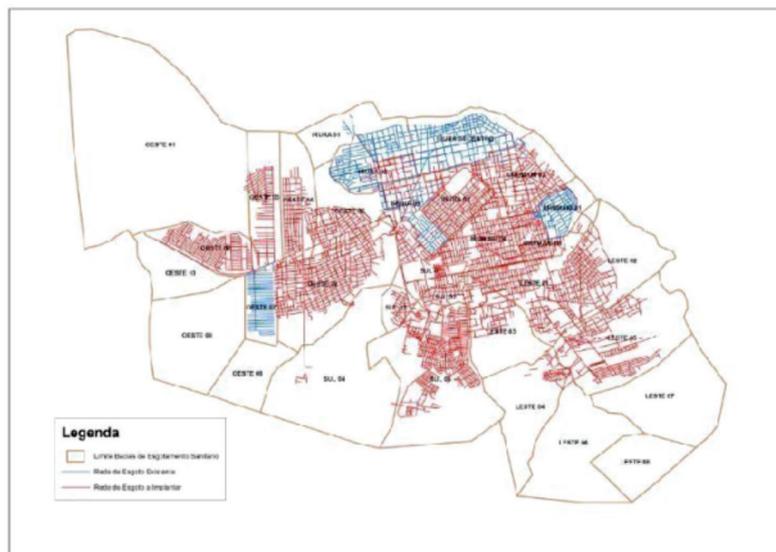
Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém (2019).

Atualmente existe uma estação elevatória de esgoto bruto em funcionamento, situada no Residencial Salvação e outra em construção no centro da cidade. O esgoto é transportado para esta estação elevatória em funcionamento que os recalca até uma cota superior da Rodovia Fernando Guilhon, onde por gravidade um emissário conduz o esgoto até a ETE Irurá. Os interceptores de esgotos são constituídos de material tipo policloreto de vinila (PVC). As águas residuais a serem tratadas nas duas ETEs consistem em esgotos sanitários oriundos principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas

e demais dispositivos que utilizem água para fins domésticos, que possuem a composição de efluente de higienização e limpeza doméstica, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão e detergente.

O sistema de coleta e transporte (Figura 5) é configurado para transportar apenas esgoto (sistema separador), possui extensão de 53.174,90 m, que se encontra mapeado e suas plantas descritivas disponíveis em meio digital. Atende a 3.095 ligações ativas e 3.103 economias ativas que correspondem a 15 mil habitantes. A rede coletora conta com 21,9 km de tubulação com diâmetros entre 150 e 350 mm em PVC, 387 poços de visita e 3.195 ligações prediais.

Figura 5. Rede coletora existente e a prevista.



Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém (2019).

À implantação e ampliação da rede coletora de esgoto, é necessária uma vez que, a distância entre os pontos de geração e de tratamento dos efluentes são eminentes em modelos de gestão centralizada. Porém a construção é onerosa, em que os custos representam mais de 60% do orçamento total requerido para a implantação dos sistemas, tornando-se muitas vezes inviável de ser implantada em regiões periurbanas (ZAHARIA, 2017; OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

Isto posto, como o serviço de coleta não abrange toda área urbana do município de Santarém, logo é de responsabilidade do morador instalar fossas sépticas e sumidouros para tratar o seu esgoto doméstico de acordo com o Código de Posturas do Município (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM, 2012). A Lei Federal nº 11.445/2007 determina que, na ausência de redes públicas de saneamento, soluções individuais de afastamento e tratamento de esgotos são admitidas. De acordo

com a revisão do PMSB de Santarém, do ano 2020 até 2023, no que diz respeito a caracterização dos Sistema de Esgotamento Sanitário, o sistema existente é precário, apesar dos investimentos e construções de equipamentos sanitários, o qual pretendia atender a área central de Santarém (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM, 2019).

Neste caso, pode-se se dizer que o sistema também possui característica descentralizada, que normalmente envolve sistemas locais ou em sistemas de tratamento comunitários, em que o primeiro caracteriza-se por realizar o tratamento de efluentes gerados em residências unifamiliares e, o segundo realizam o tratamento de efluentes de um grupo de edificações em área próxima do ponto de geração (LIBRALATO et al., 2012; USEPA, 2005). Portanto, é necessário buscar alternativas tecnológicas para esta abordagem de sistemas descentralizados, de forma simples e com baixos custos operacionais.

Na literatura são citadas várias tecnologias para tratamento de esgotos em sistemas descentralizados, como wetlands construídos, reatores anaeróbicos de manta de lodo (UASB), lagoas de estabilização, filtros anaeróbios e filtros de areias, que geralmente são utilizados de modo combinado com tanques sépticos (SANTOS, 2019; MASSOUD et al., 2009). São exemplos de países que já utilizam estes sistemas descentralizados combinados com tanques sépticos, Estados Unidos onde cerca de 20 a 25% dos domicílios são atendidos por tal sistema e a área rural da Austrália, que atende a uma população de cerca 180.000 habitantes (LIN et al., 2017; BUCHANAN et al., 2018).

Com relação ao sistema de tratamento de esgoto sanitário de Santarém, as Estações de Tratamentos de Esgoto em Santarém (Figura 6 A e B) são do tipo reatores DBOX baseada na integração de quatro processos (anaeróbio, aeróbio, decantação e tratamento do biogás) em um único reator com alto grau de desenvolvimento tecnológico para o tratamento de esgoto e a não geração de odores desagradáveis, custos excessivos e impactos paisagísticos. De acordo com o manual técnico operacional da ETE, o sistema é constituído fundamentalmente de duas etapas compreendendo os seguintes níveis de tratamento: tratamento primário, secundário e terciário (MELO AZEVEDO, 2016).

Figura 6. Estação de Tratamento de Esgoto Urumari (A) Estação de tratamento de Esgoto Irurá (B).



Fonte: Melo Azevedo, 2016.

No tratamento primário ocorre a remoção dos sólidos grosseiros por meio de peneira rotativa com alimentação interna, posteriormente o aflente é direcionado para uma caixa de areia que tem como função remover os sólidos com alta capacidade de sedimentação. No tratamento secundário, ocorre a remoção da matéria orgânica a partir do processo biológico anaeróbio/aeróbio integrado em um

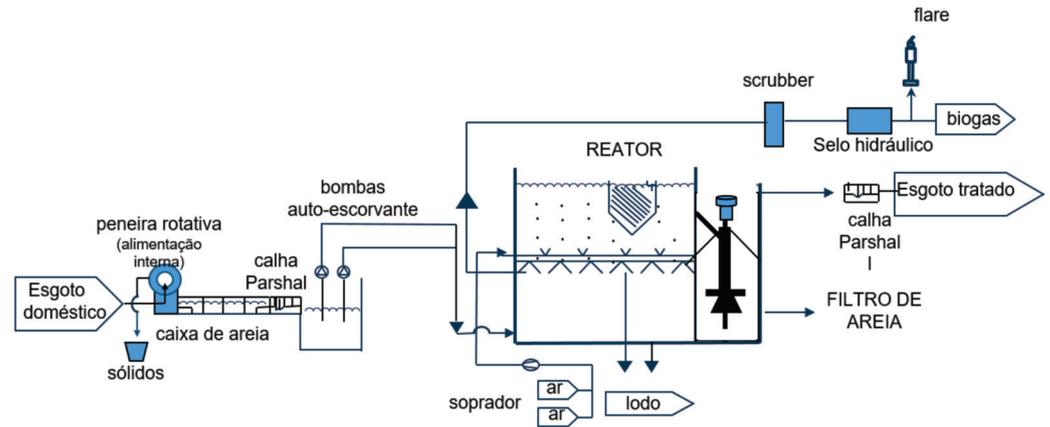
único tanque, complementado por unidades de coleta/queima de gás e filtro de areia.

O tratamento terciário (Figura 7) consiste na desinfecção do esgoto com cloração através da aplicação de cloro gás (solução 12% de Hipoclorito de Sódio) que tem por finalidade a remoção de microrganismos patogênicos. A dosagem é feita na tubulação de saída do esgoto

tratado dos reatores, que através da agitação gerada pelo desnível geométrico promove a mistura na entrada do tanque de contato, onde o esgoto permanece por no mínimo

30 minutos. Quando há geração de espuma no tanque de aeração, a mesma é controlada quimicamente pela adição de antiespumantes.

Figura 7. Fluxograma dos processos integrado: anaeróbio, aeróbio e polimento da Estação de Tratamento.

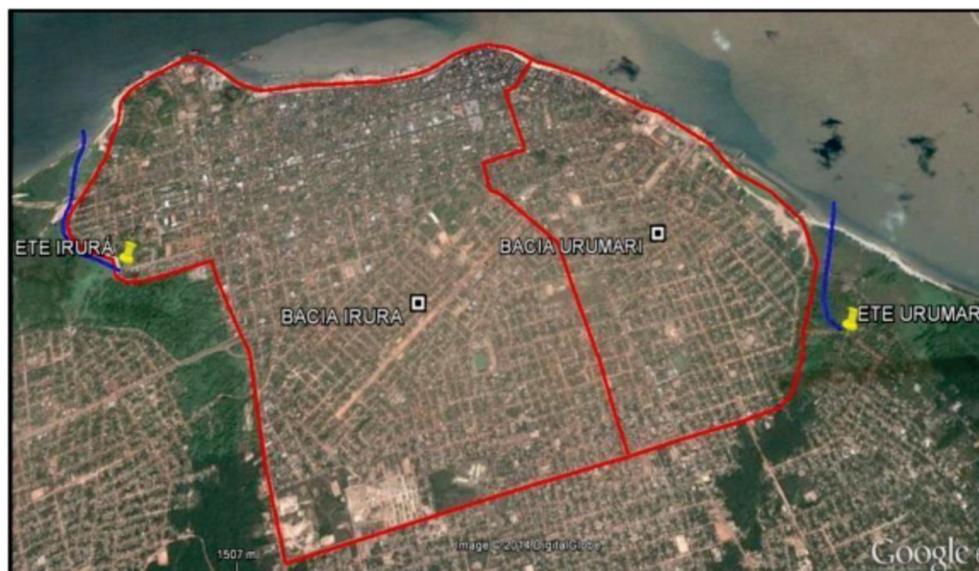


Fonte: Melo Azevedo, 2016.

O nível do tratamento que se deseja alcançar nestas etapas vai variar de acordo com a tecnologia empregada, com as exigências dos órgãos de controle e fiscalização ambientais locais e da legislação aplicável. Portanto, é indispensável o monitoramento e avaliação nos processos de tratamento para se obter informações relacionadas a quantidade e a qualidade do efluente tratado. A finalidade do monitoramento é avaliar a efetividade do tratamento, o atendimento aos padrões normativos e indicar possíveis ajustes ou modificações na operação, sendo as informações geradas ao longo do tempo necessárias para a tomada de decisões técnico-administrativas (LAY-EKUAKILLE et al., 2019).

Segundo o projeto das ETES, o lodo gerado na operação será destinado ao lixão municipal. Porém, devido à baixa contribuição de esgoto na ETE, ainda não há geração de lodo no tratamento secundário. O lançamento final dos efluentes tratados das ETES Irurá e Mapiri de acordo com o projeto é feito nos rios Amazonas e Tapajós. A concepção inicial do projeto definia duas bacias de esgotamento, uma para oeste, denominada Irurá em função da proximidade como Igarapé Irurá que descarga na parte final do rio Tapajós e outra para leste, denominada Urumari em função do Igarapé com esse nome, que descarga suas águas no rio Amazonas (Figura 8).

Figura 8. Divisão das bacias sanitárias.



Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém, 2019.

De acordo com PMSB de Santarém, a construção das duas ETEs não foi finalizada, com presença de equipamentos não conectados, como o caso da centrífuga do tratamento de lodo e os emissários subaquáticos finais que não foram construídos e para suprir a necessidade desses dispositivos foram instaladas tubulações de diâmetro e extensão menores ao requerido, não atingindo o local previsto para o lançamento do efluente no rio. Ressalta-se que as legislações vigentes determinam que a destinação de efluentes tratados em cursos hídricos tem que atender aos padrões do seu corpo receptor (BRASIL, 2011).

Nesse sentido, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina, em suas Resoluções no 357/2005 (BRASIL, 2005) e no 430/2011 (BRASIL, 2011), a classificação dos corpos de água, as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Apesar disso, mesmo com a existência de legislações específicas para o controle e fiscalização do lançamento dos efluentes tratados, existem regiões e/ou áreas que não detêm até então de uma estrutura institucional para atuar de maneira mais técnica e sistemática. Algumas possuem legislações próprias e graus de exigências distintos (CHERNICHARO et al., 2001), mas isso pode comprometer a instalação de modelos de sucesso em outras localidades que tenham legislações diferentes.

Portanto, deve-se considerar alguns fatores relevantes antes de seguir modelos que apresentem eficiência na estrutura e produtividade, como por exemplo: a compreensão política geográfica da área e ou região, assim como, o clima; a cultura; a legislação ambiental regional; os custos de investimento; os custos operacionais, e os recursos que se encontram disponíveis. Considerando que modelos que podem ter uma boa

aplicabilidade em um determinado local, pode não atender a alguns critérios e/ou necessidades em outro.

4 CONCLUSÃO

O serviço de esgotamento sanitário no município de Santarém é gerenciado e executado pela Companhia de Saneamento do Pará. O sistema é composto por duas ETES implantadas em 2016, que atendem a 3.103 economias ativas que correspondem a 15 mil habitantes (~ 6% da população urbana). Existe planejamento de expansão do sistema que possibilitará o atendimento de 200.000 habitantes.

Analisando o cenário de cobertura atual, constata-se que a universalização do serviço é desafiadora, tendo como principal entrave os investimentos para o setor e a regulação dos serviços. O que compromete as melhorias, operação e eficiência dos serviços, contribuindo assim para os baixos índices de cobertura e consequentemente prejudicando a qualidade de vida da população e a integridade ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, realizado pelo IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais em novembro de 2020 e a Companhia de Saneamento do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANNEN, J. Métodos de mistura: a entrada de abordagens qualitativas e quantitativas no processo de pesquisa. *International Journal of Social Research Methodology*, n. 8, p. 173-184, 2005.

BRASIL. Lei nº 11.445 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação dada pela Medida Provisória nº 844, de 2018). DOU, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430 de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário Oficial da União* nº 92 de 16/05/2011, pág. 89, 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNSA/MCIDADES, 220 p., 2019.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/institucional>. Acesso em out. 2020.

BUCHANAN, N. A.; YOUNG, P.; CROMAR, N. J.; FALLOW, H. J. Performance of a high rate algal pond

- treating septic tank effluent from a community wastewater management scheme in rural South Australia. *Algal Research*, v. 35, p. 325–332, 2018. doi: 10.1016/j.algal.2018.08.036
- CHERNICHARO, C.; COTA, R. S.; ZERBINI, A. M.; SPERLING, M.; BRITO, L. H. Post-treatment of anaerobic effluents in an overland flow system. *Water Science and Technology*, v. 44, n.4. p. 229-236, 2001. PMID: 11579922
- CHERNICHARO, C. A. L.; RIBEIRO, T. B.; GARCIA, G. B.; LERMONTOV, A.; PLATZER, C. J.; POSSETTI, G. R. C.; ROSSETO, M. A. L. L. R. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. *Revista DAE*, v. 66, n. 214, p.5-19, 2018. doi: 10.4322/dae.2018.028
- FIGUEIREDO, F.F. O Saneamento Básico no Nordeste e no Rio Grande do Norte: avanços e constrangimentos. In: SEMINÁRIO DO CONSELHO REGIONAL DE SERVIÇO SOCIAL, Rio de Janeiro. Anais... 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Panorama: População; Ranking. Brasil, 2017.
- LAY-EKUAKILLE, A.; DURICKOVIC, I.; LANZOLLA, A.; MORELLO, R.; DE CAPUA, C.; GIRÃO, P. S.; POSTOLA, O. Effluents, surface and subterranean waters monitoring: Review and advances. *Measurement*, v. 137, p. 556-579, 2019.
- LIBRALATO, G.; VOLPI GHIRARDINI, A.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal of Environmental Management*, v. 94, n. 1, p. 61–68, 2012.
- LIN, H.; LIU, W.; ZHANG, X.; WILLIAMS, N.; HU, B. Microbial electrochemical septic tanks (MESTs): An alternative configuration with improved performance and minimal modifications on conventional septic systems. *Biochemical Engineering Journal*, v. 120, p. 146–156, 2017.
- MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 1, p. 652–659, 2009.
- MELLO AZEVEDO S/A. Manual Técnico Dbox, Sistema Integrado de Tratamento de Esgotos Sanitários: Operação,manutenção, equipamentos, instrumentos e desenhos. Construtora Mello Azevedo S/A, Santarém, 2016.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Orgs.). *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa*. Campina Grande: EDUEPB, p. 213-232, 2013.
- OLIVEIRA, J. C.; LESS, D. F. S.; SILVA, L. N. A.; MOTA, J. M. C.; OLIVEIRA, J. C. Gestão do Serviço de Abastecimento de Água No Município de Santarém, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 10, Fortaleza-CE. Anais... X CONGEA, 2010.
- PHILLIPPI JR., A.; SILVEIRA, V. F. Saneamento Ambiental e Ecologia Aplicada. In: *Curso de Gestão*

- Ambiental. PHILLIPPI JR., A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. (Eds.), Barueri-SP: Manole, 2004.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM. Lei nº 19.207 de 28 de dezembro de 2012, dá nova redação ao Código de Postura do Município de Santarém e dá outras providências. Santarém, 2012.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM. Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém – PA 2020 – 2023, 2019. 138 p.
- SANTOS, A. B. Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais. Fortaleza: Imprece, 2019.
- SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SEIS. Questionário sobre esgotamento sanitário. Fundação João Pinheiro, 2014.
- TONETTI, A. L.; BRASIL, A.; MADRID, F.; FIGUEIREDO, I.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L.; DUARTE, N. G.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca/ Unicamp, 2018.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems, 2005. Disponível em: < <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=20017K2G.TXT>>. Acesso em: jan. 2019.
- ZAHARIA, C. Decentralized wastewater treatment systems: Efficiency and its estimated impact against onsite natural water pollution status. A Romanian case study. Process Safety and Environmental Protection, v. 108, p. 74-88, 2017. doi: 10.1016/j.psep.2017.02.004.

Comissão Editorial

Saneamento:

Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa
Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Profª Drª Cali Laguna Achon
Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa
Prof. Dr. Erich Kellner
Profª Drª Katia Sakihama Ventura

Urbanismo:

Profª Drª Carolina Maria Pozzi de Castro
Profª Drª Cristiane Bueno
Profª Dra Elza Luli Miyasaka
Prof. Dr. Érico Masiero
Profª Drª Luciana Márcia Gonçalves
Prof. Dr. Luiz Antonio Nigro Falcoski
Prof. Dr. Ricardo Augusto Souza Fernandes

Geotecnia e Geoprocessamento:

Profª Drª Denise Balestrero Menezes
Prof. Dr. Edson Augusto Melanda
Prof. Dr. Fábio Noel Stanganini
Prof. Dr. José Augusto de Lollo
Profª Drª Marcilene Dantas Ferreira

Transportes:

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior
Prof. Dr. Marcos Antonio Garcia Ferreira
Profª Drª Rochele Amorim Ribeiro
Profª Drª Suely da Penha Sanches
Profª Drª Thais de Cassia Martinelli Guerreiro