

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 (VDPTTEC Technological model CEFETMG Campus Timóteo - VDPTTEC) was developed and; c) in sequence the awareness campaigns regarding the use of the VDPTTEC. 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. VDPTTEC 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

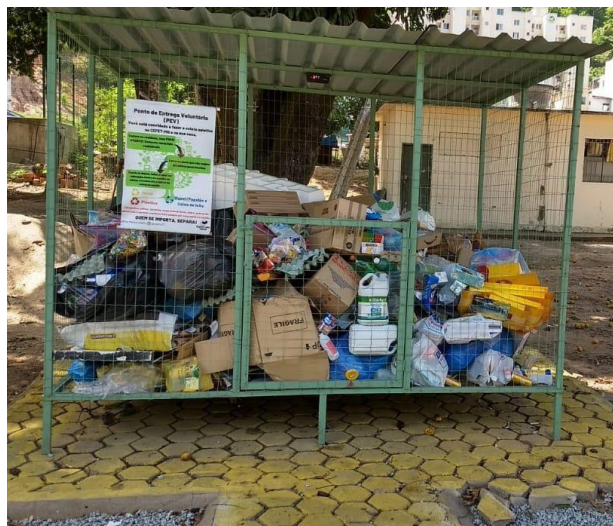
boa capacidade de armazenamento (2x2x3m). Dessa forma, a coleta dos resíduos foi centralizada em um PEVTEC com qualidade e segurança operacional, minimizando assim os efeitos deletérios, como relatado por outros autores e que citam até a depredação ou desgaste prematuro (PANIS *et al.*, 2012; DIAS e 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 Bringhamti (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).

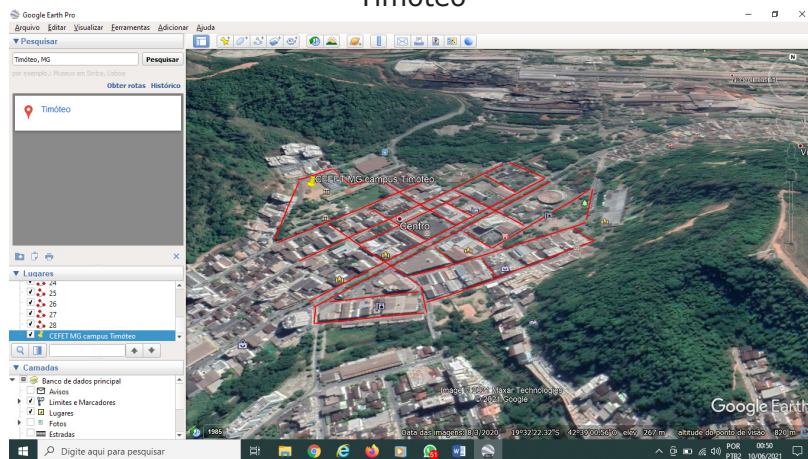
3.1. CUSTOS DO TRANSPORTE E FATORES OPERACIONAIS

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.