

ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)

RESÍDUOS SÓLIDOS

Desafios & Oportunidades



2022

RESÍDUOS SÓLIDOS

Desafíos & Oportunidades

RESÍDUOS SÓLIDOS

Desafios & Oportunidades

ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)



BOA VISTA/RR
2022

Editora IOLE

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



EXPEDIENTE

Revisão

Elói Martins Senhoras
Maria Sharlyany Marques Ramos

Capa

Alokike Gael Chloe Hounkonnou
Elói Martins Senhoras

Projeto Gráfico e

Diagramação

Elói Martins Senhoras
Rita de Cássia de Oliveira Ferreira

Conselho Editorial

Abigail Pascoal dos Santos
Charles Pennaforte
Claudete de Castro Silva Vitte
Elói Martins Senhoras
Fabiano de Araújo Moreira
Julio Burdman
Marcos Antônio Fávaro Martins
Rozane Pereira Ignácio
Patrícia Nasser de Carvalho
Simone Rodrigues Batista Mendes
Vitor Stuart Gabriel de Pieri

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)

Se25 SENHORAS, Elói Martins (organizadores).

Resíduos Sólidos: Desafios & Oportunidades. Boa Vista: Editora IOLE, 2022, 291 p.

Série: Ciências Ambientais. Editor: Elói Martins Senhoras.

ISBN: 978-65-998355-9-9
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7080738>

I - Brasil. 2 - Ciências Ambientais. 3 - Resíduos Sólidos. 4 - Sustentabilidade.
I - Título. II - Senhoras, Elói Martins. III - Administração. IV - Série

CDD-333.7

A exatidão das informações, conceitos e opiniões é de exclusiva responsabilidade dos autores.



EDITORIAL

A editora IOLE tem o objetivo de divulgar a produção de trabalhos intelectuais que tenham qualidade e relevância social, científica ou didática em distintas áreas do conhecimento e direcionadas para um amplo público de leitores com diferentes interesses.

As publicações da editora IOLE têm o intuito de trazerem contribuições para o avanço da reflexão e da *práxis* em diferentes áreas do pensamento e para a consolidação de uma comunidade de autores comprometida com a pluralidade do pensamento e com uma crescente institucionalização dos debates.

O conteúdo produzido e divulgado neste livro é de inteira responsabilidade dos autores em termos de forma, correção e confiabilidade, não representando discurso oficial da editora IOLE, a qual é responsável exclusivamente pela editoração, publicação e divulgação da obra.

Concebido para ser um material com alta capilarização para seu potencial público leitor, o presente livro da editora IOLE é publicado nos formatos impresso e eletrônico a fim de propiciar a democratização do conhecimento por meio do livre acesso e divulgação das obras.

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras

(Editor Chefe)



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
<hr/>	
CAPÍTULO 1	
A Relação entre a Dengue e a Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos	13
<hr/>	
CAPÍTULO 2	
Geofísica Aplicada a Investigação de Contaminação Subterrânea por Resíduos Sólidos	33
<hr/>	
CAPÍTULO 3	
Análise da Eficiência da Compostagem com Resíduos Sólidos Orgânicos	81
<hr/>	
CAPÍTULO 4	
Logística Reversa do Politereftalato de Etileno	109
<hr/>	
CAPÍTULO 5	
Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos em Universidades Públicas: Estudo preliminar de caso para a UERJ	139
<hr/>	

SUMÁRIO

CAPÍTULO 6	
O Uso de Oficinas Sobre Coleta e Reciclagem de Resíduos Sólidos: Aprendizagem da Teoria às Práxis Social	163
<hr/>	

CAPÍTULO 7	
Cooperativas de Catadores de Resíduos Sólidos: Condições Ambientais e Impactos na Comunidade	209
<hr/>	

CAPÍTULO 8	
Auditoria Ambiental para Coleta de Resíduos Sólidos em Organizações Militares da Marinha do Brasil: uma proposta metodológica	225
<hr/>	

CAPÍTULO 9	
Gestão de Resíduos Sólidos Recicláveis: Uma Análise de Iniciativas de Incentivos Econômicos ao Cidadão nos Municípios de Curitiba (PR) e Canoinhas (SC) para uma Política Pública de Resíduos Mais Eficiente	251
<hr/>	

SOBRE OS AUTORES	279
<hr/>	

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O trabalho coletivo que resultou no presente livro foi construído por meio de um trabalho desenvolvido em uma rede nacional, na qual estiveram envolvidos 23 pesquisadores com distintas experiências profissionais e formações acadêmicas, oriundos de diferentes instituições públicas e privadas de vários estados e de todas as macrorregiões do Brasil.

A finalidade deste livro de coletânea é apresentar uma abrangente agenda de estudos de casos sobre temas direta ou indiretamente relacionados aos resíduos sólidos que valoriza a pluralidade teórica e metodológica para analisar os desafiantes problemas e a janela de oportunidades existente na complexa realidade brasileira.

Por um lado, o recorte metodológico desta obra é caracterizado pela natureza exploratória, descritiva e explicativa quanto aos fins e pela adoção de uma abordagem quali-quantitativa quanto aos meios, fundamentando-se pelo uso de diferentes procedimentos metodológicos, tanto no levantamento, quanto na análise de dados.

Por outro lado, o recorte teórico de estruturação das pesquisas deste livro é fundamentado por um conjunto diferenciado de debates e análises em cada capítulo, demonstrando assim, como resultado global, a existência de um paradigma eclético de abordagem dos casos de estudo com base em fundamentos teóricos e conceituais que refletem um pluralismo teórico.

Ao combinar análise e reflexão, teoria e empiria, os nove capítulos do presente livro apresentam análises, reflexões e discussões que transversalmente abordam temas e estudos de caso que são reflexivos ao entendimento do que é o estado da arte sobre

resíduos sólidos em sua materialidade na periodização contemporânea.

Recomendada para um conjunto diversificado de leitores, esta obra apresenta a realidade dos resíduos sólidos no Brasil por meio de um conjunto de capítulos redigidos por meio de uma didática e fluída linguagem que valoriza a troca de experiências e o rigor teórico-conceitual e dos modelos, tanto para um público leigo não afeito a tecnicismos, quanto para um público especializado de acadêmicos.

As análises, debates e resultados apresentados estão alicerçadas em uma concepção de pensamento crítico que findam demonstrar a riqueza existente no anarquismo teórico e metodológico em resposta à complexa realidade empírica dos resíduos sólidos, razão pela qual convidamos você leitor(a) a nos acompanhar à luz do ecletismo registrado nos estimulantes estudos empíricos deste livro.

Excelente leitura!

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras
(organizador)

CAPÍTULO 1

*A Relação entre a Dengue
e a Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos*

A RELAÇÃO ENTRE A DENGUE E A DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Juceleine Klanovicz

A disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil é um problema antigo, temos legislações importantes atualmente, mas mesmo assim vemos que na prática ainda a muita disposição inadequada de resíduos sólidos contaminando o meio ambiente e propiciando a criação de vetores de muitas doenças e uma delas é a dengue.

O objetivo desta pesquisa é analisar a relação entre a dengue e a disposição inadequada de resíduos sólidos. Os objetivos específicos são verificar quais são as maiores dificuldades com a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, levantar a eficiência da coleta seletiva, focar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, analisar os casos de doenças causadas pelo *Aedes agyputs* e a disposição dos resíduos sólidos urbanos.

A metodologia utilizada para o desenvolver da pesquisa foi a bibliográfica. Mediante a justificativa de que precisamos evitar a proliferação do mosquito *Aedes agyputs* e existe uma relação com a causa de doenças como a dengue, o zika vírus, a febre amarela e a chikungunya. A justificativa do tema se dá pela grande importância que este assunto tem para a sociedade atual, pois, sabe-se que através de um grande progresso na área legislativa, nos dias atuais temos legislações que tratam do tema específico, resíduos sólidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os resíduos sólidos tem sido uma problemática mundial que vem ocorrendo aceleradamente após a globalização e com o capitalismo. Cada vez mais novos materiais são introduzidos no mercado para consumo, sendo este consumo desenfreado que causa esta grande problemática. Quando os resíduos não são dispostos de maneira correta agravam o problema da poluição do solo, água e ar. Além de ser um causador principal da proliferação de insetos, entre eles o vetor causador da dengue.

A problemática dos resíduos sólidos no Brasil

No Brasil referente aos resíduos sólidos temos a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n. ° 12.305/2010 e posterior a ela e originária da mesma, há os Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS), onde em prazo estabelecido pela lei todos os municípios do Brasil deveriam formulá-los e aprová-los junto aos seus municípios. Sendo importante a aplicação deste plano nos municípios para o gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente os resíduos sólidos domiciliares e os resíduos considerados perigosos.

Os Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS), tem como foco a disposição final adequada dos resíduos em todos os municípios brasileiros, como também prazo para a extinção dos lixões.

Segundo o PMGRS (2022), de São Domingos do Sul os resíduos podem ser classificados de várias maneiras visto a sua ampla variedade de materiais que apresentam em sua composição. Tem-se os recicláveis, os orgânicos, os perigosos com coleta

especial, pois muitos destes possuem metais pesados em sua composição, hospitalar infectante. Todos os resíduos devem ter seu destino ambientalmente correto para que não haja desestabilização do ecossistema e poluição do solo, da água e do ar. Por isto a importância dos planos de gerenciamento e principalmente a sua aplicação.

O art. 225 da Constituição Federal (1988), estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder público a e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Quanto a legislação referente aos resíduos sólidos temos a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n. ° 12.305/2010 e posterior a ela e originária da mesma, há os Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS). Este plano de gerenciamento de resíduos sólidos tem como foco a adequada disposição final dos resíduos em todos os municípios brasileiros, como também a extinção dos lixões.

Segundo o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (2012), quanto às características físicas classifica-se em: seco que são papéis, plásticos, metais, couros tratados, tecidos, vidros, madeiras, guardanapos e toalhas de papel, pontas de cigarro, isopor, lâmpadas, parafina, cerâmicas, porcelanas, espumas, cortiças; e molhado: restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados.

Quanto às características químicas são classificados em orgânico: composto por pó de café e chá, cabelos, restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, ossos, aparas e podas de jardim; e inorgânico: composto por produtos manufaturados como plásticos, vidros, borrachas, tecidos, metais, isopor, lâmpadas, velas.

De acordo com o tipo são classificados em:

- a) *Resíduo Reciclável*: Vidro: potes de alimentos (azeitonas, milho, requeijão, etc.), garrafas, frascos de medicamentos, cacos de vidro; Papel: jornais, revistas, folhetos, caixas de papelão, embalagens de papel; Metal: latas de alumínio, latas de aço, pregos, tampas, tubos de pasta, cobre, alumínio; Plástico: potes de plástico, garrafas PET, sacos plásticos, embalagens e sacolas de supermercado.
- b) *Resíduo Não Reciclável ou Rejeito*: Vidros: vidro de automóveis, vidro de janela, espelhos, cristais, lâmpadas (de todos os tipos), vidro de boxe de banheiro, vidro temperado, ampolas de remédios, cerâmicas, porcelanas e louças, acrílicos, boxes temperados, lentes de óculos e tubo de tv.; Papéis: papel celofane, papel carbono, papel higiênico, guardanapos e papel toalha com restos de alimentos, papel laminado, papel plastificado, fraldas descartáveis, espuma, etiquetas e adesivos fotografias e fita crepe; Metais: latas enferrujadas, cliques e grampos, esponjas de aço, latas de tinta, verniz, inseticida e solvente e aerossóis; Isopor: este material (espécie de plástico) pode ser reciclado. Porém, muitas empresas que trabalham com reciclagem rejeitam o isopor em função do baixo retorno financeiro que representa; Pilhas, lâmpadas fluorescentes e baterias, embora não recicláveis, devem ser coletados separadamente e não descartados com o lixo comum, pois em contato com o meio ambiente podem gerar contaminação do solo e água. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória: os resíduos com logística reversa prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos são os de produtos eletroeletrônicos, as pilhas e baterias, os pneus, as lâmpadas fluorescentes (vapor de sódio, mercúrio e de luz mista), os óleos lubrificantes, seus resíduos e

embalagens e, por fim, os agrotóxicos, também com seus resíduos e embalagens.

Já quanto a classe os resíduos podem ser divididos em três classes: a classe 1 estão os resíduos perigosos, que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigem tratamento e destino correto em função das suas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Na classe 2 se encontram os resíduos não-inertes, incluem-se resíduos que não apresentam periculosidade, mas não são inertes podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. E a classe 3: os resíduos inertes, são os que não são solúveis em água de modo que não a contamina, muitos podem ser recicláveis, muitos não se decompõem quando expostos ao solo. Exemplo: entulhos de demolições, pedras, areias retiradas de escavações.

Segundo o PMGRS/SDS (2012), são cinco os destinos que podem ser dados aos resíduos sólidos que seguem enumerados e descritos abaixo.

- 1) *Reciclagem*: é um processo industrial que converte o resíduo descartado em produto semelhante ao inicial ou outro. Com a reciclagem economiza-se energia, poupam-se recursos naturais e traz de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora. Dentre os benefícios da reciclagem: contribui para diminuir a poluição do solo, da água e ar; melhora a limpeza da cidade e a qualidade de vida da população; prolonga a vida útil de aterros sanitários; melhora a produção de compostos orgânicos; gera empregos para a população não qualificada; gera receita com a

comercialização dos recicláveis; contribui para a limpeza pública e para uma consciência ecológica. A solução para os resíduos sólidos, máxima redução da quantidade na fonte geradora. Deve-se reutilizar, reciclar, o mínimo deve ter o aterro sanitário como destino final.

- 2) *Compostagem*: é uma solução para o resíduo orgânico: a compostagem é um método de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, este é decomposto por microorganismos na presença de oxigênio até o ponto que poderá ser armazenado e manuseado com segurança e aplicado ao meio ambiente. A compostagem é essencial na redução de resíduos domésticos, pode ser feito sem muitos gastos nas próprias casas e produz os compostos húmus, que pode beneficiar o meio ambiente como fertilidade natural em jardins e na agricultura.
- 3) *Lixão*: É o pior destino para os resíduos sólidos orgânicos, depositados em terrenos a céu aberto, sem proteção humana, ao meio ambiente e a saúde pública. Favorece a proliferação de insetos transmissores de doenças, além de poluir o solo e a água através do chorume que é produzido pela decomposição da matéria orgânica. Pela lei deve-se ser extinto os lixões até 2014. Sendo que mesmo após extinguir estes lixões a um longo processo de recuperação da área onde estes estão localizados.
- 4) *Aterro sanitário*: É um método de disposição dos resíduos no solo. O resíduo é colocado em valas forradas com lonas plásticas, compactado várias vezes e recoberto por uma camada de terra para evitar a proliferação de insetos. Os gases e chorume resultantes da decomposição dos resíduos orgânicos são coletados e tratados para não causar mau cheiro e contaminação. O problema é que os aterros têm um determinado tempo de vida útil, a tal ponto que deve ser desativado.

- 5) *Incineração*: A incineração é a queima acima de 900 graus centígrados para tratar resíduos urbanos como hospitalar, alimentos estragados e remédios vencidos. O método reduz a quantidade de resíduo destinado aos aterros e também podem gerar energia elétrica. O processo gera cinzas tóxicas que devem ser depositadas em aterros especiais, pois as cinzas lançam a atmosfera gases poluentes que podem causar doenças como o câncer.

A dengue

A dengue é uma doença que tem como hospedeiro o mosquito *Aedes aegypti*, mosquito considerado urbano que vive em água parada e limpa, onde põe seus ovos. Portanto, encontra no lixo a céu aberto um lugar próprio e ideal para a sua proliferação.

Como podemos notar a introdução no mosquito no Brasil não é recente, pois segundo Silva *et al.* (2003), “em 1976, o *Aedes aegypti* foi introduzido no Brasil devido a sua presença nos países vizinhos”.

Podemos averiguar ainda que segundo Rey (1991 *apud* Silva *et al.*, 2003) que a espécie *Aedes*, insetos florestais de origem africana, foram levadas para a América logo após o descobrimento, adaptando-se como mosquito urbano e doméstico, associado ao habitat humano e acompanha o homem em seus deslocamentos.

Dada a importância da disposição adequada dos resíduos sólidos no meio ambiente e com isto evitar-se a proliferação do mosquito, cita Tauil (1987 *apud* Silva *et al.*, 2003), este inseto põe os ovos em recipientes com água limpa e possui hábitos diurnos. Segundo Silva *et al.* (2003), é sabido que vasilhames vazios, quando receber água da chuva e acumular água limpa é um foco para a criação de insetos, inclusive o mosquito vetor da dengue.

Com relação a preocupação com esta doença no mundo todo Tauil (1987), cita que o potencial de disseminação da dengue como causa de explosivas endemias. As manifestações nos humanos variam desde uma síndrome viral, inespecífica e benigna, até um quadro grave e fatal de doença hemorrágica.

Para Gubler (1997 *apud* Silva *et al.*, 2003), as mudanças demográficas ocorridas nos países subdesenvolvidos consistem em fluxos migratórios para as periferias urbanas, onde não há planejamento urbano para receber tanta quantidade de pessoas. O saneamento básico, principalmente o abastecimento de água e a coleta de lixo também são insuficientes e inadequados nas periferias. Com esta situação este sistema cria potenciais condições para o desenvolvimento do mosquito vetor da dengue.

Nas conclusões da pesquisa de Silva *et al.* (2003), apontam para condições precárias socioambientais, como lixo doméstico nos domicílios e arredores, utilização de água poluída e exposição da população a um meio ambiente degradado. Isto pode desencadear problemas ao ser humano e disseminação de doenças como a dengue, cujo vetor depende de fatores ambientais para sua proliferação.

Em sua tese, Cibotto (2018), afirma que os impactos ambientais causados pelo gerenciamento incorreto de resíduos sólidos oferecem risco a saúde humana. Os resíduos sólidos quando depositados inadequadamente podem poluir o solo, alterando suas características químicas, físicas e biológicas constituindo um problema de ordem estética e uma série ameaça à saúde pública.

Na esfera mundial segundo Cibotto (2018), a dengue só vem crescendo, atingindo entre 50 e 100 milhões de pessoas a cada ano, mantendo-se endêmica em mais de 100 países. O aumento na incidência de dengue está relacionado a à crescente expansão demográfica e a fatores climáticos, como é o caso do aquecimento

global, que influencia na intensidade das chuvas e produz alterações na biodiversidade dos países em desenvolvimento, nas regiões tropicais e subtropicais, facilitando a permanência do seu principal transmissor, o *A. aegypti*.

Cibotto (2018), cita que a transmissão da dengue ocorre pela picada das fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti*, sendo de maior incidência em núcleos urbanos, onde é maior a quantidade de criadouros naturais ou resultantes da ação do ser humano. A incidência dos casos de dengue, coincidem com o verão, devido à maior ocorrência de chuvas e aumento da temperatura nessa estação.

A dengue é uma doença que tem como hospedeiro o mosquito *Aedes aegypti*, mosquito considerado urbano que vive em água parada e limpa, onde põe seus ovos. Silva *et al.* (2003) cita que “em 1976, o *Aedes aegypti* foi introduzido no Brasil devido a sua presença nos países vizinhos”. Rey (1991 *apud* Silva *et al.*, 2003), nos diz que a espécie *Aedes*, insetos florestais de origem africana, foram levadas para a América logo após o descobrimento, adaptando-se como mosquito urbano e doméstico, associado ao habitat humano e acompanha o homem em seus deslocamentos. Tauil (1987 *apud* Silva *et al.*, 2003), este inseto põe os ovos em recipientes com água limpa e possui hábitos diurnos.

Tauil (1987), cita que o potencial de disseminação da dengue como causa de explosivas endemias. As manifestações nos humanos variam desde uma síndrome viral, inespecífica e benigna, até um quadro grave e fatal de doença hemorrágica.

Gubler (1997 *apud* Silva *et al.*, 2003), considera que as mudanças demográficas ocorridas nos países subdesenvolvidos consistem em fluxos migratórios para as periferias urbanas, onde não há planejamento urbano para receber tanta quantidade de pessoas. O saneamento básico, principalmente o abastecimento de água e a coleta de lixo também são insuficientes e inadequados nas periferias.

Com esta situação este sistema cria potenciais condições para o desenvolvimento do mosquito vetor da dengue.

Silva *et al.* (2003), cita em seu trabalho “fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná” que alguns fatores que contribuem para a proliferação do mosquito causador da dengue são: córrego sem mata ciliar em muitos pontos, áreas urbanizadas com favelas e casebres a margem de córrego, bairros com residências com lixo jogado nos fundos dos quintais, quantidade de lixo no fundo de quintais e no córrego. Este acúmulo de lixo nos bairros investigados apontam estes fatores como grandes responsáveis pelo elevado número de doenças infecto-contagiosas.

O estudo demonstrou também que a infestação maior pelo *Aedes Aegypti* ocorre nos meses de janeiro e fevereiro, sendo que, nesse período, ocorreu uma alta pluviosidade. Segundo Silva *et al.* (2003), é sabido que vasilhames vazios, quando receber água da chuva e acumular água limpa é um foco para a criação de insetos, inclusive o mosquito vetor da dengue.

Silva *et al.* (2003), cita concluindo sua pesquisa apontam para condições precárias socioambientais, como lixo doméstico nos domicílios e arredores, utilização de água poluída e exposição da população a um meio ambiente degradado. Isto pode desencadear problemas ao ser humano e disseminação de doenças como a dengue, cujo vetor depende de fatores ambientais para sua proliferação.

Cibotto (2018), em sua tese destaca que os impactos ambientais causados pelo gerenciamento incorreto de resíduos sólidos oferecem risco a saúde humana. Os resíduos sólidos quando depositados inadequadamente podem poluir o solo, alterando suas características químicas, físicas e biológicas constituindo um problema de ordem estética e uma série ameaça à saúde pública.

Cibotto (2018), cita associado ao manejo inadequado e ao mau acondicionamento dos resíduos no solo é o mosquito *Aedes Aegypti*, responsável pela transmissão da dengue, da *Chikungunya* e *Zica* vírus.

Barreto e Teixeira (2008 *apud* CIBOTTO, 2018), cita que:

A dengue é uma arbovirose que tem como vetores os mosquitos do gênero *Aedes*. O seu agente é constituído por quatro sorotipos do vírus dengue (DENV), designados: Dengue-1 (DENV-1), Dengue-2 (DENV-2), Dengue-3 (DENV-3) e Dengue-4 (DENV-4), pertencentes à família *Flaviviridae* (LIMA *et al.*, 2013). As primeiras notificações de dengue ocorreram em 1779 e 1780 na Ásia, África e América do Norte. Entre o final do século XVIII até as duas primeiras décadas do século XX, ocorreram oito pandemias e surtos isolados de dengue, que duraram em média de três a sete anos, atingindo várias partes do mundo: Américas, África, Ásia, Europa e Austrália (BARRETO; TEIXEIRA, 2008 *apud* CIBOTTO, 2018).

Cibotto (2018), nos diz que em esfera mundial, a dengue só vem crescendo, atingindo entre 50 e 100 milhões de pessoas a cada ano, mantendo-se endêmica em mais de 100 países. O aumento na incidência de dengue está relacionado a à crescente expansão demográfica e a fatores climáticos, como é o caso do aquecimento global, que influencia na intensidade das chuvas e produz alterações na biodiversidade dos países em desenvolvimento, nas regiões tropicais e subtropicais, facilitando a permanência do seu principal transmissor, o *A. aegypti*.

Para Cibotto (2018), a combinação de outros fatores estruturais favorece a expansão e a circulação do vírus e seus vetores,

como é o caso de infraestrutura básica urbana inadequada (habitação deficiente, reservatórios de água inadequados, tratamento inadequado de resíduos sólidos etc.), grande produção de objetos e vasilhames descartáveis e a rápida mobilidade de grupos populacionais.

Cibotto (2018), cita “a dengue é a arbovirose mais preocupante no mundo em termos de doença viral transmitida por vetor, isso porque, apresenta altas taxas de morbidade e mortalidade. Essa doença é causada por um vírus do gênero Flavivirus, sendo que a infecção pode ser feita por quatro sorotipos”. Cita Singhi, Kissoon e Arun Bansas (2007 *apud* CIBOTTO, 2018):

Quando uma pessoa contrai um tipo de vírus da dengue cria imunidade a esse, porém pode ser infectado pelos outros tipos. Os quatro sorotipos existentes da doença podem causar tanto a manifestação clássica da dengue quanto a hemorrágica. As infecções por vírus da dengue podem ser assintomáticas ou apresentar manifestações clínicas, sendo classificadas em quatro tipos de manifestações:

- a) Infecção Inaparente: é quando a pessoa está infectada pelo vírus da dengue, mas não apresenta nenhum dos sintomas da doença. Acredita-se que de cada dez pessoas infectadas, apenas uma ou duas apresentam os sintomas.
- b) Dengue Clássica: é a forma mais leve da doença, sendo semelhante a uma gripe e geralmente dura de 5 a 7 dias. A pessoa infectada tem febre alta (39° a 40°C), dores de cabeça, cansaço, dor muscular e nas articulações, indisposição, enjoos, vômitos, manchas vermelhas na pele, dor abdominal (principalmente em crianças), podendo, ainda,

apresentar outros sintomas mais generalizados.

- c) Dengue Hemorrágica: é uma doença grave e se caracteriza por alteração da coagulação sanguínea da pessoa infectada. Inicialmente, é semelhante à dengue clássica, porém, após o terceiro ou quarto dia de ovulação da doença, surgem hemorragias em virtude do sangramento de pequenos vasos na pele e nos órgãos internos. Nos casos de dengue hemorrágica, se o paciente não for tratado com rapidez, pode levar a morte.
- d) Síndrome de Choque da Dengue: é a manifestação mais séria da doença, caracterizando-se por uma grande queda ou ausência de pressão arterial. A pessoa com esse tipo de dengue apresenta um pulso quase imperceptível, inquietação, palidez e perda de consciência (SINGHL, KISSOON; BANSAL, 2007 *apud* CIBOTTO, 2018).

Cibotto (2018), cita que a transmissão da dengue ocorre pela picada das fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti*, sendo de maior incidência em núcleos urbanos, onde é maior a quantidade de criadouros naturais ou resultantes da ação do ser humano. A incidência dos casos de dengue, coincidem com o verão, devido à maior ocorrência de chuvas e aumento da temperatura nessa estação.

A situação da dengue no Brasil segundo Cibotto (2018), é que a primeira epidemia ocorreu em 1982 com a introdução dos sorotipos DENV-1 e DENV-4 em Roraima, epidemia esta que foi rapidamente controlada. Em 1986, o Rio de Janeiro, sendo a porta de entrada a cidade de Nova Iguaçu como sorotipo DENV-1 e se espalhou rapidamente para as cidades vizinhas. A alta densidade demográfica facilitou a propagação do vírus que se espalhou para os

estados do Nordeste, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, e após para os outros estados.

Nos anos 1986-1988, permaneceram no Brasil a circulação do sorotipo DENV-1 e registradas epidemias de dengue clássica. Entre os anos 1990-2000 foram registradas várias epidemias, principalmente em grandes centros urbanos das regiões Nordeste e Sudeste do país, estando presente o sorotipo DENV-1 e introduzido o DENV-2, este último trouxe os primeiros registros da dengue hemorrágica no país entre os anos 1991-2002. A partir do ano de 2000 segundo Cibotto (2018), foi identificada circulação do sorotipo DENV-3, primeiramente do Rio de Janeiro e em seguida em Roraima.

ANÁLISE E DISCUSSÕES

Após a Segunda Guerra Mundial, o mundo iniciou um ciclo de crescimento desenfreado de produção e de consumo, que se estende até hoje causando a maior tragédia já ocorrida em toda a história da humanidade, colocando em risco a sobrevivência do planeta terra.

A ânsia de crescimento pelo consumo está nos colocando a mercê de catástrofes como fome, o desemprego, escassez de água, crise energética, proliferação de doenças, grande quantidade produzida de resíduos, dentre outros com previsões de esgotamento total dos recursos naturais existentes devido ao desequilíbrio ambiental causado pelo envenenamento que continua ocorrendo no planeta.

Muitos desses problemas já começaram a aparecer e representam uma preocupação, tem sido razão para vários encontros,

acordos internacionais. Com isto inicia-se uma legislação no Brasil que trate em específico a questão dos resíduos sólidos.

A Lei Federal nº 12.305/2010, posterior a ela e originária da mesma, há os Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS), onde em prazo estabelecido pela legislação os municípios do Brasil deveriam formular e aprovar junto aos municípios com participação do poder público e da sociedade em geral. Além da importância deste plano de gestão de resíduos estar no papel, o primordial é que este seja aplicado em benefício do meio ambiente e das pessoas.

A disposição inadequada de resíduos sólidos além de muitos problemas ambientais como contaminação da água, do solo, do ar, ou seja, de todo o ecossistema tem como fator a proliferação de doenças como é o caso da dengue. O mosquito *Aedes aegypti*, vetor da dengue vê na acumulação de água em recipientes jogados inadequadamente no ambiente como estratégia primordial para sua proliferação e disseminação.

Em suas atividades diárias, muitos municípios do país enfrentam uma série de condições que impedem uma gestão de resíduos sólidos eficientes do ponto de vista operacional e financeiro, ou seja, uma gestão que minimize seu impacto sobre o meio ambiente e a saúde humana da população.

Com o crescimento das cidades, e o alto consumo de bens industrializados, o aumento do resíduo tem crescido assustadoramente e tornou-se um problema grave da sociedade atual. Isso é agravado pela escassez de áreas para o destino final do resíduo e a preocupação com o fim ou escassez dos recursos extraídos da natureza.

Os resíduos depositados no ambiente aumentam a poluição do solo, das águas, do ar e agrava as condições de saúde da população em geral. Uma das soluções a fim de diminuir a

quantidade de resíduo seria diminuir ao máximo o seu volume e o consumo de produtos descartáveis, reutilizar e reciclar.

Portanto este tema justifica-se através da importância deste tema resíduos sólidos para o meio ambiente e para a sociedade, assunto primordial para alcançarmos um desenvolvimento sustentável e evitar assim epidemias como a da dengue, por exemplo. Uma disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos evita a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* e existe uma relação com a causa de doenças como a dengue, o *zika* vírus, a febre amarela e a chikungunya.

A dengue é uma doença que tem como hospedeiro o mosquito *Aedes aegypti*, mosquito considerado urbano que vive em água parada e limpa, onde põe seus ovos. Portanto, encontra no lixo a céu aberto um lugar próprio e ideal para a sua proliferação. É de fundamental importância a conscientização sobre a importância do descarte correto dos resíduos sólidos a fim de evitar a proliferação de mosquitos vetores de doenças, como é o caso da dengue. Levou-se em conta a importância da educação ambiental para esta temática.

Na revisão da literatura do tema da pesquisa, citando autores e a legislação vigente principalmente com relação aos resíduos sólidos e seu adequado destino ambientalmente adequado, com também quanto aos estudos realizados chegou-se à conclusão que há uma relação importante entre a dengue e a disposição inadequada dos resíduos sólidos pelo homem e como uma importante ação além de políticas públicas voltadas ao saneamento básico está a educação ambiental.

Muito temos para caminhar com relação a problemática da disposição dos resíduos sólidos e do combate a proliferação do vetor da dengue. Acredita-se que a educação ambiental é um norte que faz com que possamos ter esperança de um futuro melhor, mesmo com tantas incertezas.

É muito relevante este tema para a sociedade e para a educação da região para que se possa levantar soluções para os problemas enfrentados pelos municípios da região com a disposição adequada dos resíduos sólidos, afim de que se diminua a disposição inadequada dos resíduos sólidos e não se permita assim a proliferação do vetor causador da dengue e outras doenças.

A educação ambiental é fundamental, uma educação voltada para a consciência ambiental de toda a população desde as crianças nas escolas. A educação para o meio ambiente é de extrema importância para que se forme um futuro com mais responsabilidade ambiental e social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo e a pesquisa já existentes nos auxiliam com o objetivo do tema da pesquisa a fim de que possamos aprofundar as pesquisas já realizadas por outros autores tendo um tema de importância social e educacional para a sociedade.

Sendo o tema resíduos sólidos e sua relação com a dengue de extrema importância para a sociedade e para a educação da região para que se possa levantar soluções para os problemas enfrentados pelos municípios da região com a disposição adequada dos resíduos sólidos, afim de que se diminua a disposição inadequada dos resíduos sólidos e não se permita assim a proliferação do vetor causador da dengue e outras doenças.

Na revisão da literatura, citando autores e a legislação vigente principalmente com relação aos resíduos sólidos e seu adequado destino ambientalmente adequado, com também quanto aos estudos realizados chegou-se à conclusão que há uma relação importante entre a dengue e a disposição inadequada dos resíduos sólidos pelo

homem e como uma importante ação além de políticas públicas voltadas ao saneamento básico, coleta seletiva está a educação ambiental.

A educação para o meio ambiente, para uma conscientização ambiental para que se forme um futuro com mais responsabilidade ambiental e social. Para estudos futuros sugere-se que sejam levantados dados reais de boletins epidemiológicos de alguns municípios ou do estado, afim de uma melhor interpretação da relação da dengue com a disposição inadequada dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 04/04/2022.

CIBOTTO, B. M. L. **A relação entre o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e a prevalência da dengue, Maceió, 2018** (Dissertação de Mestrado em Tecnologias Limpas). Maringá: UNICESUMAR, 2018.

PREFEITURA DE SÃO DOMINGOS DO SUL. **Lei Municipal n. 1.630, de 16 de fevereiro de 2022**. São Domingos do Sul: Prefeitura Municipal, 2022. Disponível em: <www.leismunicipais.com.br>. Acesso em: 04/03/2022.

SILVAL, N. S.; LIMA, R. R. “Avaliação da Relação Entre a Climatologia, as Condições Sanitárias (Lixo) e a Ocorrência de Arboviroses (Dengue e Chikungunya) em Quixadá-CE no Período Entre 2016 e 2019”. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 35, n. 3, 2020.

CAPÍTULO 2

*Geofísica Aplicada a Investigação
de Contaminação Subterrânea por Resíduos Sólidos*

GEOFÍSICA APLICADA À INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA POR RESÍDUOS SÓLIDOS

Wagner França Aquino

Paulo Sergio Tonello

Os passivos ambientais ocasionados por descartes inapropriados de resíduos sólidos, entre outros tipos de fontes, têm contribuído para gerar as denominadas “áreas contaminadas”, as quais são definidas pelo Decreto do Estado de São Paulo n. 59.263, de 05 de junho de 2013 como:

Area, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (CETESB, 2020).

Apesar das consequências danosas desse tipo de procedimento ao meio ambiente e da evolução técnica atual, descartes clandestinos de resíduos sólidos, sejam estes domiciliares ou industriais, sem o conhecimento dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização e controle ambiental ainda podem ser verificados e que, além dos riscos à população do entorno, demandam elevados recursos a serem despendidos na sua remediação (SALINAS, 2015).

Segundo Gouveia (2012), boa parte dos resíduos domiciliares produzidos não possui destinação sanitária adequada e,

a despeito do progresso nos últimos anos, ainda são despejados na maior parte dos municípios brasileiros em vazadouros a céu aberto, os chamados lixões.

Bem como depositados em aterros controlados onde os resíduos são apenas cobertos por terra e, caso sejam mal operados ou mal controlados, podem comprometer a qualidade do solo, da água subterrânea e do ar por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, assim como pela produção de chorume por decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos domésticos.

Desta forma, a degradação e a contaminação do ambiente subterrâneo decorrente dessas ações nocivas se constituem numa questão de saúde pública, cujas consequências devem ser investigadas com intuito de se avaliar a extensão e os impactos causados ao meio (GIUSTI, 2009).

Para este objetivo, a aplicação de métodos geofísicos vem se desenvolvendo de forma marcante nos últimos anos em função das exigências das instituições de controle ambiental, uma vez que a adoção crescente desse tipo de metodologia não invasiva se justifica pela eficiência e rapidez em diagnosticar a presença de materiais potencialmente contaminantes em subsuperfície.

Portanto, diante da grande variedade de métodos e das diversas aplicações que a Geofísica possui, este artigo visa apresentar as conceituações e quais os métodos geofísicos mais efetivos, em particular do grupo da Geofísica Ambiental, em correspondência com os tipos de resíduos comumente encontrados nas áreas suspeitas ou contaminadas, além de exemplos de situações reais e estudos de caso onde foram realizados levantamentos para avaliação da contaminação subterrânea.

MÉTODOS GEOFÍSICOS

Os métodos geofísicos se constituem em metodologias indiretas de investigação subterrânea, a partir da aquisição de dados instrumentais em superfície, caracterizando-se, portanto, como métodos não invasivos ou não destrutivos, permitindo, assim, avaliar as condições geológicas locais através dos contrastes das diferentes propriedades físicas dos materiais de subsuperfície, por exemplo condutividade ou resistividade elétrica, permissividade dielétrica, magnetismo, densidade etc., e que podem ter como origem as heterogeneidades litológicas e outras alterações naturais ou não (REYNOLDS, 2011).

Conceitualmente, a Geofísica Ambiental se associa à área de aplicação da Geofísica voltada à avaliação dos efeitos danosos causados ao meio físico pela ação de determinados agentes em subsuperfície que têm implicações na gestão ambiental de um local e é elencada como método de *screening* no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001), isto é, métodos preliminares de rastreamento para detectar contaminantes presentes em subsuperfície, podendo ser aplicada nas diferentes etapas de diagnóstico: investigação preliminar, investigação confirmatória, investigação detalhada e remediação.

Portanto, a aplicação dos métodos geofísicos consiste, fundamentalmente, na investigação das condições locais, tanto em relação à determinação da contaminação existente, como dos possíveis processos dinâmicos de migração do contaminante através do meio geológico, contribuindo para um melhor conhecimento dos impactos ambientais causados, além de fornecer informações fundamentais que podem ser úteis na avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos.

Para orientação e definição de critérios de aplicação, foi publicada em 2011 a Norma ABNT nº 15.935 (2011) e que versa sobre a seleção e aplicação ambiental de forma bem abrangente dos métodos geofísicos de superfície e de poço(s) para a caracterização geológica e hidrogeológica do meio físico, detecção e/ou delimitação de contaminantes, detecção de resíduos, de objetos enterrados e de cavas e delimitação de aterros e lixões.

Destaca-se também, como referência aos estudos de contaminação subterrânea, o conteúdo apresentado na norma D 6429-99 de 2006 da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), dos Estados Unidos, que orienta de maneira pormenorizada a seleção e a utilização de métodos geofísicos de superfície aplicados em investigações geológicas, geotécnicas, hidrológicas e ambientais, além do Guia da *Environmental Protection Agency* – EPA (1993) que descreve detalhadamente os métodos geofísicos de aerolevantamentos, de superfície e de poços aplicadas aos locais contaminados.

Além da rapidez na avaliação de grandes áreas com custo relativamente menor que sondagens diretas por exemplo, os levantamentos geofísicos propiciam a execução de perfis contínuos, possibilitando a identificação com maior precisão das variações laterais decorrentes das mudanças litológicas ou originadas pela presença da contaminação subterrânea.

A natureza da contaminação e as características do meio geológico podem determinar o comportamento dos contaminantes em subsuperfície. Neste sentido, a interpretação dos dados geofísicos pode contribuir para na localização de valas contendo resíduos, investigação da contaminação disseminada no solo e nas águas subterrâneas (plumas), detecção de tambores e tanques enterrados, e determinação de vazamentos a partir de tanques ou dutos.

Em relação às medições geofísicas, os desvios significantes do padrão normal das medidas constituem as anomalias e, do ponto de vista ambiental, podem apontar a presença de contaminação em subsuperfície uma vez que suas intensidades possuem uma relação direta com as concentrações dos contaminantes, além de serem úteis na orientação dos trabalhos subsequentes para monitoramento da propagação subterrânea e de recuperação do local afetado (AQUINO, 2000).

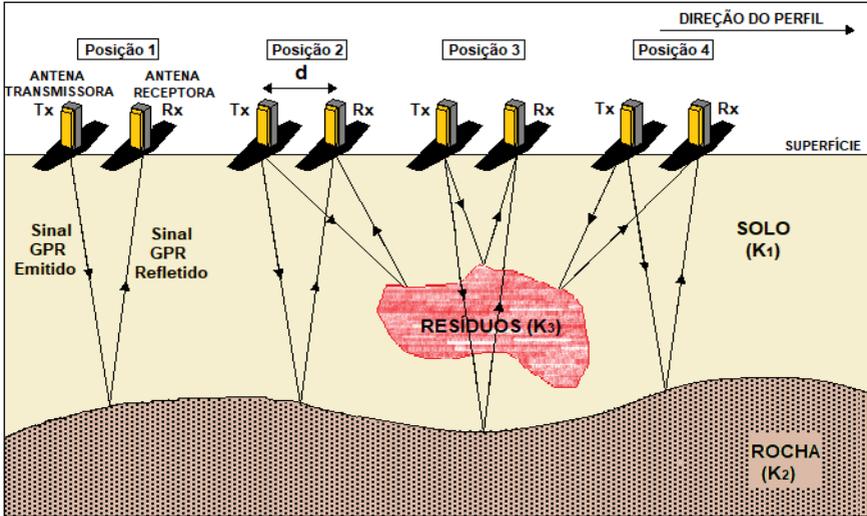
PRINCIPAIS MÉTODOS GEOFÍSICOS NA INVESTIGAÇÃO DE RESÍDUOS

Método Ground Penetrating Radar (GPR)

O GPR (*Ground Penetrating Radar*), ou Geo-radar, é um método geofísico eletromagnético que fornece seções contínuas dos perfis executados, imageando as feições em subsuperfície ao transmitir para o subsolo, através de uma antena, pulsos de ondas de rádio de alta frequência (entre 10 MHz e 2.500 MHz).

Na sequência, quando o sinal transmitido em profundidade atinge corpos ou estratos com diferentes permissividades dielétricas (ϵ) parte da onda reflete nesses objetos ou interfaces, enquanto outra parte se propaga até a próxima descontinuidade (Figura 1).

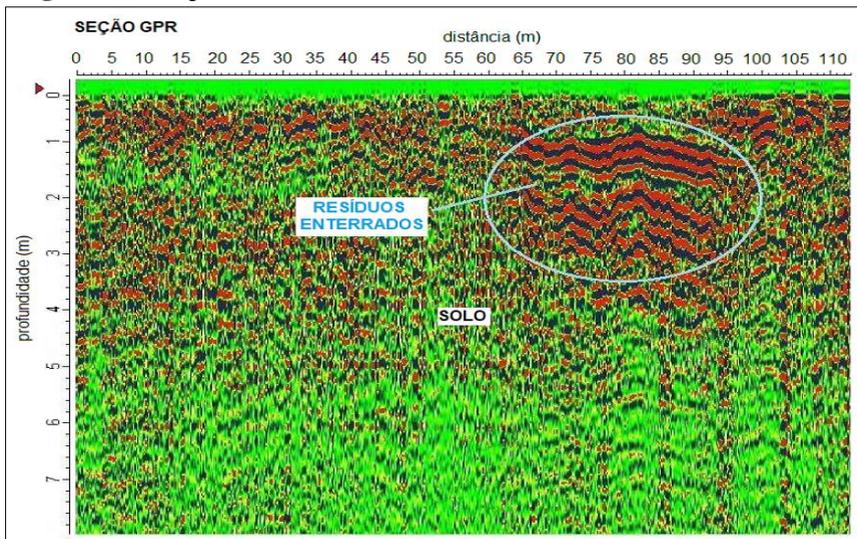
A onda eletromagnética refletida é captada por uma antena receptora, sendo o sinal amplificado, digitalizado e armazenado para posterior processamento.

Figura 1 - Emissão e reflexão do sinal de GPR

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: DAVIS; ANNAN (1989).

O produto final da aquisição de campo é uma seção contínua (distância percorrida x profundidade), formada por uma série de sinais obtidos em cada ponto de amostragem (traços), que representa uma imagem de alta resolução da porção investigada do subsolo (Ex. Figura 2), sendo possível, assim, identificar configurações representativas de feições geológicas, hidrogeológicas e ambientais presentes, e de outras estruturas em subsuperfície (DAVIS; ANNAN, 1989).

O principal fator que afeta o comportamento da onda de GPR no solo é a permissividade dielétrica do meio, que é expressa pelo coeficiente dielétrico “K” (adimensional), sendo a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas através de um determinado meio é dada por: $v = \frac{C}{\sqrt{K}}$ (m/ns), onde C é a velocidade da luz ou de uma onda eletromagnética no vácuo, cujo valor é 3×10^8 m/s.

Figura 2 - Seção GPR indicando cava com resíduos enterrados

Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos valores encontrados nos materiais de subsuperfície, a água apresenta elevado valor de seu coeficiente dielétrico ($K \cong 81$), se comparado com os observados para os grãos minerais ($K \cong 3$ a 5) e que constituem a matriz de uma rocha, assim como a do ar ($K = 1$) que pode preencher os poros desta.

Na Tabela 1, são apresentados os valores dos coeficientes dielétricos de algumas substâncias potencialmente contaminadoras ao solo e à água subterrânea, muitas dessas frequentemente identificadas nos diagnósticos de contaminação por resíduos domésticos ou industriais.

Quadro 1 - Coeficientes dielétricos dos potenciais contaminantes subterrâneos

Substância	K	Substância	K	Substância	K
Querosene	1,8	Tolueno	2,4	Cloreto de metileno	9,1
Hexano	1,9	Xileno	2,4	Fenóis	9,9-15
Ciclohexano	2,0	Naftaleno	2,5	1-Butanol	18,0
Gasolina de aviação	2,1	Policarbonato	2,8	Metil Etil Cetona	18,0
Teflon	2,1	Poliestireno	3,0	1-Propanol	20,0
Hidrocarbonetos	2,2	PVC	3,0	Amônia	21,0
PCB	2,2	Tricloroetileno	3,4	Etanol	24,0
Polipropileno	2,2	Clorobenzeno	5,6	Metanol	33,0
Tetracloroeto de carbono	2,2	Ácido acético	6,1	Acetona	37,0
Benzeno	2,3	Tetrahidrofurano	7,5	Ácido sulfúrico	84,0

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: ANNAN *et al.* (1991); API (1993); DANIELS *et al.* (1995).

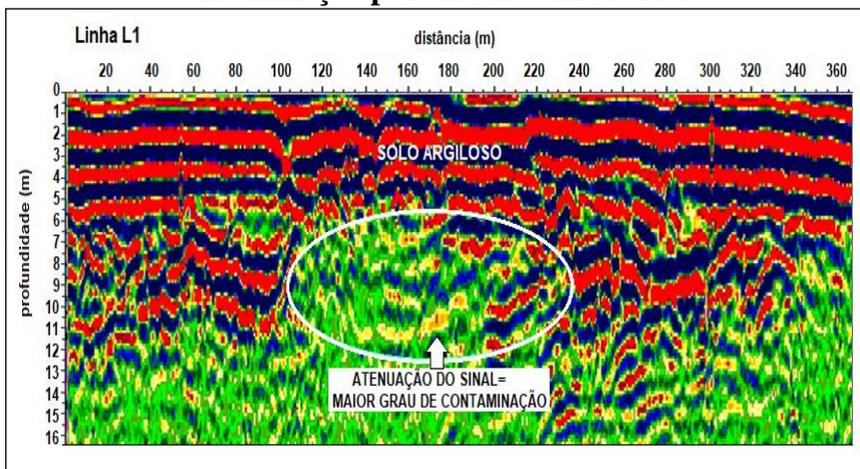
Um parâmetro muito importante relacionado à detecção de contaminação por compostos inorgânicos ou metálicos disseminados no solo que apresentam alta condutividade elétrica, está associada à relação direta com a atenuação da onda eletromagnética em subsuperfície, expressa em decibéis por metro, e dada pela expressão (DAVIS; ANNAN, 1989):

$$\alpha = 1,69\sigma/\sqrt{K} \quad (\text{dB/m})$$

Onde K é o coeficiente dielétrico e σ é a condutividade elétrica do meio geológico, expresso em mS/m. Assim, em seções de GPR obtidas em áreas contaminadas pela lixiviação de resíduos ou por infiltração de efluentes inorgânicos, o fenômeno da atenuação é

detectado como sendo uma zona de ausência ou diminuição da amplitude (intensidade) do sinal, denominada de “zona de sombra” e, conseqüentemente, pode ser correlacionada à presença de maiores concentrações de substâncias eletricamente mais condutivas disseminadas no meio, como pode ser visto no exemplo da Figura 3 (AQUINO, 2000).

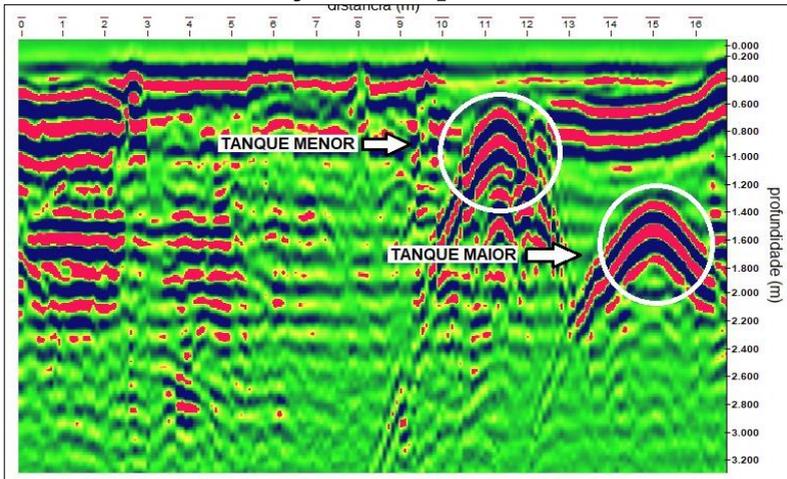
Figura 3 - Seção GPR com contaminação por efluentes industriais



Fonte: AQUINO (2000).

Referente aos objetivos voltados à detecção de tanques subterrâneos de armazenamento ou tambores enterrados com resíduos, estes corpos, quando seccionados transversalmente por um perfil GPR, geram na seção obtida configurações geométricas denominadas hipérboles de difração, cujos exemplos podem ser vistos na Figura 4.

**Figura 4 - Seção de GPR
com localização de tanques subterrâneos**



Fonte: AQUINO (2000).

Método eletromagnético indutivo (método FDEM)

Os métodos eletromagnéticos indutivos no domínio da frequência (FDEM) estão baseados em medições de campos eletromagnéticos associados às correntes alternadas induzidas em subsuperfície a partir de um campo primário (H_p) que é produzido em uma bobina transmissora colocada sobre o terreno (Figura 5) e se propaga abaixo da superfície em corpos subterrâneos condutores de acordo com as leis da indução eletromagnética, gerando, por sua vez um campo secundário (H_s), que é captado na bobina receptora, onde diferirá do campo primário em intensidade, fase e direção (REYNOLDS, 2011).

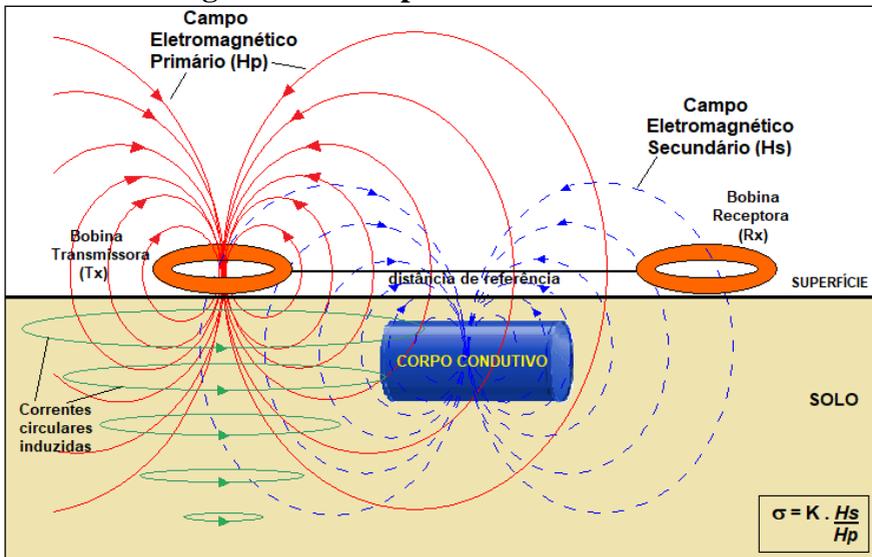
Neste método geofísico, a propriedade física envolvida é a condutividade elétrica do meio e esta é proporcional à relação entre

o campo primário emitido e o campo secundário captado (MCNEILL, 1980), sendo dada por:

$$\sigma_a = \frac{4}{2\pi \cdot f \cdot \mu_o s^2} \frac{(Hs)}{(Hp)} \quad (\text{mS/m})$$

Onde f é a frequência fornecida pelo equipamento (Hz), μ_o é a permeabilidade magnética do vácuo ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m), e s é a distância (m) entre as bobinas transmissora e receptora, sendo que a unidade de medida é miliSiemen por metro.

Figura 5 - Princípio do Método FDEM



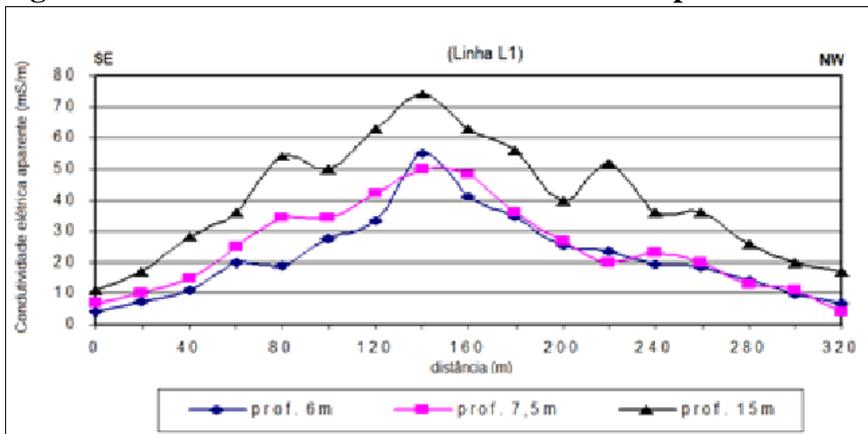
Fonte: Elaboração própria. Baseada em: MCNEILL (1980).

A maioria dos instrumentos eletromagnéticos de medição utilizam as frequências na banda de 800 a 7000Hz, onde o valor obtido de condutividade elétrica nas leituras é uma medida integrada da condutividade de cada parcela do solo, a partir da superfície até a profundidade de investigação atingida pelo método, daí ser representada como condutividade elétrica aparente (σ), e nos equipamentos comumente mais utilizados (condutímetro de solo) pode ser lida diretamente em unidades de mS/m.

De modo geral, a profundidade de investigação no método FDEM depende da frequência de operação do equipamento e da distância de separação entre as bobinas indutora e receptora. Porém, outro fator determinante na profundidade atingida é o posicionamento das bobinas transmissora e receptora e que se refere à disposição de seus eixos de indução magnética (AQUINO, 2000).

A técnica de campo utilizada nas medições é o Caminhamento Eletromagnético que se constitui no deslocamento conjunto da bobina emissora e receptora sobre o terreno, mantendo-se fixa a separação das mesmas e a posição dos eixos dipolos, e executando-se medições sucessivas ao longo de perfis estabelecidos, em intervalos constantes de distância.

Deste modo, alterando-se as configurações do condutímetro de solo relacionadas às distâncias entre as bobinas, a posição das mesmas em relação ao terreno (alteração do eixo dipolo indutor), a frequência de operação, ou até mesmo pelo uso de dois instrumentos distintos, é possível se adquirir dados num mesmo perfil em profundidades diferentes, como pode ser visto no exemplo da Figura 6.

Figura 6 - Condutividade Elétrica em diferentes profundidades

Fonte: AQUINO (2000).

Através do emprego do método FDEM é possível se investigar a presença os contaminantes inorgânicos ou metálicos, muitas vezes oriundos de resíduos sólidos ou efluentes industriais, uma vez que esses compostos em contato com o solo ou com a água subterrânea produzem um aumento na concentração de íons livres, aumentando, assim, a condutividade elétrica do meio, permitindo suas detecções (AQUINO, 2000).

Método de eletrorresistividade (ER)

O método geofísico de Eletrorresistividade (convencional ou galvânico) procura avaliar de forma indireta as resistividades elétricas dos materiais geológicos, baseando-se no fato que solos e rochas possuem poros e/ou fissuras em proporção maior ou menor, que podem estar ocupados total ou parcialmente por eletrólitos, do que resulta se comportarem como condutores iônicos, de

resistividade elétrica (ou sua inversa condutividade) muito variável conforme o caso (Quadro 2), refletindo os diferentes graus de saturação existentes em função de suas porosidades e/ou permeabilidades (LOKE, 2004).

Desta forma, é possível se obter os valores de resistividade elétrica das estruturas geológicas de subsuperfície (em unidades de ohm.m), bem como estimar a litologia, a profundidade e a espessura das camadas, além de definir as conformações dos corpos geológicos ou das feições ambientais.

Quadro 2 - Resistividades e condutividades elétricas de diferentes materiais

Material	Resistividade Elétrica (ohm.m)	Condutividade Elétrica (siemens/m)
Metais e Compostos Inorgânicos	--	--
Ferro	$9,074 \times 10^{-8}$	$1,102 \times 10^7$
<u>Chumbo</u>	$2,2 \times 10^{-7}$	$4,54 \times 10^6$
<u>Alumínio</u>	$2,92 \times 10^{-8}$	$3,42 \times 10^7$
<u>Cobre</u>	$1,72 \times 10^{-8}$	$5,81 \times 10^7$
<u>Níquel</u>	$6,99 \times 10^{-8}$	$1,43 \times 10^7$
Cromo	$1,27 \times 10^{-7}$	$7,87 \times 10^6$
Manganês	$1,6 \times 10^{-3}$	625
Arsênio	$3,0 \times 10^{-7}$	$3,33 \times 10^6$
<u>Mercúrio</u>	$9,6 \times 10^{-7}$	$1,04 \times 10^6$
Cádmio	$6,8 \times 10^{-8}$	$1,47 \times 10^7$
Zinco	$5,9 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^7$
Cloreto de Potássio (0,01 M)	0,708	1,413
Cloreto de Sódio (0,01 M)	0,843	1,185
Ácido Acético (0,01 M)	6,13	0,163

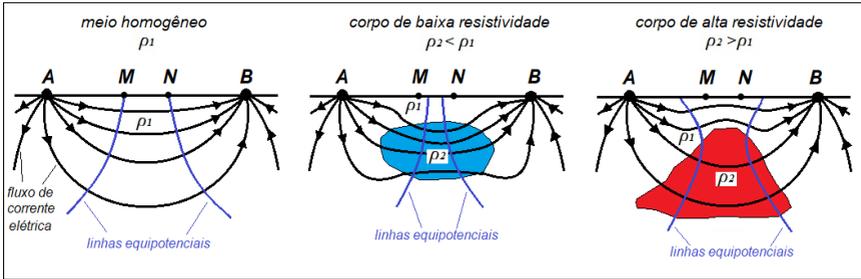
Compostos Orgânicos		
Gasolina (sem etanol)	$1,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{-14}$
Xileno	$6,99 \times 10^{16}$	$1,43 \times 10^{-17}$
Tolueno	$2,0 \times 10^{11}$	$5,0 \times 10^{-12}$
Benzeno	$9,09 \times 10^3$	$1,1 \times 10^{-4}$
Hexano	$4,17 \times 10^{10}$	$2,4 \times 10^{-11}$
Diesel	$4,0 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{-8}$
Naftaleno	$1,0 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{-17}$
Antraceno	$1,3 \times 10^{12}$	$7,69 \times 10^{-13}$
Pireno	$5,0 \times 10^{15}$	$2,0 \times 10^{-16}$
Criseno	$4,0 \times 10^{17}$	$2,5 \times 10^{-18}$
Etanol	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^{-5}$
Metanol	$2,63 \times 10^3$	$3,8 \times 10^{-4}$
Óleo cru	$1,76 \times 10^7$	$5,6 \times 10^{-8}$
Querosene	$5,88 \times 10^5$	$1,7 \times 10^{-6}$
Diclorometano	$9,09 \times 10^2$	$1,1 \times 10^{-3}$
Acetona	$5,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^{-6}$

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: INOKUCHI; AKAMATU (1961); BORNER *et al.* (1993); LOKE (2004).

O equipamento utilizado para a obtenção dos dados é denominado resistímetro (ou tomógrafo elétrico) e injeta uma corrente elétrica no solo por meio de um par de eletrodos gerando padrões de fluxo subsuperficial que refletem a resistividade dos materiais em profundidade (Figura 7).

Assim, esses padrões de corrente podem ser mapeados na superfície através de outro par de eletrodos que mede as variações de tensão elétrica, cujas oscilações representam a energia que deve ser despendida para a passagem da corrente através do meio geológico (IAKUBOVSKII; LIAJOV, 1980).

Figura 7 - Corrente elétrica em meios de resistividades diferentes



Fonte: Elaboração própria. Baseada em: IAKUBOVSKII; LIAJOV (1980).

Na Figura 7, quando a corrente elétrica atravessa um corpo de baixa resistividade elétrica (A) ou de alta resistividade (B), respectivamente, o potencial elétrico diminui ou aumenta (linhas pontilhadas perpendiculares), sendo que o comportamento dos menores valores de resistividade elétrica (A) permite em estudos ambientais, por exemplo, a detecção da presença de contaminação inorgânica subterrânea.

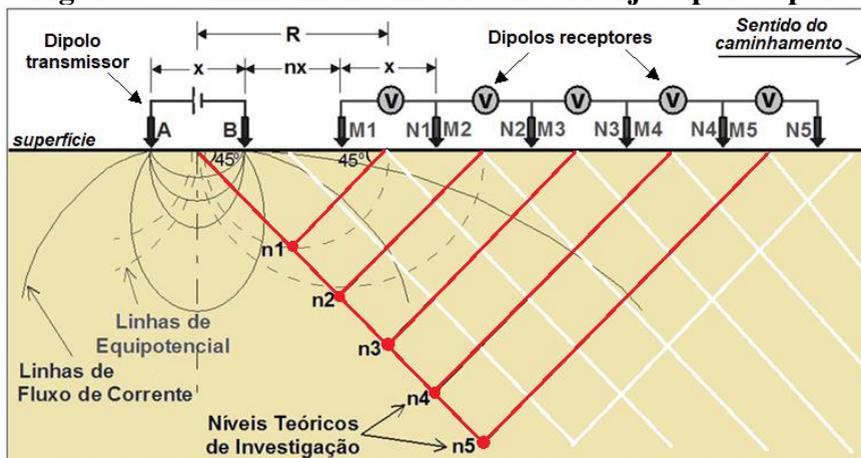
Como a corrente elétrica atravessa camadas mais superficiais até atingir a profundidade de interesse, o valor de resistividade elétrica obtido é denominado resistividade aparente (ρ_a) e é calculado pela fórmula derivada da Lei de Ohm:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \text{ (ohm.m),}$$

Onde I é o valor da corrente injetada, ΔV é a tensão (ddp) obtida no milivoltímetro e K é o fator geométrico de distância entre os eletrodos de corrente e potencial.

Na investigação de cavas com resíduos ou de sua contaminação disseminada na água subterrânea, a principal técnica é o Caminhamento Elétrico (CE), ou Tomografia Elétrica (TE), e sua execução consiste em se efetuar uma série de medidas ao longo de um perfil e se baseia na modificação da disposição espacial dos eletrodos de corrente elétrica e potencial, proporcionando uma investigação das variações laterais da resistividade elétrica em diferentes níveis de profundidade, com o arranjo de campo dipolo-dipolo (Figura 8) o mais utilizado nas investigações ambientais (REYNOLDS, 2011) e onde os eletrodos de corrente A e B possuem o mesmo espaçamento dos eletrodos de potencial M e N ($X=AB=MN$).

Figura 8 - Caminhamento Elétrico no arranjo dipolo-dipolo



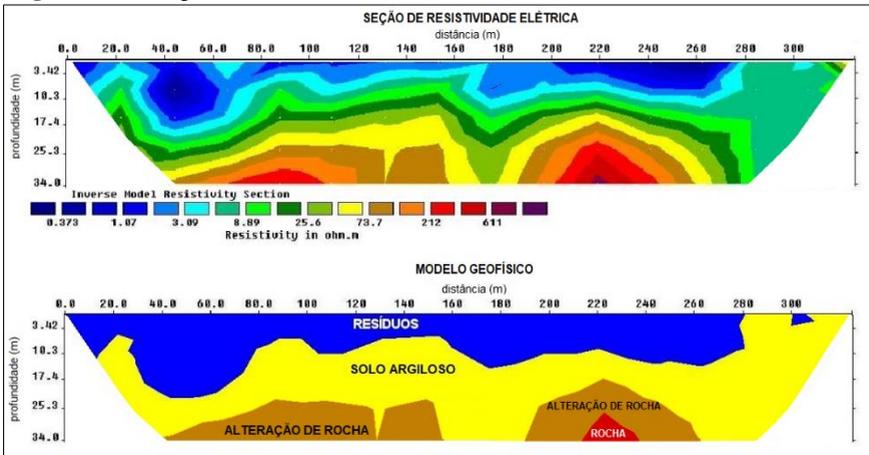
Fonte: REYNOLDS (2011).

No arranjo dipolo-dipolo, o fator geométrico de correção de distâncias entre eletrodos K é expresso por $K = 2\pi G \cdot x$, onde x é a abertura entre os eletrodos e G é uma grandeza associada ao nível de

investigação (n) correspondente. Como resultado desse rastreamento lateral em diferentes profundidades e a aplicação de processamento de dados, são geradas seções de corte de subsuperfície.

Onde são apresentados os valores plotados e interpolados das resistividades elétricas medidas, tanto na sua magnitude, como na sua posição espacial (horizontal e em profundidade), possibilitando, a partir dessas, a elaboração de modelos geofísicos (Figura 9).

Figura 9 - Seção de resistividade elétrica sobre cava de resíduos



Fonte: Elaboração própria.

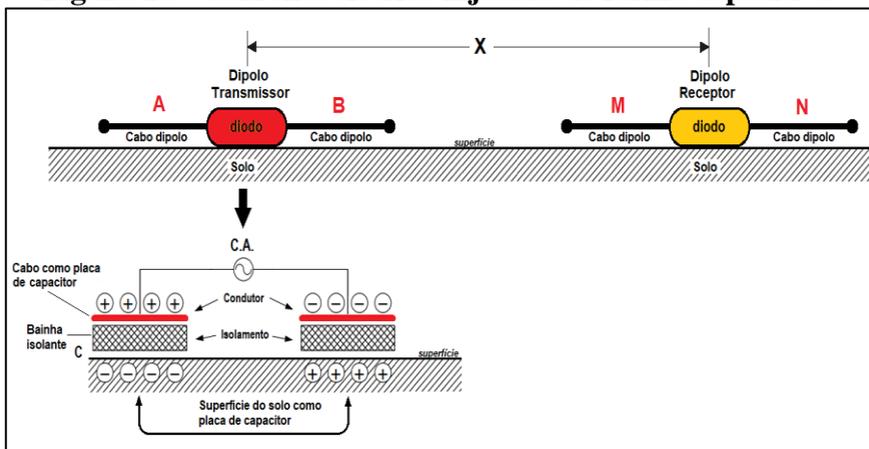
As variações obtidas de resistividade elétrica numa determinada seção são representadas através de uma escala cromática, individual para cada seção, e podem apresentar valores próximos de zero até milhares de unidades de ohm.m, e que refletem o comportamento dos prováveis tipos de materiais ou compostos existentes na subsuperfície.

Método de resistividade capacitiva (RC)

Segundo KURAS (2002), o método de Resistividade Capacitiva possui os princípios físicos e aquisição de dados similares aos arranjo dipolo-dipolo da Eletrorresistividade (convencional), porém com diferencial nas características da fonte de emissão de sinal de corrente elétrica para subsuperfície e na forma de recepção da tensão (ddp) sobre o terreno.

Quanto à emissão de sinal elétrico para o interior do terreno, o sistema de acoplamento capacitivo provoca a passagem de corrente alternada através de um cabo coaxial que age como uma placa capacitadora enquanto a superfície do solo age como a outra placa capacitadora (YAMASHITA *et al.*, 2004), cujo acoplamento capacitivo de cabo-terra é caracterizado por uma capacitância elétrica variável, dependendo das condições de resistência do terreno (Figura 10).

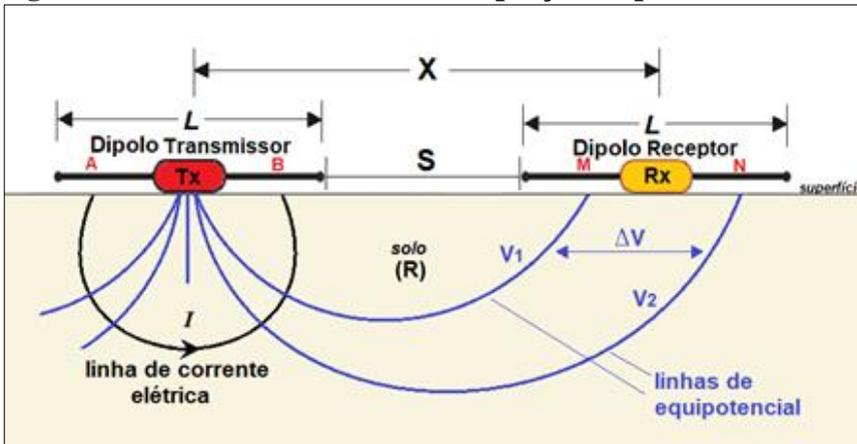
Figura 10 - Corrente elétrica injetada de forma capacitiva



Fonte: YAMASHITA *et al.* (2004).

Durante o funcionamento do equipamento, é transmitida uma corrente alternada (CA), numa frequência de sinal igual a 16,5 kHz, e que passa pelo cabo capacitor (transmissor) para o solo, carregando-o eletricamente por indução e não por contato, com tensão medida nos receptores graças a um algoritmo que permite ao sistema sincronizar em torno da frequência do sinal transmitido (KURAS, 2002). Após a injeção de corrente de forma capacitiva (Figura 11), o nível de tensão recebido (voltagem) é convertido num sinal digital no receptor e transferido para o registrador de dados do equipamento para armazenamento e conversão posterior em valores de resistividade elétrica.

Figura 11 - Emissão de corrente e captação de potencial elétrico



Fonte: Elaboração própria.

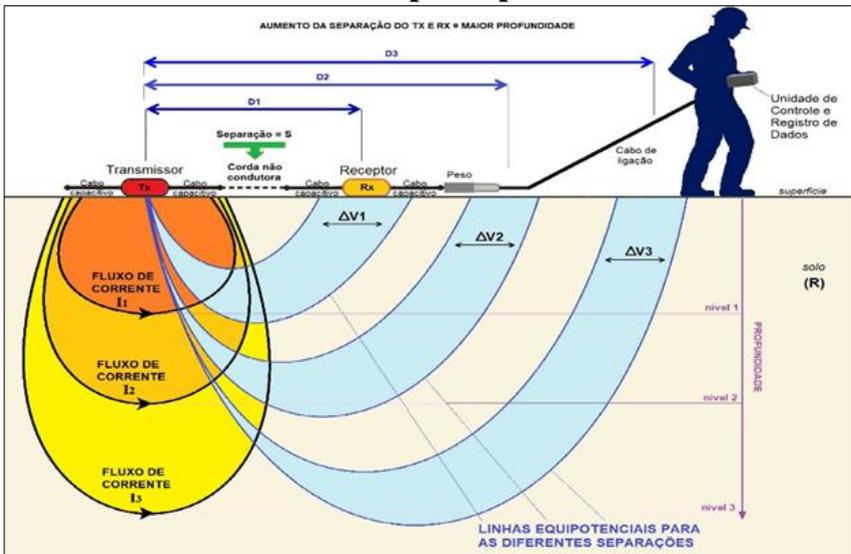
A partir disso, conforme Kuras (2002), o valor obtido de resistividade elétrica (em unidades de ohm.m) é calculado pela Lei de Ohm de forma similar ao método de Eletroresistividade

convencional (galvânica) através da fórmula $\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$, sendo que neste caso, o cálculo do fator geométrico K do arranjo dipolo-dipolo capacitivo é mais complexo e é dado por:

$$K = \frac{\pi L}{\ln \left[\left(\frac{b^2}{b^2-1} \right)^{2b} \left(\frac{b^2+2b}{(b+1)^2} \right)^{b+2} \left(\frac{b^2-2b}{(b-1)^2} \right)^{b-2} \right]}$$

Onde, o parâmetro b é igual $2X/L$, sendo X a separação entre os centros dos dipolos capacitivos e L é o comprimento desses, conforme visto na Figura 4.

Figura 12 - Separações do transmissor e receptor e profundidades

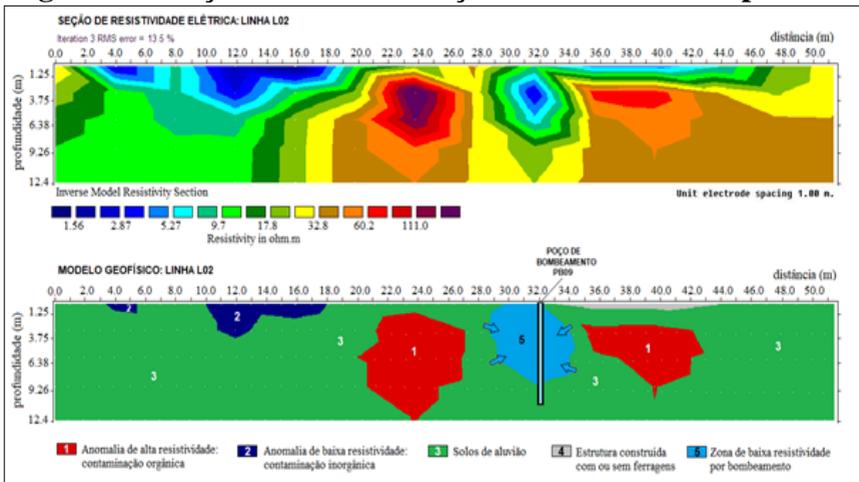


Fonte: Elaboração própria.

Na aquisição de dados, é utilizado um resistímetro capacitivo que necessita de separações sucessivamente maiores entre o transmissor e o receptor para possibilitar amostragens de porções geológicas gradativamente mais profundas que permitam a interpolação posterior de dados e elaboração de uma seção completa de resistividade elétrica, como pode ser observado no diagrama da Figura 12.

Durante a realização do levantamento de campo, as leituras de corrente injetada no solo, de potencial elétrico medido e dos parâmetros geométricos do perfil executado são armazenadas automaticamente no equipamento utilizado e numa segunda etapa, todos os dados brutos dos perfis elétricos de profundidades distintas são convertidos em dados interpolados de resistividade aparente gerando as denominadas pseudo-seções, as quais, através de processos de inversão, originam, posteriormente, as seções finais modeladas que serão interpretadas (Figura 13).

Figura 13 - Seção modelada e feições ambientais interpretadas

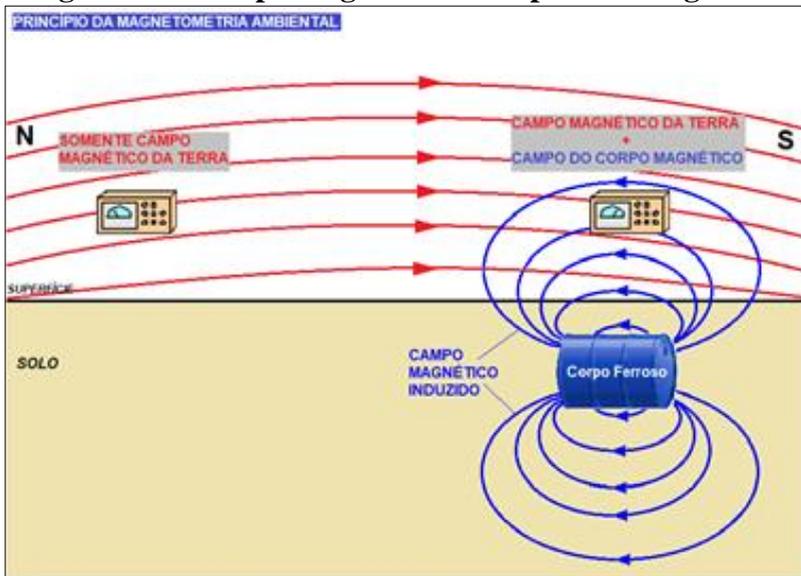


Fonte: Elaboração própria.

Método magnético ou magnetometria

O Método Magnético, ou Magnetometria, é mais frequentemente utilizado na prospecção mineral e quando aplicado nas investigações de áreas contaminadas tem por objetivo principal a localização de objetos ou resíduos magnéticos presentes em subsuperfície. Assim, de acordo Reynolds (2011), numa investigação ambiental, o objetivo do levantamento magnetométrico é medir altos e baixos anômalos (anomalias induzidas) que tambores, tanques ou resíduos metálicos ferrosos enterrados possam gerar no campo geomagnético natural (Figura 14), cuja unidade de medida é nanoTesla (nT).

Figura 14 - Campo magnético de corpo ferromagnético



Fonte: CETESB (2001).

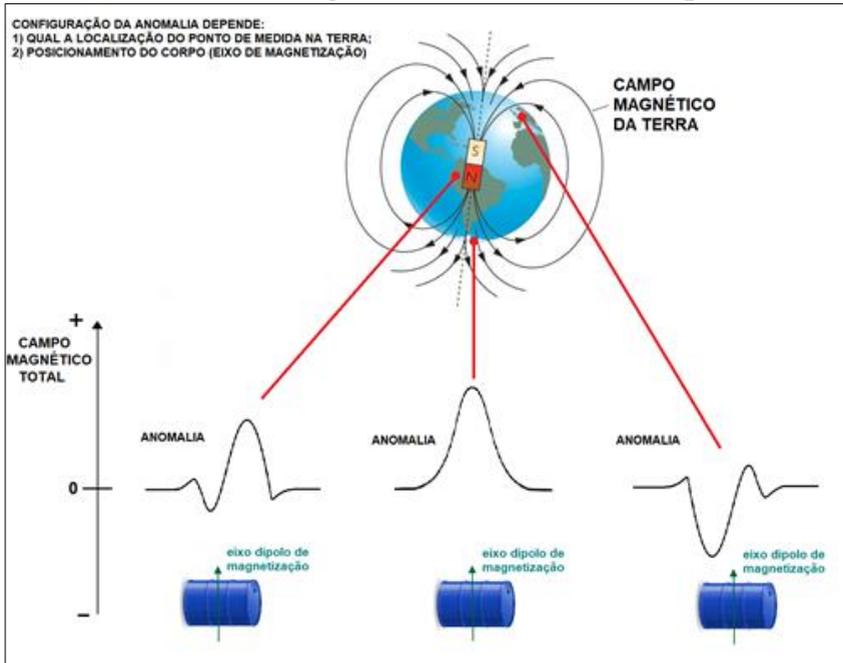
A propriedade física envolvida no Método Magnético é a suscetibilidade magnética que é uma medida da capacidade de um material ser magnetizado, sendo que em áreas de disposição de rejeitos, o ferro e o aço são as principais fontes de anomalias magnéticas por possuírem alta suscetibilidade magnética, portanto, classificados como materiais ferromagnéticos, os quais contrastam fortemente com os materiais geológicos encaixantes, por exemplo, solos ou sedimentos não consolidados e que são não magnéticos (REYNOLDS, 2011).

Neste contexto, o Método Magnético é classificado como sendo um método geofísico passivo, pois não necessita de uma fonte artificial de sinal, diferentemente dos métodos ativos apresentados anteriormente, uma vez que a alta suscetibilidade magnética dos materiais ferromagnéticos, por ser uma propriedade natural intrínseca, gera por si só um magnetismo anômalo no local onde se encontram.

As medições das variações do campo geomagnético num determinado local são realizadas por instrumentos denominados magnetômetros, que são de vários tipos e podem executar diferentes leituras, sendo que para medir a intensidade do campo total (parâmetro ambiental de interesse) são utilizados os modelos de precessão de prótons e o Overhauser.

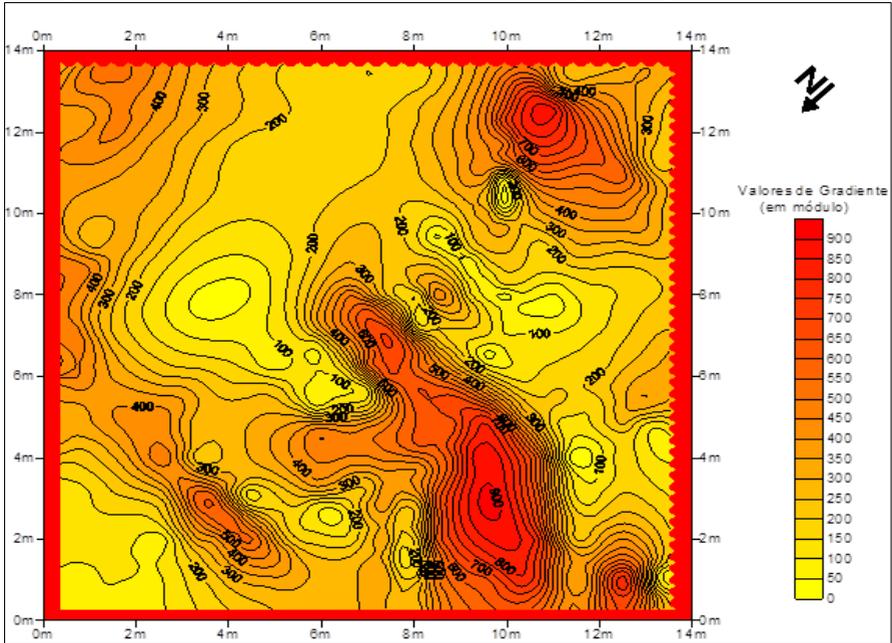
Quanto à forma da anomalia magnética de um objeto metálico enterrado, esta quase sempre será dipolar, ou seja, possuirá uma parte positiva e uma negativa do sinal, porém dependerá também do local na Terra onde está sendo executado o levantamento, isto porque o campo geomagnético varia em intensidade, direção e sentido e influencia, portanto, a configuração final da anomalia observada (Figura 15).

Figura 15 - Diferentes anomalias magnéticas de um mesmo corpo



Fonte: Elaboração própria.

Na execução dos levantamentos magnetométricos, são realizados perfis com leituras do campo magnético em intervalos de distâncias fixas (estações de medidas) ou de forma contínua. Posteriormente, os dados armazenados na memória do magnetômetro são corrigidos e tratados e podem ser apresentados sob a forma de gráficos individuais das linhas executadas ou interpolados para serem apresentados como mapas de anomalias magnéticas para avaliação dos resultados (Figura 16).

Figura 16 - Mapa de anomalias do Campo Magnético Total

Fonte: Elaboração própria.

Seleção do método geofísico

É fundamental associar o tipo de contaminante aos melhores métodos geofísicos a serem utilizados, uma vez que para a investigação ambiental de um determinado meio é necessário que haja correspondência entre a propriedade física da fonte de contaminação com a adequada metodologia a ser aplicada e, que, se refere, assim, a utilização de um método geofísico específico e que também possua a capacidade de detecção de variações em suas medições.

Quadro 3 – Tipos de resíduos e seus contaminantes e métodos geofísicos aplicáveis

<i>Tipo de contaminante, propriedades físicas e fontes de contaminação</i>	<i>Métodos geofísicos aplicáveis</i>
<p>Resíduos ou objetos metálicos: - Alta suscetibilidade magnética e alta condutividade elétrica. Exemplos: tambores ou tanques metálicos, areia de fundição.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • Magnético; • Resistividade Capacitiva; • GPR.
<p>Resíduos inorgânicos: - Alta condutividade elétrica, ou baixa resistividade. Exemplo: resíduos domésticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • Resistividade Capacitiva; • GPR; • Eletrorresistividade
<p>Pluma inorgânica (íons e sais dissolvidos na água subterrânea): - Alta condutividade elétrica, ou baixa resistividade elétrica. Exemplos: plumas de contaminação de lixões e de infiltração de efluentes industriais</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • Eletrorresistividade; • Resistividade Capacitiva; • GPR (método alternativo).
<p>Resíduos orgânicos e plumas orgânicas: - Baixa condutividade elétrica e pequena constante dielétrica. Observação: os métodos geofísicos só detectam os contaminantes orgânicos em altas concentrações em subsuperfície (fase livre, retida ou adsorvida), não sendo capazes de identificar a fase orgânica dissolvida na água subterrânea. Exemplo: pluma de fase livre de contaminação de combustível ou de solventes organoclorados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividade Capacitiva; • GPR.
<p>Rejeitos de mineração: - Alta condutividade elétrica e alta acidez. Exemplo: lixiviados ou lamas de extração de mineração de ferro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • Eletrorresistividade • Resistividade Capacitiva • GPR (método alternativo).
<p>Contaminação difusa na agricultura: - Alta condutividade elétrica (em geral). Exemplos: vinhaça, lodos de tratamento, fertilizantes ou efluentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • Resistividade Capacitiva; • Eletrorresistividade (método alternativo).
<p>Lodo de estações de tratamento, lodo de esgoto ou material de dragagem: - Alta condutividade elétrica, ou baixa resistividade. Exemplo: áreas de disposição de ETE ou ETA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletromagnético; • GPR; • Resistividade Capacitiva; • Eletrorresistividade (método alternativo).

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: AQUINO *et al.* (2019).

Quanto ao papel do ambiente geológico no qual está localizado o contaminante influenciando a eficiência e aplicabilidade dos métodos geofísicos, não que este seja negligenciável, porém, à luz das tecnologias atuais, existem formas de contornar tal problema, como por exemplo, através da aplicação de outra metodologia que a inicialmente programada, da alteração de frequência de operação do equipamento geofísico, da mudança de técnica ou arranjo de levantamento de campo, entre outros.

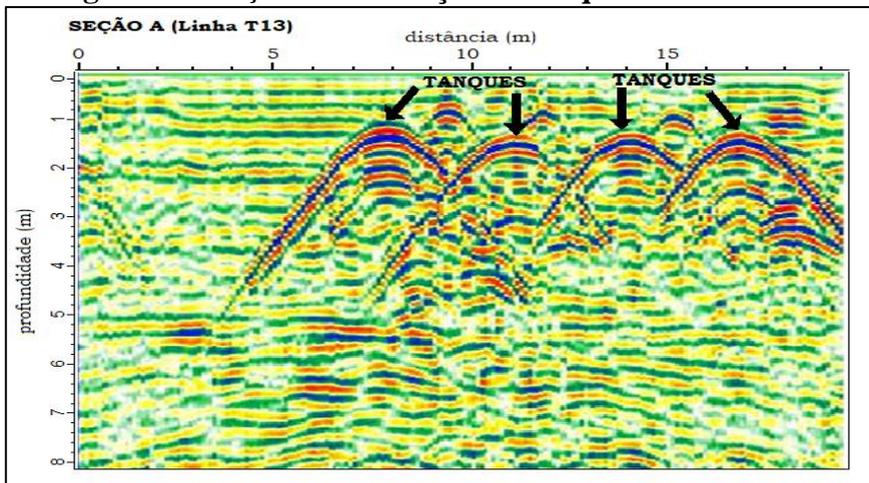
Neste contexto, as descrições dos tipos mais comuns de resíduos e de seus lixiviados são apresentadas no Quadro 3 a seguir, onde suas propriedades físicas e características são os fatores fundamentais para correspondência com os métodos geofísicos mais adequados a serem aplicados para suas detecções.

ESTUDOS DE CASOS

Além das seções já apresentadas nas discussões metodológicas, são apresentados na sequência casos reais de aplicação dos métodos geofísicos aqui descritos, que foram empregados pelos autores ao diagnóstico de contaminação subterrânea por diferentes fontes, e que tiveram êxito nas investigações dos passivos ambientais gerados. A importância dos exemplos a seguir se refere às diferentes formas que os contaminantes subterrâneos produzem nos resultados dos métodos aplicados, constituindo, portanto, suas assinaturas geofísicas.

Resíduos ou objetos metálicos enterrados

O primeiro caso reportado exemplifica o emprego do método GPR para a localização de tanques de armazenamento subterrâneo de combustíveis (TASC) em posto de serviço.

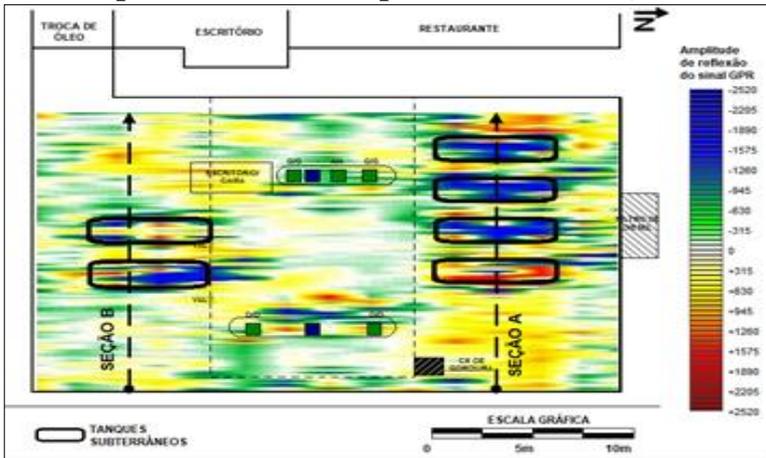
Figura 17 - Seção “A” detecção de tanques subterrâneos

Fonte: Elaboração própria.

Para aquisição de dados, foi utilizado o equipamento modelo Ramac/GPR, fabricado pela Malã Geoscience, empregando-se a antena blindada de 250 MHz de frequência e executando-se linhas em formato de malha (*grid*), com espaçamento de 2,0 m de distância entre os perfis de campo e amostragem a cada 20 cm. Nesta investigação, foram localizados seis tanques subterrâneos de combustíveis no total, sendo que na Figura 17 é possível se observar a presença de quatro desses, representados na seção A pelas suas hiperboles de difração em profundidades por volta de 1,40 m.

Como resultado final, foram plotados os posicionamentos dos tanques identificados no mapa de amplitude do sinal GPR na profundidade de corte de 1,40 m, apresentado na Figura 18, onde se observam anomalias de maiores reflexões do sinal nos locais de existências desses tanques subterrâneos.

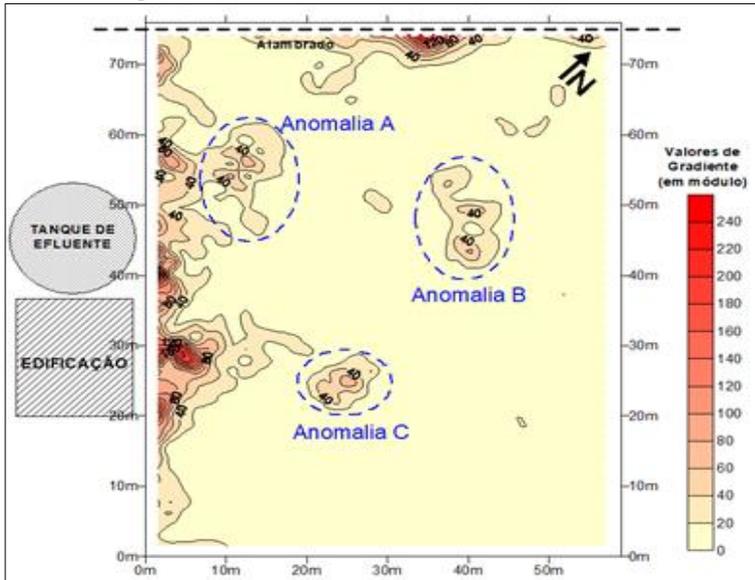
Figura 18 - Mapa de amplitude do GPR na profundidade de 1,40 m



Fonte: Elaboração própria.

O segundo estudo se refere à aplicação do método Magnético em varredura de área em planta industrial no intuito de se confirmar a presença de resíduos metálicos enterrados. A relevância deste levantamento está no fato que poderia ter sido empregado o método Eletromagnético Indutivo, comumente utilizado neste tipo de situação, porém em face de demanda impositiva foi empregado o método Magnético, que no Brasil é quase que exclusivamente aplicado à pesquisa mineral ou arqueológica, mas que comprovou sua eficiência neste caso, podendo ser aplicado em situações similares para avaliação ambiental.

Figura 19 - Anomalias magnéticas de material metálico enterrado



Fonte: Elaboração própria.

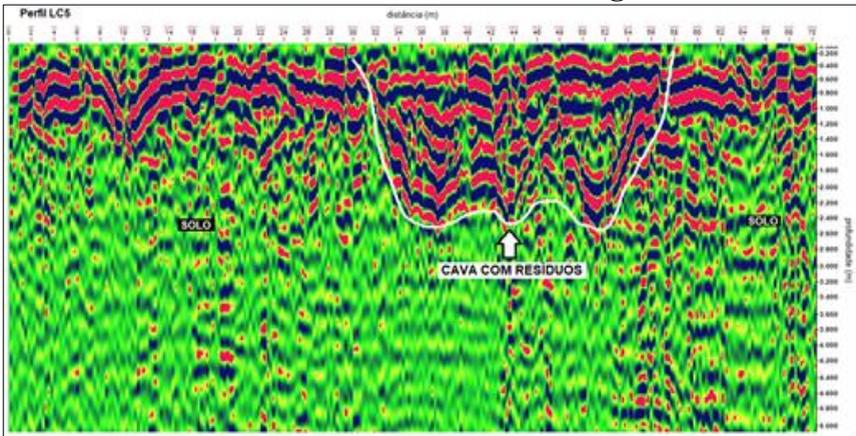
Na aquisição de dados em campo, foi utilizado o magnetômetro da marca Gem Systems, modelo GSM-19, sendo adotado um espaçamento de 1,0 m entre os pontos de medidas.

Como resultado do levantamento realizado obteve-se o mapa de anomalias do gradiente do campo magnético total (Figura 19), o qual apresenta mais ao centro do terreno investigado três anomalias geofísicas principais (A, B e C) e onde foram encontrados, não resíduos industriais, mas sim sucatas metálicas enterradas e que foram prontamente removidas do local.

Resíduos inorgânicos enterrados

A avaliação apresentada na sequência corresponde ao estudo efetuado em área rural para a detecção e delimitação de cava onde havia ocorrido descarte diretamente no solo de resíduos inorgânicos, proveniente de indústria química e farmacêutica. Para esta pesquisa, foi utilizado o equipamento Ramac/GPR, com antenas não blindadas de 200 MHz de frequência, arranjo common off-set (dipolo) e intervalo de medidas de 25,0 cm, sendo executadas em campo linhas paralelas equidistantes de 15,0 m, seccionando, assim, a área suspeita conforme a Figura 20.

**Figura 20 - Perfil GPR
indicando cava com resíduos inorgânicos**



Fonte: Elaboração própria.

Em algumas seções GPR obtidas, foram observadas feições indicativas de material revolvido, sendo bem representativo o apresentado na Figura 20 e onde se verifica uma anomalia em

formato de cava, com largura de aproximadamente 26,0 m e com base irregular de profundidade máxima de 2,5 m.

Integrando-se os dados dos perfis GPR paralelos, foi possível estimar os limites da disposição de resíduos no local investigado (Figura 21), o qual, tempos depois, foi submetido às atividades de intervenção para recuperação do local.

Figura 21 - Área com resíduos determinada pelo GPR



Fonte: Elaboração própria.

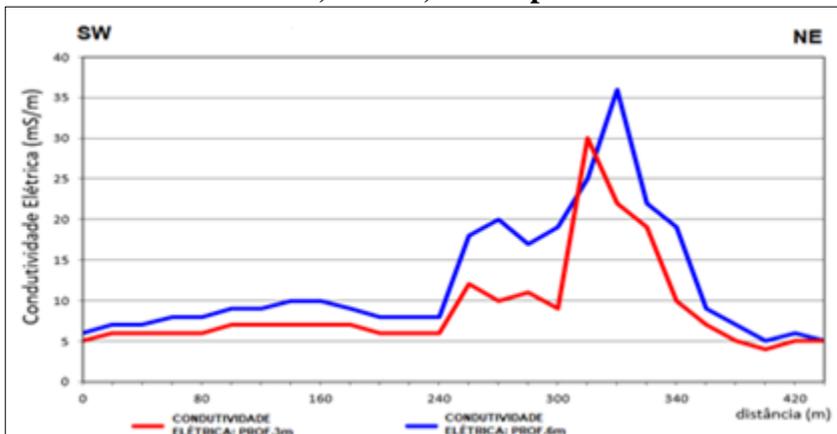
Pluma de contaminação inorgânica

O seguinte exemplo é sobre a avaliação da abrangência de pluma de contaminação subterrânea, originada por disposição no solo de resíduos inorgânicos do tratamento de couro proveniente de

curtume. Na aquisição de dados deste levantamento, empregou-se o método Eletromagnético (EM), através do uso do condutímetro de solo EM-31, marca Geonics Limited, para a realização de 20 perfis geofísicos longitudinais, com espaçamento médio de 20,0 m, e dois perfis transversais distantes de 8,0 m.

Quanto às linhas executadas, o intervalo adotado de medidas de condutividade elétrica foi de 10,0 m e 20,0 m nos perfis transversais e longitudinais, respectivamente, tomando-se as medições nas duas faixas de profundidades teóricas de investigação fornecidas pelo equipamento, de 3,0 m e 6,0 m. Como exemplo do comportamento da condutividade elétrica medida na área, podem ser observadas as curvas do Perfil P13 apresentado na Figura 22, que aponta valores crescentes desde seu início até praticamente o final, com valores mais expressivos de 240 m a 360 m, onde os resíduos enterrados, certamente, estavam presentes em maiores concentrações.

Figura 22 - Condutividades elétricas em 3,0 m e 6,0 m de profundidade



Fonte: Elaboração própria.

Por meio da plotagem dos pontos de leitura em planta base da área e interpolação pelo método de krigagem dos valores de condutividade elétrica, foram elaborados mapas de anomalias geofísicas, como visto na Figura 23 e que corresponde às variações das medidas para a profundidade de 6,0 m e que está dentro dos domínios da zona saturada.

Figura 23 - Mapa de Condutividade elétrica em 6,0m de profundidade



Fonte: Elaboração própria.

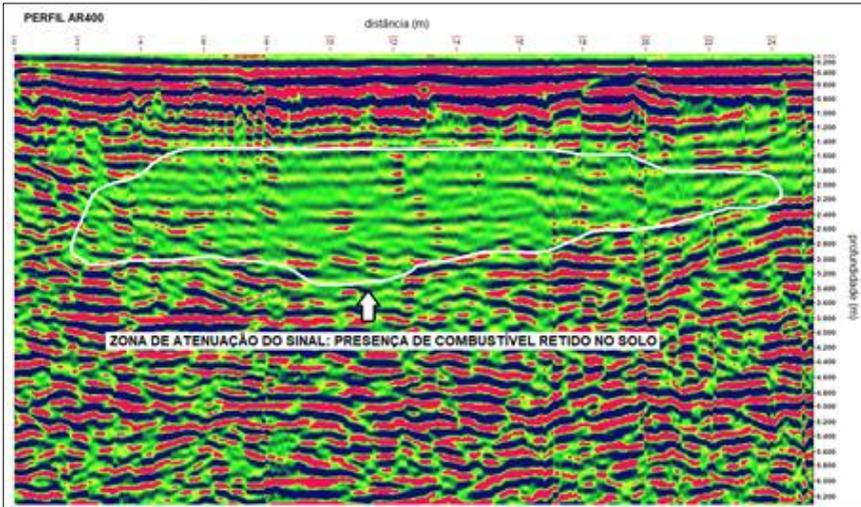
Este mapa da Figura 23 apresenta a abrangência da eventual pluma de contaminação inorgânica em direção ao córrego mais a sudoeste da área, concordante, portanto, ao sentido do fluxo local da

água subterrânea, além de evidenciar os maiores valores de condutividade elétrica na porção nordeste, onde a fonte de contaminação é mais expressiva e é representada pelos resíduos ali enterrados quando do levantamento geofísico.

Contaminação orgânica disseminada

Como ilustração de anomalia que poderia ser detectada no caso de contaminação orgânica, em especial de combustíveis, segue exemplo de aplicação em posto de serviço, que na data do levantamento apresentava contaminação (Figura 24) e estava em fase de remediação, onde foi utilizado o equipamento Ramac/GPR, com antenas de 400 MHz não blindadas e intervalo de distância de amostragem de 10,0 cm.

Figura 24 - Seção GPR com atenuação associada à combustível



Fonte: Elaboração própria.

Na seção da Figura 24, observa-se que a presença de combustível em fase retida na zona não saturada é detectada pela visualização de região com atenuação do sinal GPR e que é produzida pela baixa constante dielétrica que este possui em contraste com o solo argiloso do entorno, reduzindo, assim, a amplitude das reflexões.

Rejeitos de mineração

O próximo caso se refere a avaliação de antiga de cava de mineração de areia, localizada em várzea de rio, onde havia o histórico de preenchimento com rejeitos de atividade minerária (escória metálica), sendo o levantamento geofísico aplicado para determinação de área e volume de material aterrado.

Figura 25 - Perfis GPR na área suspeita de resíduos de mineração

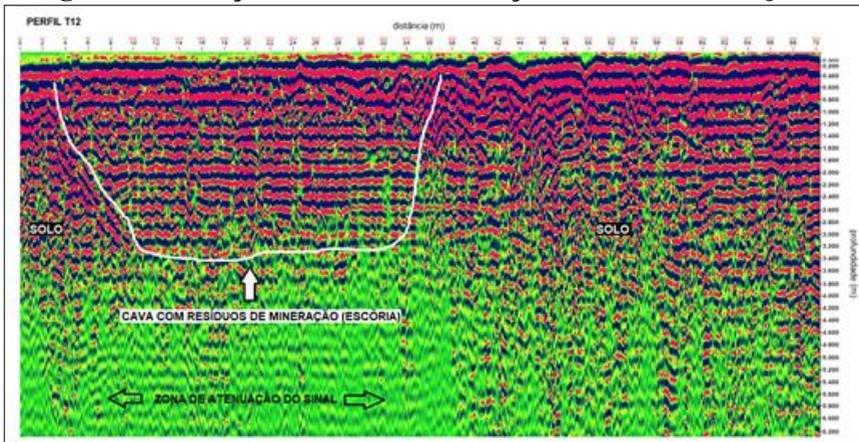


Fonte: Elaboração própria.

Para a investigação em questão, foi empregado o método GPR, utilizando-se o equipamento Ramac/GPR com antenas não blindadas de frequência de 100 MHz, adotando-se o arranjo de afastamento constante (ou common off-set) e 10,0 cm como intervalo de medidas (amostragem), sendo os perfis dispostos em formato de malha, com espaçamento médio de 5,0 m (Figura 25).

Após o levantamento de campo, o processamento de dados e a elaboração das seções GPR revelaram a configuração da cava contendo os resíduos de mineração, cujo exemplo pode ser observado na seção do Perfil T12, apresentada na sequência na Figura 26.

Figura 26 - Seção GPR com indicação de cava com rejeitos



Fonte: Elaboração própria.

Tanto na seção da Figura 26, como em outras deste levantamento, foi possível observar a configuração da cava, sendo que neste exemplo sua extensão é da ordem de 34,0 m e profundidade máxima de 3,5 m. Destaca-se, nesta imagem, a feição

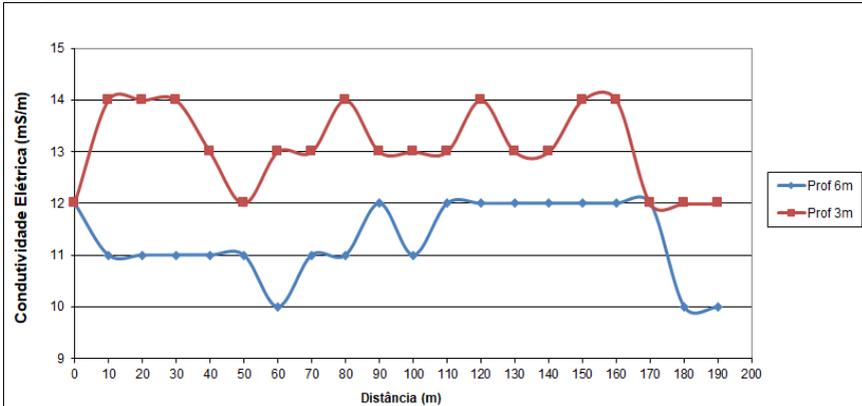
de refletores plano-paralelos no interior da cava que é característico de reverberações do sinal GPR quando da presença de material muito condutivo, representados, neste caso, pela escória metálica. Além disso, deve ser observada a atenuação do sinal GPR em níveis pouco mais profundos e que pode indicar a lixiviação a partir do material da cava, formando, possivelmente, uma pluma de contaminação, sendo que o nível d'água raso existente no local, em torno de 2,0 m de profundidade, favoreceria este processo.

Contaminação difusa da agricultura

Decorrente das grandes dimensões das propriedades agrícolas, é difícil a definição de pontos de amostragem para uma eventual investigação confirmatória caso a área seja suspeita de apresentar contaminação.

Neste caso, os levantamentos geofísicos podem contribuir de forma relevante na determinação dos pontos de maiores concentrações dos contaminantes, principalmente os métodos eletromagnéticos indutivos, como é o caso do exemplo a seguir, no qual foi realizado o rastreamento em local de cultura de cana de açúcar onde ocorreu a disposição de lodo biológico industrial e cinzas de biomassa.

O levantamento em questão se desenvolveu através da utilização do equipamento EM-31, sendo realizados perfis transversais à área de disposição, espaçados em 20,0 m, com leituras em intervalos de 10,0 m e nas duas faixas de profundidades de 3,0 m e 6,0 m, cujas variações medidas de condutividade elétricas podem ser verificadas no exemplo a seguir (Figura 27).

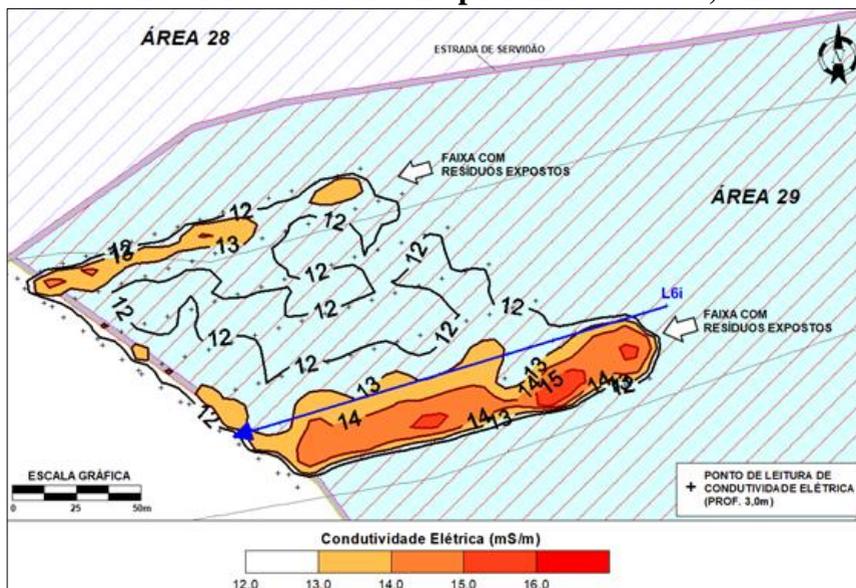
Figura 27 - Perfil L6i de condutividade em duas profundidades

Fonte: Elaboração própria.

Comparando o comportamento dos gráficos anteriores, se observa que os valores medidos de condutividade elétrica para a faixa de profundidade de 3,0 m são maiores que os apresentados para 6,0 m, o que não é muito comum, mas é coerente com a situação investigada onde os resíduos foram dispersos em superfície e sua infiltração permanece nas camadas mais rasas do solo.

Posteriormente, os mapas de anomalias de condutividade elétrica do local foram confeccionados ao se interpolar os dados obtidos nos perfis, sendo possível visualizar as variações da condutividade elétrica na área investigada e distinguir, conforme exemplo a seguir (Figura 28), duas faixas principais de anomalias com maiores valores, mais ao norte e mais ao sul, e onde foi verificado *in loco* pequenas porções com resíduos expostos e misturados ao solo, o que é concordante aos resultados aqui expressos, indicando, assim, a eficiência do método geofísico empregado.

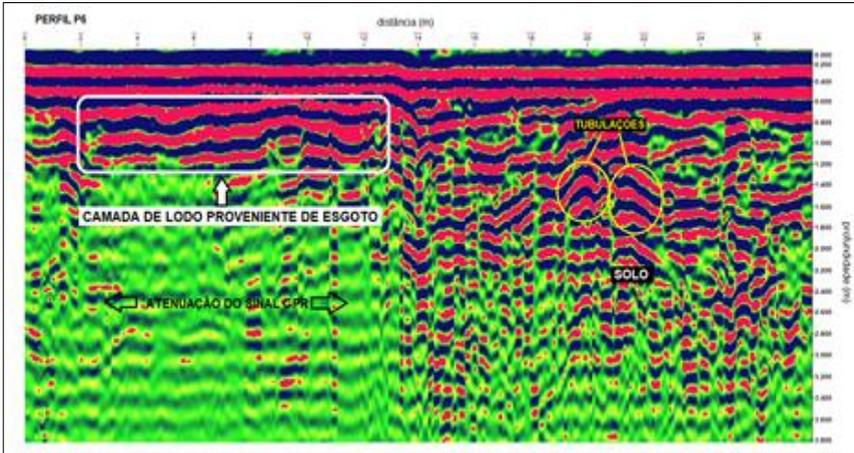
Figura 28 - Mapa de condutividade elétrica na profundidade de 3,0 m



Fonte: Elaboração própria.

Lodo proveniente de esgoto

Como exemplo ilustrativo de como seria a detecção do sinal anômalo de disposição de lodo proveniente de esgoto, ou oriundo de estações de tratamento, é apresentada a seguir a seção obtida em levantamento com o equipamento Ramac/GPR, sendo empregadas as antenas não blindadas de 400 MHz de frequência, com intervalo de distância de amostragem de 10,0 cm e arranjo *common off-set*, e que foi aplicado em local onde haviam sido aterrados materiais removidos de fossas sépticas.

Figura 29 - Seção GPR com feição anômala de lodo de esgoto

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se na seção da Figura 29 o acamamento plano-paralelo como sinal GPR característico deste tipo de resíduo quando enterrado, contrastando com o aspecto do solo do entorno e que possui padrão difuso. Além disso, destaca-se a zona de atenuação do sinal abaixo de onde estão presentes esses resíduos, provocada por suas altas condutividades elétricas, e que decorrem da existência de compostos inorgânicos, principalmente nitritos ou nitratos, que, além do material biológico, podem ser contaminantes potenciais da água subterrânea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os aspectos discutidos neste artigo, verifica-se que a escolha da metodologia geofísica para a investigação ambiental de áreas contaminadas por resíduos e suas plumas deve ser definida de

acordo com determinados critérios que promovam a eficiência de sua aplicação e que envolvem o tipo de contaminante, as potencialidades e limitações dos métodos geofísicos aqui abordados, além das características do meio geológico a ser investigado.

Portanto, recomenda-se que a utilização dos métodos geofísicos descritos obedeça aos parâmetros técnicos aqui apresentados e discutidos a fim de eliminar possíveis incorreções quanto aos objetivos de determinada investigação de contaminação subterrânea, o que poderia resultar em incertezas na interpretação dos resultados.

Deve-se frisar que o emprego dos métodos geofísicos por vezes se constitui na única alternativa para o início dos trabalhos de diagnóstico de uma área suspeita de contaminação, principalmente quando inexistente qualquer tipo de informação ou dados sobre o local, como exemplo áreas industriais abandonadas ou mesmo desativadas.

É importante destacar, também, que a utilização da Geofísica Ambiental se mostra adequada à sustentabilidade, pois envolvem tecnologias inovadoras não invasivas e, devido a isso, não causam nenhuma alteração no meio investigado e nenhum prejuízo às pessoas ou danos aos bens materiais durante os trabalhos de prospecção, contribuindo com a sustentabilidade e bem-estar social.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma n. 15.935**: Investigações ambientais: aplicações de métodos geofísicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ANNAN, A. P.; COSWAY, S. W.; REDMAN, J. D. “Water table detection with ground penetrating radar, Expanded Abstracts”.

Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists. Houston: SEG, 1991.

API - American Petroleum Institute. **Guide for assessing and remediating petroleum hydrocarbons in soils.** Washington, API, 1993.

AQUINO, W. F. **Métodos geofísicos eletromagnéticos aplicados ao diagnóstico da contaminação do solo e das águas subterrâneas em área de infiltração de resíduos industriais** (Dissertação de Mestrado em Hidrogeologia e Recursos Minerais). São Paulo: USP, 2000.

AQUINO, W. F.; TONELLO P. S.; RESENDE, P. R. “Experimentation and indirect methods applied to investigate the contaminated areas”. **Revista de Gestão e Sustentabilidade**, vol. 83, 2019.

ASTM - American Society for Testing and Materials. “D 6429-99: Standard guide for selecting surface geophysical methods”. **ASTM** [2006]. Disponível em: <www.astm.org>. Acesso em: 04/06/2022.

BORNER F., GRUHNE M.; SCHON J. “Contamination indications derived from electrical properties in the low frequency range”. **Geophysical Prospecting**, vol. 41, 1993.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** São Paulo: CETESB, 2001.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2020.

DANIELS, J. J.; ROBERTS, R.; VENDL, M. “Ground penetrating radar for the detection of liquid contaminants”. **Journal of Applied Geophysics**, vol. 33, 1995.

DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. “Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy”. **Geophysical Prospecting**, vol. 37, n. 5, 1989.

EPA - Environmental Protection Agency. **Use of Airborne, Surface and Borehole Geophysical Techniques at Contaminated Sites: A Reference Guide EPA/625/R-92/007**. Washington: Eastern Research Group, 1993.

GIUSTI, L. “A review of waste management practices and their impact on human health”. **Waste Management**, vol. 29, n. 8, 2009.

IAKUBOVSKII, I. V.; LIAJOV, L. L. **Exploración Eléctrica**. Barcelona: Editora Reverté, 1980.

INOKUCHI, H.; AKAMATU H. “Electrical conductivity of organic semiconductors”. **Solid State Physics**, vol. 12, 1961.

KURAS, O. **The capacitive resistivity technique for electrical imaging of the shallow subsurface** (Thesis Doctor of Philosophy). Nottingham: University of Nottingham, 2002.

LOKE, M. H. **Res2Dinv, 3.54 version, for Windows 98/Mc/2000/NT/XP: Rapid 2D resistivity & IP inversion using the least-squares method**. Kuala Lumpur: Software Manual, 2004.

MCNEILL, J. “Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers”. **Geonics Limited** [1980]. Disponível em: <www.geonics.com>. Acesso em: 02/01/2022.

REYNOLDS, J. M. **An introduction to applied and environmental geophysics**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.

SALINAS, V. C. F. “Contaminação do solo em São Paulo: O caso da operação urbana Bairros do Tamanduateí”. **Revista Labverde**, vol. 1, n. 10, 2015.

SÃO PAULO. **Lei n. 13.577, de 08 de julho de 2009**. São Paulo: ALESP, 2009. Disponível em: <www.al.gov.br>. Acesso em: 04/07/2021.

YAMASHITA, Y.; GROOM D.; INAZAKI T., HAYASHI K. “Rapid near surface resistivity survey using the capacitively-coupled resistivity system: Ohm Mapper”. **Proceedings of 7th International Symposium of Society of Exploration Geophysicists of Japan**. Sendai: SEGJ, 2004.

CAPÍTULO 3

*Análise da Eficiência da
Compostagem com Resíduos Sólidos Orgânicos*

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA COMPOSTAGEM COM RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS¹

Brandon Harrison Guerber Telles

Maiza Karine Barcia

Stéphanie Fonseca

Kelly Geronazzo Martins

Ana Carolina Barbosa Kummer

Tatiane Bonametti Veiga

A partir do crescimento demográfico e da intensificação na urbanização, aumentou a preocupação com o meio ambiente e a saúde pública. Além disso, a destinação final inadequada dos resíduos sólidos, na atualidade, é um dos principais problemas em diversos países devido a composição e especificidade dos resíduos, bem como as dificuldades em seu tratamento (RIKILS *et al.*, 2016).

De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no Brasil, durante o ano de 2020, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) foi de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas no ano, sendo que somente 60% dos RSU coletados foram dispostos em aterro sanitário. Em contrapartida “lixões” e aterros controlados receberam cerca de 40% do total de resíduos coletados (ABRELPE, 2021).

Com o intuito de minimizar esses problemas no Brasil, normas, políticas e decretos trazem definições, princípios e diretrizes

¹ Os autores agradecem à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pelo incentivo à realização da pesquisa que deu origem ao presente capítulo.

para a realização de uma gestão mais integrada e sustentável dos resíduos, em nível municipal, estadual e nacional. Frente a esse contexto, a Lei nº 12.305, regulamentada em 2010 pelo decreto nº 7.404 e, em 2022, pelo decreto nº 10.936, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual engloba um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, metas e ações, tendo em vista à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos (BRASIL, 2010a, 2010b, 2022).

A PNRS trata de maneira ampla como deve ser realizada a gestão dos resíduos oriundos de atividades humanas, a qual pode ser influenciada por diversos parâmetros como hábitos culturais, econômicos e aspectos locais, sendo necessário tratamento adequado que auxilie na prevenção de riscos à saúde humana e ao meio ambiente (BARBOSA, 2019), devendo ocorrer de forma integrada, conforme as particularidades de cada município.

Dentre alguns parâmetros abordados na PNRS, a técnica de caracterização para determinar a composição gravimétrica do resíduo gerado no município tem como objetivo conhecer os materiais gerados a partir das atividades humanas, para adoção do gerenciamento adequado (BRASIL, 2010a). Segundo Rodrigues *et al.* (2018), a caracterização possibilita a classificação dos resíduos originados no município e a estimativa dos percentuais de cada tipo de resíduo, facilitando a escolha de técnicas para destinações adequadas (MOURA *et al.*, 2012). É importante ressaltar que a destinação correta do material gerado minimiza significativamente o impacto que os resíduos podem causar no meio ambiente (MANNARINO *et al.*, 2016).

A partir dessa caracterização é possível verificar a composição dos RSU nos municípios, sendo verificado que o maior percentual, na maioria dos municípios brasileiros, consiste nos resíduos orgânicos, tornando-se objeto de preocupação para a administração pública (REZENDE *et al.*, 2013; PESSIN *et al.*, 2006;

NUNESMAIA *et al.*, 2002). Nesse contexto, é necessário buscar novas técnicas para o tratamento eficaz desses resíduos. É fundamental o estudo e a implantação de tecnologias inovadoras para uma gestão ambiental mais eficiente, evitando o descarte incorreto e a disposição inadequada dos resíduos sólidos, a fim de minimizar os impactos ambientais.

No Brasil, entre as tecnologias para tratamento de resíduo orgânico mais viáveis, encontram-se a compostagem, onde há diversas vertentes a serem seguidas para tratamento desse resíduo, com metodologias que consideram a quantidade gerada e, também, os hábitos distintos da população, auxiliando no tratamento correto e na sua destinação (BOSCO, 2017).

A PNRS apresenta a compostagem como a técnica essencial para a destinação ambientalmente correta dos resíduos orgânicos (BRASIL, 2010a). Essa técnica proporciona benefícios em diferentes dimensões para os municípios, além de menores impactos ambientais, proporciona ainda a integração entre aspectos sociais e econômicos, origina a geração de empregos, com rentabilidade e estabilidade econômica, que pode ser influenciada por diversos parâmetros como a segregação na fonte, coleta, compostagem em comunidades e até mesmo pátios de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009; ABREU, 2013).

Para caracterizar a eficiência da compostagem, são necessárias análise de parâmetros como temperatura, umidade, pH, matéria orgânica, entre outros, a fim de monitorar o processo e garantir a qualidade do composto final (LIMA JUNIOR *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o presente estudo buscou analisar a eficiência desses parâmetros para o composto orgânico em composteiras domésticas e composteiras construídas, a partir da adaptação com utilização de materiais reaproveitados, assim como avaliar a eficiência do processo de compostagem em ambas,

considerando a importância no desenvolvimento e padronização de uma técnica acessível a população.

METODOLOGIA

Esse estudo buscou avaliar a utilização da técnica de compostagem para duas “unidades experimentais” diferentes (caracterizadas pelas composteiras), avaliando diferentes proporções de materiais. Neste cenário, a fim de analisar a eficiência de degradação da matéria orgânica, foram montadas composteiras com diferentes proporções de resíduos orgânicos e materiais secos.

O processo de compostagem foi monitorado, a partir da avaliação de diferentes parâmetros, por um período de 100 dias (aproximadamente 15 semanas), sendo realizado acompanhamentos periódicos para análise do composto. Os experimentos foram desenvolvidos na Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), *Campus* de Irati.

Para a implementação do experimento foi utilizado uma composteira doméstica comercial e uma composteira confeccionada com material reutilizado, sendo esta construída com “baldes” de policloreto de vinila (PVC) provenientes de uma indústria de tintas e resinas, com base em uma metodologia adaptada de Gotargo Filho e colaboradores (2017). Dessa forma.

As caixas da composteira comercial foram denominadas como “Composteira 1” e “Composteira 2”, e os “baldes” da composteira adaptada como “Composteira 3” e “Composteira 4”. Para a montagem da composteira comercial foram utilizados 70% de materiais secos e 30% de resíduos orgânicos. Para a composteira adaptada foram utilizados 60% de materiais secos e 40% de resíduos orgânicos. Os resíduos orgânicos utilizados no processo foram provenientes do restaurante universitário do *Campus*, por ser

considerado um passivo gerado na instituição e possuir características equivalentes aos resíduos produzidos em residências, os materiais secos consistiram em galhos de poda, folhas e cascas de árvores encontradas na Unicentro.

Monitoramento dos parâmetros físico-químicos

As análises físico-químicas definidas como parâmetros de controle do processo de compostagem foram realizadas conforme descrito no manual de métodos de análise de solo de Teixeira e colaboradores (2017).

Temperatura:

A análise da temperatura foi realizada com auxílio de um termômetro analógico. Dessa forma, para a medição, o termômetro era posto nas composteiras e permanecia até a estabilização da temperatura, sendo esse parâmetro avaliado diariamente.

pH:

O pH foi analisado diariamente com o intuito de observar sua variação até a estabilidade. Assim, a medição foi realizada por meio de um potenciômetro com eletrodo imerso em uma solução com a amostra da composteira e água destilada (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Umidade:

A determinação da umidade foi realizada diariamente, para tanto a amostra foi pesada e levada para secagem em estufa (105°C por 24 horas). O teor de umidade foi obtido por meio da diferença gravimétrica entre o peso da amostra antes e após a sua secagem na estufa (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Matéria Orgânica:

A metodologia utilizada para determinar esse parâmetro consiste em calcular a diferença do peso da amostra seca em estufa (105°C por 24 horas) e após incineração na mufla (550°C por 1 hora) (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Carbono Orgânico, Nitrogênio Total e Relação C/N:

A determinação do carbono orgânico (C), nitrogênio total (N) e relação C/N foi realizada no Laboratório de Biogeoquímica, no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Assim, retirou-se amostras das composteiras e realizou-se a secagem em estufa, por aproximadamente 24 horas, para determinação da umidade de cada amostra. Posteriormente, encaminhou-se para a UFPR. Para a análise, as amostras foram finamente moídas em moinho bola FRITSCH, em seguida o material refinado foi incinerado em analisador elementar de CHNOS vario EL III.

Monitoramento dos parâmetros microbiológicos

Segundo Cerda e colaboradores (2018), em condições ideais a decomposição aeróbia e a atividade microbiana elevam a eficiência da compostagem. Nesse sentido, foi realizado o monitoramento da atividade microbiológica e da matéria orgânica ao longo do processo. Os parâmetros foram analisados mensalmente, sendo as composteiras 1 e 2 classificadas como “Conjunto 1” e as composteiras 3 e 4 como o “Conjunto 2”.

Respiração Basal do Composto:

A respiração basal do composto (RBC) foi determinada pelo método proposto por Jenkinson e Powlson (1976). Este método

baseia-se na incubação das amostras durante 7 dias em um ambiente hermeticamente fechado com solução hidróxido de sódio (NaOH), a $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Após a incubação, realizou-se a titulação com uma solução de ácido clorídrico (HCl), a $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e indicador de fenolftaleína, em seguida calculou-se a taxa de RBC.

Carbono da Biomassa Microbiana do Composto:

A análise do carbono da biomassa microbiana do composto (C-BMC) foi realizada pelo método de Anderson e Domsch (1978). Para tanto, adicionou-se nas amostras uma solução de glicose e água destilada, as quais foram incubadas durante quatro horas, em ambiente hermeticamente fechado, com a presença de uma solução de NaOH, a $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Após o período de incubação, a solução de NaOH foi titulada com auxílio de HCl, a $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e indicador de fenolftaleína, posteriormente efetuou-se o cálculo para determinação do C-BMC.

Quociente Metabólico:

A estimativa da eficiência do uso de substrato pelos microrganismos pode ser determinada por meio do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), o qual consiste na razão entre RBC e C-BMC, conforme a metodologia de Anderson e Domsch (1993).

Análise de dados:

O desenho experimental foi do tipo inteiramente casualizado com dois fatores: Tipo de composteira (conjunto 1 x conjunto 2) e tempo de coleta (coletas 1; 2 e 3) como medida repetida. Os dados foram avaliados mediante modelos lineares generalizados e posteriormente as médias foram contrastadas pelo teste de Tukey. As premissas de gaussianidade e esfericidade foram checadas pelos

testes de Shapiro-Wilks e Bartlett. Foram considerados significativos valores de $p < 0,05$.

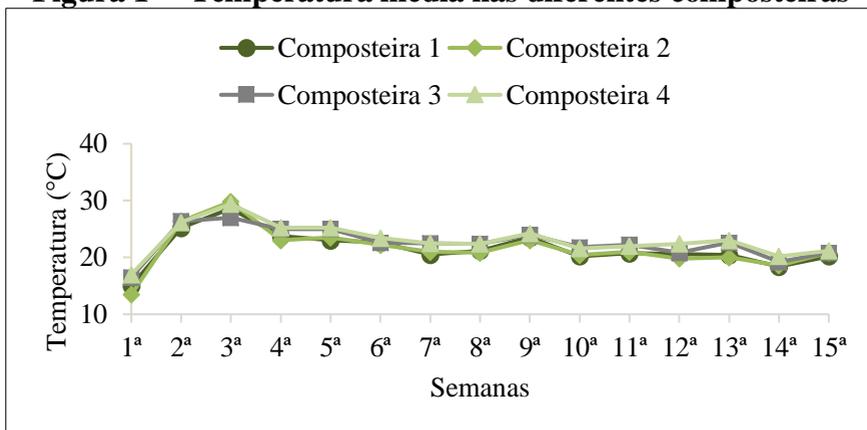
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros físico-químicos

Temperatura:

A temperatura da composteira é um fator que influencia diretamente no processo de degradação aeróbia da matéria orgânica. Essa condição microbiana propicia o aumento da temperatura, a fim de sanitizar microrganismos patógenos (COELHO *et al.*, 2022). Dessa forma, é necessário realizar um controle eficiente desse parâmetro durante o período da análise da compostagem. Nesse sentido, os dados referentes a temperatura estão demonstrados na Figura 1.

Figura 1 – Temperatura média nas diferentes composteiras



Fonte: Elaboração própria

De acordo com Trautmann e Krasny (1998), o processo de compostagem pode ser dividido em três fases: a fase mesofílica, com o aumento de temperatura até cerca de 45°C e duração de 2 a 3 dias; a fase termofílica, com temperaturas acima de 45°C e duração de dias a meses; e a fase mesofílica de cura, também conhecida como maturação do composto, na qual a degradação de carbono é aumentada pela humificação da matéria orgânica. Para Kiehl (2004), a temperatura ótima esperada durante um processo de compostagem encontra-se entre 40 e 60°C. A partir da análise dos dados (Figura 1), foi possível verificar que mesmo com um aumento de temperatura nas três primeiras semanas, alcançando aproximadamente 30°C, as composteiras não atingiram a fase termofílica, o que não foi um fator relevante para a degradação e obtenção do composto final.

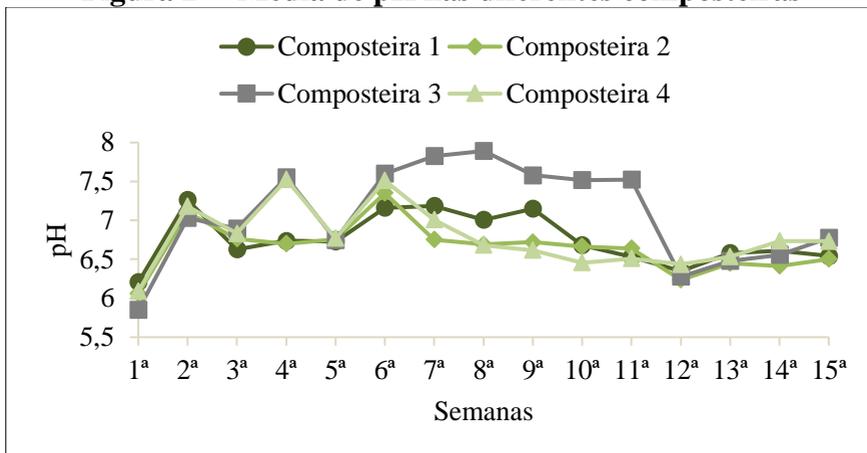
Sabe-se que a elevação da temperatura também pode afetar diretamente as atividades de microbiológicas (RUSSO, 2003), onde a temperatura precisa ser mantida em um ótimo estágio devido as atividades de microrganismos mesófilos que são mais consistentes em temperaturas que variam entre 20°C e 40°C (TORTORA *et al.*, 2000). Com isso, apesar de não ter atingido temperaturas altas durante o processo, observou-se a degradação da matéria orgânica do composto, sobretudo em razão das atividades microbiológicas. Observa-se que nas semanas subseqüentes, ocorreu um decréscimo de temperatura, conforme descrito no estudo de Coelho e colaboradores (2022), o que pode ser decorrente do processo de maturação, ocasionado pelo aumento e posterior diminuição da temperatura no sistema.

pH:

Alguns resíduos orgânicos utilizados para composteira são de natureza ácida, sendo assim, o processo de compostagem inicia-se com teor de acidez mais elevado, já que os materiais estão sendo decompostos, ocorrendo a mistura do material seco com o úmido e formando ácidos orgânicos em sua composição. Nessa fase, ocorre a

maior atividade de microrganismos (TUOMELA *et al.*, 2000). A partir desses fatores, foi possível observar que ocorreu uma variação considerável do pH, desde o início da composteira até o final do processo (Figura 2).

Figura 2 – Média de pH nas diferentes composteiras



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados demonstram que, na 1ª semana, o pH obtido nas composteiras ficou, inicialmente, entre 5,5 e 6,5. No decorrer da 2ª semana, ocorreu um aumento no pH, chegando a cerca de 7 e 7,5, em conformidade com os estudos realizados por Melo (2014) e Kiehl (1985), onde o pH apresentava valores ácidos. Ainda segundo Kiehl (1985), o composto passa por um processo de transição, iniciando em um composto ácido até seu ponto final com pH próximo da neutralidade. Entre a 3ª e 4ª semana, as composteiras 3 e 4, apresentaram valores de pH mais elevados quando comparadas às composteiras 1 e 2. Essa diferença pode estar relacionada com a quantidade de resíduo orgânico utilizado para a montagem da composteira, onde tiveram o nível de matéria orgânica mais elevada.

Segundo Yeh e colaboradores (2020), os valores de pH podem variar de acordo com os resíduos utilizados na decomposição, que no início do processo acaba sendo mais ácido, já que os resíduos estão passando por um processo de degradação para atingir sua estabilidade.

Entre a 5^a e a 12^a semana, o pH não apresentou uma diferença considerável nas composteiras 1, 2 e 4. Já a composteira 3 apresentou valores de pH muito variados, fato que pode estar relacionado com a umidade do composto presente, uma vez que boa parte do resíduo orgânico possuía alto teor de água em sua concentração, além de sua natureza ser menos ácida. Observa-se que a composteira 3 apresentou umidade mais elevada na primeira semana de outubro (Figura 3), obtendo maior estabilidade com o decorrer do tempo, até a 12^a semana, o que pode ter influenciado nos valores de pH do composto.

Nas semanas subsequentes a 12^a semana, foi possível observar que ambos os compostos apresentaram o pH mais estável, com variações em torno de 7. Cabe destacar que segundo alguns estudos o pH esperado deve ser próximo a 8 (KIEHL, 2004; MELO; ZANTA, 2016). De acordo com Cheng e colaboradores (2019), a faixa eficiente de pH para o composto final deve situar-se entre 5,5 e 8,0. Outro fator que pode ser observado em relação a esse parâmetro é que a compostagem aeróbia provoca a elevação do pH, assim espera-se que, nos primeiros dias de compostagem, o composto esteja ácido e com o passar das fases se aproxime da neutralidade (KIEHL, 2004).

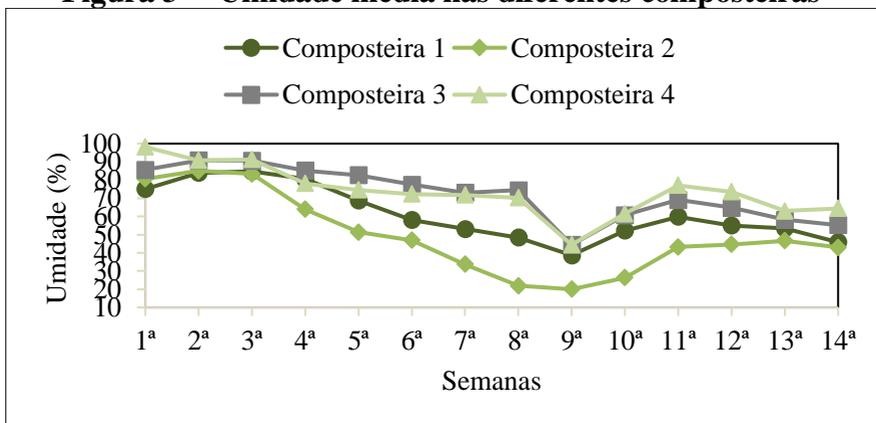
Por outro lado, Rodrigues e colaboradores (2006) afirmam, em seu estudo, que as composteiras atingem seu estado final com neutralidade no pH, podendo variar entre 7 e 8,5, ou próximo a esses valores. Além disso, Sousa e colaboradores (2016) afirmam que o solo que apresenta pH acima de 6 detêm a capacidade de produzir nutrientes para plantas. Com isso, pode-se considerar que os valores

de pH obtidos são satisfatórios para caracterizar o composto final para utilização no solo. Os resultados apontam resultados positivos, visto que o pH é um dos fatores que influenciam no crescimento de plantas e desenvolvimento de microrganismos.

Umidade:

Na compostagem, segundo Kiehl (2004), a umidade é um parâmetro importante na qualidade do composto obtido. Esse parâmetro afeta diretamente as atividades microbiológicas por estar relacionada a quantidade de água presente, interferindo na degradação do material. Segundo Abu e colaboradores (2014), a umidade deve conter valores próximos a 50% e 70% para que as atividades microbiológicas funcionem adequadamente. Já para Zhang e colaboradores (2018), teores de umidade na faixa de 50 a 60% são considerados satisfatórios para o processo. O excesso e a falta de umidade interferem no crescimento biológico, além de inibir a entrada de oxigênio e a degradação do composto (PEREIRA NETO; LELIS, 1999). Em relação a umidade, observou-se sua evolução ao longo do processo (Figura 3).

Figura 3 – Umidade média nas diferentes composteiras



Fonte: Elaboração própria.

O estágio inicial do processo geralmente varia entre 55 e 70%, sendo que, nessa fase, o resíduo encontra-se entre seco e molhado, ocorrendo a proliferação microbiana (YEH, 2020). Os resultados das composteiras 1, 2 e 3 apresentaram um valor inicial de umidade entre 75% e 85%, já a composteira 4 apresentou um valor mais elevado, de aproximadamente 98%, conforme os valores encontrados por Melo (2014), estudos nos quais os valores tenderam a 80% na fase inicial do composto.

Durante a 3^a e a 8^a semana, as composteiras 3 e 4 apresentaram valores de umidade altos e similares, podendo estar relacionada a quantidade de material adicionado a composteira e ao tipo de resíduo orgânico. Já na composteira 2, a umidade chegou a seu valor ideal na segunda semana de outubro, ocorrendo uma maior queda nas semanas seguintes.

Esse fato é desfavorável para decomposição do material presente na composteira, pois a umidade ideal para que o composto tenha suas atividades microbiológicas realizadas de maneira eficiente é próximo a 60% (REIS, 2004; KIEHL, 1985), o que pode ser observado na composteira 1, onde os valores tenderam a 50% da umidade até a 4^a semana.

A partir da 9^a semana, as composteiras chegaram a apresentar queda na umidade, o que pode ter sido acarretado devido as condições climáticas da região. Nas últimas duas semanas, os compostos apresentaram uma variação de 40 a 60% da umidade, um resultado esperado já que alguns resíduos orgânicos apresentam mais água do que outros.

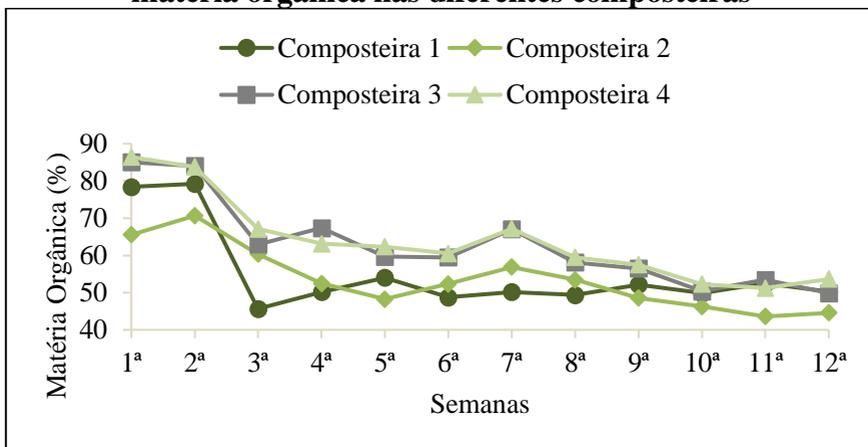
Os valores obtidos no final do processo foram semelhantes aos encontrados por Melo (2014), aproximando-se de 60% para a composteira 3 e 4. Para as composteiras 1 e 2 os valores obtidos foram próximos dos mesmos encontrados por Lima *et al.* (2017), chegando quase a 40%, equivalente aos encontrados por Pereira

Neto e Lelis (1999) que variaram entre 40 a 60% da umidade presente no composto.

Matéria Orgânica:

A matéria orgânica caracteriza-se por trazer benefícios ao solo, pois sua composição age diretamente em processos erosivos, correção de nutrientes, entre outros fatores (LIMA, *et al.*, 2017). Nesse âmbito, Kiehl (2004), afirma que a matéria orgânica, durante a compostagem, sofre o processo de mineralização, diminuindo sua quantidade à medida que a degradação ocorre. No presente estudo, observou-se a evolução desse parâmetro durante todo o processo de compostagem (Figura 4).

Figura 4 – Média da matéria orgânica nas diferentes composteiras



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que as primeiras semanas de análise da matéria orgânica apresentaram valores entre

65 e 90%, tendo um decaimento e pequenas variações até a 4ª semana, onde apresentou valores entre 50 e 70%, sendo que as composteiras 3 e 4 apresentaram valores maiores de matéria orgânica, fato que pode ter ocorrido devido a quantidade de resíduo orgânico utilizado nestas composteiras ser maior do que nas demais.

A partir da 8ª semana obteve-se valores semelhantes entre as composteiras, onde as composteiras 1, 3 e 4 apresentaram valores entre 50 e 55% de matéria orgânica, e a composteira 2 de aproximadamente 45%, trazendo uma maior uniformidade dos dados obtidos. Reis (2005) avaliou, em seu trabalho, os parâmetros da compostagem, em um período de 120 dias, valores similares ao presente estudo, sendo que sua matéria orgânica final variou entre 35 e 58%. Já no estudo realizado por Pereira (2017), foi utilizado um acelerador de degradação de matéria orgânica, fazendo com que o tempo de compostagem diminuísse para 60 dias, nesse caso, obteve-se valores iniciais próximos de 40 a 50%, e 30% no seu composto final.

A avaliação da matéria orgânica no processo de compostagem é de extrema relevância, Sales e colaboradores (2018), demonstraram que a utilização de substratos com diversos teores de matéria orgânica pode contribuir para o crescimento do plantio.

Carbono Orgânico, Nitrogênio Total e Relação C/N:

O nitrogênio e o carbono são fatores fundamentais para a compostagem, uma vez que atuam como substrato e auxiliam no processo de respiração dos microrganismos presentes no composto. Assim, os resultados referentes ao carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias dos resultados carbono, nitrogênio e relação C/N

---			Média		
---			Carbono	Nitrogênio	C/N
Conjunto 1	Composteiras 1 e 2	Coleta 1	26.64558a	1.387857a	19.2129c
		Coleta 2	15.42546b	0.288219b	54.0521b
		Coleta 3	13.61278b	0.136112b	99.1978a
Conjunto 2	Composteiras 3 e 4	Coleta 1	26.44056a	1.245714a	21.2353c
		Coleta 2	16.35395b	0.225497b	72.5207b
		Coleta 3	14.90299b	0.116805b	135.8430a

Fonte: Elaboração própria.

Processo, o que contribui para o crescimento biológico, agindo como substrato para os microrganismos até ao final da decomposição (JÚNIOR *et al.*, 2012). Para a relação C/N, os dados encontrados divergiram significativamente, com a queda do carbono e nitrogênio cessando a atividade microbiológica, o composto apresentou um crescente na relação C/N, o que pode influenciar na qualidade do composto final. A Coleta 1 mostrou-se mais efetiva, considerando os valores de C/N do conjunto 1 e conjunto 2 de 19,21 e 21,23, respectivamente. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) classifica em sua Instrução Normativa nº 25, que a relação C/N deve ser no máximo 20 (BRASIL, 2009).

Nesse cenário, supõem-se que o composto estava pronto para ser depositado no solo no período de 20 a 25 dias do processo de compostagem. Esse resultado pode ter ocorrido em razão dos materiais utilizados nas composteiras, que possuíam baixa quantidade de nitrogênio, esse fator pode ter colaborado para a aceleração das atividades microbiológicas. Segundo Herbets (2005),

a relação C/N é inversamente proporcional ao carbono e nitrogênio presente no composto, sendo fundamentais para o processo metabólico e, também, para a síntese de proteínas dos microrganismos.

Parâmetros microbiológicos

A respiração basal e o carbono da biomassa microbiana são alguns dos principais bioindicadores de qualidade do solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Nesse sentido, a variação da umidade, RBC, C-BMC, qCO₂ ao longo do processo de compostagem pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias dos resultados de umidade, RBC, C-BMC, qCO₂

--			Média			
--			Umidade	RBC	C-BMC	qCO ₂
Conjunto 1	Composteiras 1 e 2	Coleta 1	26.89b	3.23 ^a	32.49abc	0.1013ab
		Coleta 2	34.27ab	3.33 ^a	37.52 a	0.0911 b
		Coleta 3	35.01ab	2.80b	18.36bc	0.1630ab
Conjunto 2	Composteiras 3 e 4	Coleta 1	40.18ab	3.26 ^a	33.24abc	0.1049ab
		Coleta 2	47.56 ^a	3.38a	39.03a	0.0920 b
		Coleta 3	44.23 ^a	2.96b	18.61bc	0.2025 a

Fonte: Elaboração própria.

Assim, pode-se notar que a umidade do composto apresentou médias iguais estatisticamente, uma vez que a crescente de valores, entre uma coleta e outra, foi uniforme entre os dois conjuntos de composteiras, apresentando variação apenas na última coleta entre ambos. A diferença do valor entre o “Conjunto 1 – Composteira 1 e 2” e “Conjunto 2 – Composteira 3 e 4” pode ter ocorrido devido a maior proporção de resíduo orgânico úmido que foi adicionado ao conjunto 2, é possível que esse fato tenha contribuído para a elevação da umidade, contudo, não interferiu na qualidade do composto final.

Observa-se, em ambos os conjuntos, valores aproximados de RBC, o que demonstra a eficiência do processo de compostagem do conjunto 2. Além disso, com base nos resultados encontrados, pode-se constatar a relação direta entre a respiração basal e a liberação de CO₂. Nesse sentido, Cunha e colaboradores (2011), afirmam que a RBC é um fator importante para a análise do composto, pois a liberação de CO₂ é proporcional a respiração e, conseqüentemente, quanto maior quantidade de carbono incorporado ao solo, maior é atividade biológica. Islam e Weil (2000) destacam que o teor elevado de RBC, pode indicar situações de alteração ou produtividade elevada dos compostos.

Os valores de C-BMC não apresentaram diferenças significativas, em ambos os conjuntos houve um aumento da C-BMC entre a primeira e a segunda coleta, seguido de uma redução na terceira, o que pode ser considerado um fator positivo para a composteira adaptada (conjunto 2), uma vez que, no decorrer do processo de compostagem, o decréscimo no teor de C-BMC é esperado, tendo em vista a diminuição do substrato e conseqüente redução da atividade microbiana. Nesse âmbito, Roscoe e colaboradores (2006) declaram que valores elevados de C-BMC podem resultar na menor perda de nutrientes e aumento na qualidade do composto final.

O quociente metabólico do composto também não apresentou discrepância nos dados obtidos entre os conjuntos 1 e 2. O qCO_2 é um índice baseado na relação entre respiração basal e carbono da biomassa microbiana, assim a redução da RBC e do C-BMC resulta no aumento do qCO_2 . Desse modo, a elevação do qCO_2 demonstra o quanto os microrganismos estão operando de forma concisa e eficiente, atrelando a necessidade da biomassa microbiana buscar carbono para realizar a operação do sistema (CUNHA *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, observou-se que a matéria orgânica e a umidade apresentaram valores próximos do que é previsto em outros estudos na área. O pH e a temperatura apresentaram valores pouco abaixo do que previsto, porém ainda torna-se viável a utilização do composto, segundo os parâmetros encontrados nas diferentes fases da compostagem.

Para os demais parâmetros analisados, pode-se concretizar a hipótese da composteira adaptada ser eficiente tanto quanto um comercial. Tendo como o ponto principal a análise da relação C/N que apresentou valores satisfatórios logo nos primeiros dias, já que a decomposição do material ocorreu em um período inferior do que previsto, pressupondo, em uma análise inicial, que o substrato poderia estar estabilizado nos primeiros 30 dias para a aplicabilidade no solo.

Dessa forma, com base nas análises realizadas, pode-se constatar que a adaptação de uma composteira, construída com materiais alternativos, é uma solução viável e eficiente, fato que gera benefícios para a população, e para a gestão pública, uma vez que

pode auxiliar na tomada de decisão dos gestores e minimizar o encaminhamento de resíduos orgânicos aos aterros sanitários, maximizando, desta forma, sua vida útil.

Diante do exposto, é possível evidenciar que a busca por tecnologias eficazes de destinação ambientalmente adequada dos resíduos vem ao encontro da premissa da sustentabilidade, sendo essa uma proposta que engloba as dimensões social, econômica e ambiental. Nesse contexto, é fundamental que ocorra o envolvimento da população e o comprometimento do poder público, para que seja desenvolvido um plano em conjunto, de forma a compartilhar as responsabilidades e os benefícios, resultando em avanços na gestão mais integrada e sustentável dos resíduos e na forma de se relacionar com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ABREU, M. J. **Gestão comunitária de resíduos orgânicos: o caso do Projeto Revolução dos Baldinhos (PRB), Capital Social e Agricultura Urbana** (Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas). Florianópolis: UFSC, 2013.

ABU, K. M. B. C. *et al.* “Composting of three phase olive mill solid waste using different bulking agentes”. **International Biodeterioration and Biodegradation**, vol. 91, 2014.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. “A physiologically active method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils”. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 10, n. 3, 1978.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. “The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such pH, on the microbial biomass of forest soil”. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 25, n. 3, 1993.

BARBOSA, J. O. “Riscos Ambientais, Resíduos Sólidos E Qualidade Ambiental: Algumas Considerações”. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Médiu**m, vol. 10, n. 1, 2019.

BOSCO, T. C. D. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2017.

BRASIL. **Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Brasília: Planalto, 2010b. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/02021.

BRASIL. **Decreto n. 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Brasília: Planalto, 2022. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/02021.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 09/02021.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010a. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/02021.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: ESALQ, 2016.

CERDA, A. *et al.* “Composting of food wastes: Status and challenges”. **Bioresource Technology**, vol. 248, 2018.

CHENG, D. *et al.* “Dynamics of oxytetracycline, sulfamerazine, and ciprofloxacin and related antibiotic resistance genes during swine manure composting”. **Journal of Environmental Management**, vol. 230, 2019.

COELHO, A. F. F. *et al.* “A compostagem como prática de educação ambiental e inovação social”. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, vol. 17, n. 3, 2022.

CUNHA, E. Q. *et al.* “Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II – Atributos biológicos do solo”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, n. 2, 2011.

GOTARGO FILHO, C. G. *et al.* “Como Montar Uma Composteira Caseira”. **Prefeitura de Andradina** [2017]. Disponível em: <www.andradina.sp.gov.br>. Acesso em: 13/06/2021.

HERBETS, R. A. *et al.* “Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos”. **Revista Saúde e Ambiente**, vol. 6, n. 1, 2005.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2009.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. “Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh”. **Agriculture Ecosystems and Environment**, vol. 79, n. 1, 2000.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. “The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass”. **Soil Biology and Biochemistry**, vol. 8, n. 3, 1976.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: ESALQ, 2004.

LIMA, L. C. *et al.* “Qualidade do composto gerado no tratamento de resíduos sólidos de restaurante e diferentes resíduos orgânicos”. **Revista Engenharia na Agricultura**, vol. 25, n. 5, setembro, 2017.

LIMA JUNIOR, R. G. S. *et al.* “Avaliação de novas práticas de compostagem em pequena escala com aproveitamento energético”. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 22, n. 2, 2017.

MANNARINO, C. F. *et al.* “Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Europeia”. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 21, n. 2, 2016.

MELO, S. L. **Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos** (Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento). Salvador: UFBA, 2014.

MELO, S. L.; ZANTA, V. M. “Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de são domingos – BAHIA”. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 4, n. 2, 2016.

MENDES, I. C. *et al.* **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais**: utopia ou realidade? Planaltina: Embrapa, 2009.

MOURA, A. A. *et al.* “Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Itaúna-MG”. **Revista SynThesis**, n. 3, 2012.

NUNESMAIA, M. F, *et al.* “Produtos potencialmente recicláveis e seu valor nos resíduos sólidos domiciliares”. **Memorias del XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Cancun: AIDIS, 2002.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P. *et al.* “Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta”. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 41, n. 5, 2012.

PEREIRA NETO, J. T.; LELIS, M. P. N. “Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte”. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental: Desafios para o Saneamento Ambiental no Terceiro Milênio**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

PEREIRA, R. F. **Efeito da aplicação de inoculantes na compostagem de resíduos sólidos urbanos** (Dissertação de Mestrado em Ciências). Piracicaba: USP, 2017.

PESSIN, N. *et al.* “Composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Canela-RS”. **Anales del XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Punta del Este: AIDIS, 2006.

REIS, M.F.P. *et al.* **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo: UPF, 2004.

REZENDE, J. H. *et al.* “Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú-SP”. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 18, n.1, 2013.

RIKILS, V. S. S. *et al.* **Resíduos Sólidos no Sul do Estado de Roraima**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016.

RODRIGUES, H. S. *et al.* “Caracterização gravimétrica e projeção de geração dos resíduos sólidos no município de Curaçá/BA”. **Natural Resources**, vol. 8, n. 1, 2018.

RODRIGUES, M. S. *et al.* “Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos”. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. (orgs.). **Gestão de Resíduos na Agricultura e Agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006.

ROSCOE, R. *et al.* **Biomassa microbiana do solo**: fração mais ativa da matéria orgânica. Dourados: Embrapa, 2006.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2003.

SALES, R. A. *et al.* “Influência De Diferentes Fontes De Matéria Orgânica Em Componentes Fisiológicos De Folhas da Espécie *Schinus Terebinthifolius*raddi. (Anacardiaceae)”. **Revista Scientia Sgraria**, vol. 19, 2018.

SOUSA, S. S. *et al.* “Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional”. **Revista Agrogeoambiental**, vol. 8, n. 1, 2016.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília: Embrapa, 2017.

TORTORA, G. J. *et al.* **Microbiologia**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **Composting in the Classroom: Scientific Inquiry for High School Students**. Dubuque: Kendall/hunt Publishing Company, 1998.

TUOMELA, M. *et al.* “Biodegradation of lignin in a compost environment: a review”. **Bioresource Technol**, vol. 72, n. 2, 2000.

YEH, C.K. *et al.* “Optimizing Food Waste Composting Parameters and Evaluating Heat Generation”. **Applied Sciences**, vol 10, 2020.

ZHANG, M. *et al.* “Occurrence, fate and mass loadings of antibiotics in two swine wastewater treatment systems”. **Science of The Total Environment**, vol. 639, 2018.

CAPÍTULO 4

Sistemas Bioeletroquímicos:

Inovações nos Tratamentos de Resíduos e Efluentes

SISTEMAS BIOLETROQUÍMICOS: INOVAÇÕES NOS TRATAMENTOS DE RESÍDUOS E EFLUENTES

Maick Meneguzzo Prado

Ana Claudia Andrade Alves

O Dr. Richard Smalley, um dos laureados do Prêmio Nobel de 1996 na área de Química, afirmou em 2003 que: “a energia é o desafio mais crítico que a humanidade enfrenta” (RITTER, 2003). Estimativas atuais vão de encontro com essa afirmação, visto que cerca de 85% da energia utilizada mundialmente é derivada de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) (EIA/U.S, 2019).

Outra pesquisa corrobora com o pensamento de Smalley e aponta que no ano de 2250 as fontes energéticas derivadas de combustíveis, que não são sustentáveis, estarão esgotadas (MAGGIO; CACCIOLA, 2012). Assim sendo, a produção de energia através de recursos renováveis se torna cada vez mais necessária nos últimos anos, e sua projeção para 2050 é que atinja um patamar de 30% do total da energia produzida. (EIA/U.S, 2019).

A maioria dos processos industriais consome grande quantidade de energia elétrica, dentre eles os sistemas de tratamento de resíduos e efluentes com suas técnicas convencionais, principalmente processos que necessitam de oxigênio através da etapa de aeração (HE *et al.*, 2019; AWE; LIU; ZHAO, 2016).

Os sistemas bioeletroquímicos surgem como uma fonte alternativa de energia renovável que vem sendo investigada de forma mais intensa nos últimos 20 anos. Esta tecnologia apresenta algumas



vantagens frente aos sistemas convencionais de tratamento biológico de resíduos, como a eficiência de remoção de contaminantes e concomitante com geração de bioeletricidade, com redução no consumo energético e na produção de lodo (SUN *et al.*, 2016).

Os sistemas bioeletroquímicos são investigados constantemente, avaliando-se reações eletroquímicas abióticas clássicas e físicas. Cerca de 75% dos estudos nesta grande área estão voltados para as biocélulas combustíveis (MFC) (do termo em inglês *microbial fuel cell*), possuindo vantagens em relação às células combustíveis convencionais, como a possibilidade de uso em baixas temperaturas, com valores de pH próximos da neutralidade, utilização de biomassa e impacto ambiental moderado (SANTORO *et al.*, 2017).

Geralmente esses sistemas utilizam microrganismos de baixo custo que oxidam compostos orgânicos, transferindo elétrons para o ânodo e gerando excedentes de energia elétrica de 10 a 20% além do consumo do próprio sistema e uma produção de lodo que pode ser até 70% menor do que a observada em tratamentos convencionais de resíduos (WANG; REN, 2013).

O objetivo deste trabalho é discutir as configurações de alguns sistemas bioeletroquímicos e a possibilidade que esses sistemas têm no tratamento de resíduos e efluentes através de uma revisão na bibliografia até o momento.

Para tal, a metodologia escolhida foi aplicada executando etapas: escolha do tema, definição dos objetivos, coleta de dados, análise na plataforma Scopus, seleção de artigos e resultados obtidos. As ações prosseguiram conforme abordagem de Metodologia para Itens de Relatório Preferenciais para Revisão Sistemática e Metanálise (PRISMA).

Cabe ressaltar que sigla BES (*Bioelectrochemical Systems*) é amplamente adotada pela comunidade científica, todavia pode-se

utilizar também o termo *Microbial Electrochemical Systems* (HARNISCH; SCHRÖDER, 2010; LOGAN; RABAEY, 2012). Neste trabalho iremos adotar a terminologia BES. Outros sistemas bioeletroquímicos geralmente podem ser resumidos pela sigla MXC, onde o “X” é referente a cada aplicação específica, e o “MC” à célula microbiana.

Assim, tem-se as células microbianas de: dessalinização (MDC), eletrólise com produção de hidrogênio (MEC), eletrossíntese para síntese de contaminantes orgânicos (MES), remediação de contaminantes subterrâneos (MRC), solares para produção de energia e produtos agregados (MSC), entre outras (HARNISCH; SCHRÖDER, 2010; WANG; REN, 2013).

Quase todos os BES possuem um princípio de funcionamento comum: um ânodo em que substratos biodegradáveis, como resíduos e compostos orgânicos presentes em efluentes, são oxidados por microrganismos e acabam gerando elétrons que podem ser utilizados de diversas formas no cátodo.

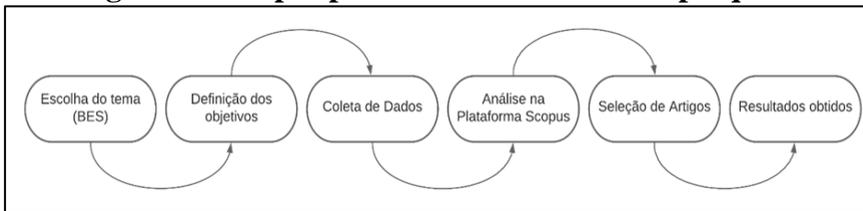
Esses sistemas vêm sendo estudados intensivamente, proporcionando desenvolvimento interdisciplinar e integração para pesquisadores de bioquímica, microbiologia, eletroquímica, ciência de materiais, engenharias e áreas conjuntas para aplicações e viabilidade dos sistemas em escala industrial (FORNERO; ROSENBAUM; ANGENENT, 2010; SARATALE *et al.*, 2017; WANG; REN, 2013).

Essa tecnologia possui eletroquímica microbiana amplamente inexplorada e oferece, em especial para a engenharia diversas funções flexíveis, desde análise de reações bioquímicas até configuração desses sistemas (SANTORO *et al.*, 2017; WINFIELD *et al.*, 2016).

METODOLOGIA

A metodologia foi aplicada executando as etapas determinadas na Figura 1, e as ações prosseguiram conforme abordagem de Metodologia para Itens de Relatório Preferenciais para Revisão Sistemática e Metanálise (PRISMA) (MOHER *et al.*, 2010).

Figura 1 – Etapas para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

Escolha do tema e definição dos objetivos

O tema foi escolhido com base na importância dos sistemas bioeletroquímicos no tratamento de diferentes resíduos, efluentes e aplicações, além da geração energética como fonte renovável e na difusão do conhecimento na área. Fazendo, assim, parte dos objetivos analisar metodologias e variantes desses sistemas.

Coleta dos dados e análise na plataforma Scopus e seleção de artigos

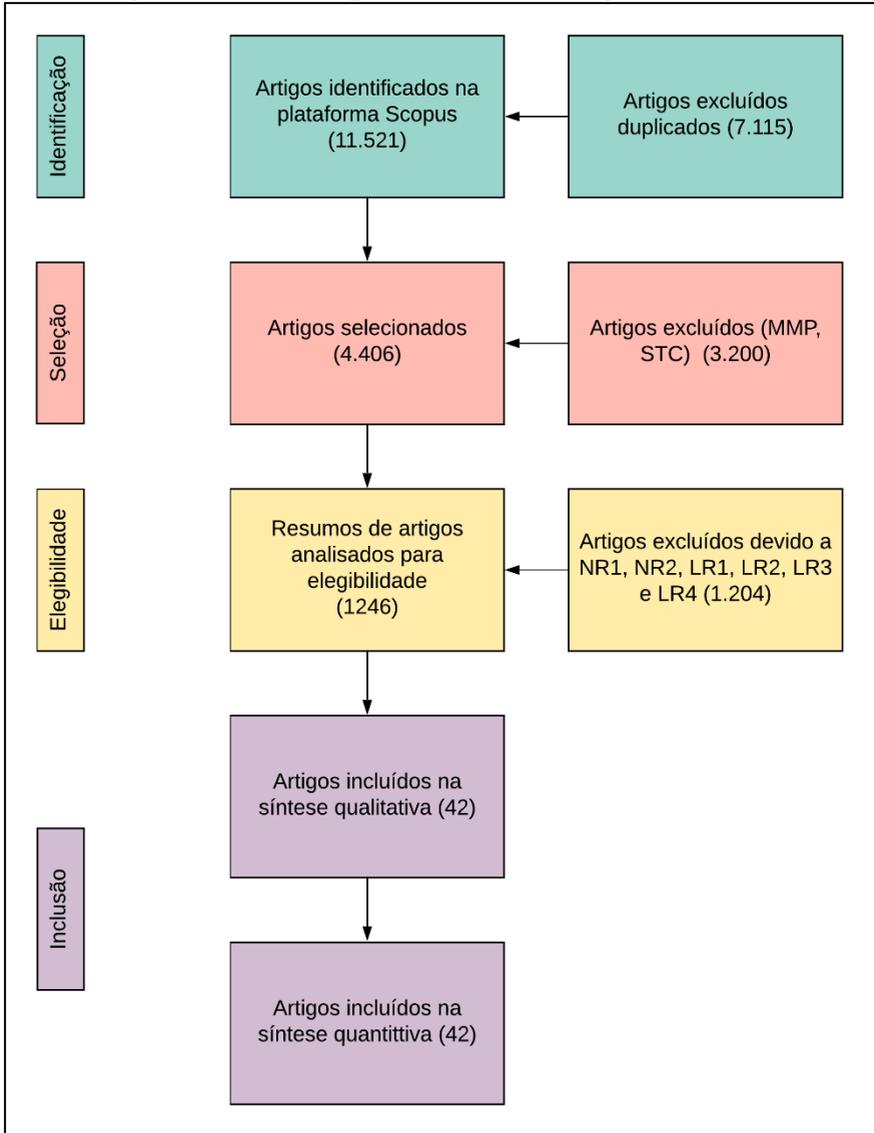
A abordagem do PRISMA, proposta por Moher *et al.* (2010), foi escolhida para condução da Revisão Sistemática de Literatura

neste estudo. Assim, a seleção de trabalhos científicos foi a primeira etapa, direcionada para produções a partir do ano de 2000, sendo a plataforma Scopus utilizada para o banco de dados. O processo de inclusão e eliminação dos trabalhos científicos seguiu critérios específicos, que foram definidos com base nos objetivos deste trabalho, conforme apresentado no Quadro 1, seguindo a definição de critérios proposta por Liao *et al.* (2017).

Quadro 1 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos

	Critério	Explicação
<i>Inclusão</i>	<i>Intimamente relacionado (RC)</i>	Os esforços de pesquisa do artigo são explicitamente dedicados a sistemas bioeletroquímicos. Período de tempo: Ano 2000 até 30/11/2019; Assunto: Sistemas bioeletroquímicos; Tipo de Documento: Artigo; Tipo de fonte: Plataforma Scopus em língua inglesa.
<i>Exclusão</i>	<i>Motivo do mecanismo de pesquisa (MMP)</i>	Um artigo possui apenas o título, o resumo e as palavras-chave em inglês, mas não o texto completo.
	<i>Sem texto completo (STC)</i>	Um trabalho sem o texto completo.
	<i>Não relacionado (NR)</i>	NR1: O artigo não está alinhado com a pesquisa, apenas contém palavras-chave. NR2: O artigo está duplicado, nas palavras-chave pesquisadas.
	<i>Relacionado livremente (RL)</i>	Um artigo não se concentra na discussão de sistemas bioeletroquímicos. Em que: LR1: BES são usados apenas como exemplo de fato; LR2: BES são usados apenas como parte de sua direção de pesquisa futura; LR3: BES é usado apenas em palavras-chave e/ou referências; LR4: Pesquisas que não abordam o contexto dos sistemas bioeletroquímicos.

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: LIAO *et al.* (2017).

Figura 2 - Passo a passo da metodologia PRISMA

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: UHLMANN; FRAZZON (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

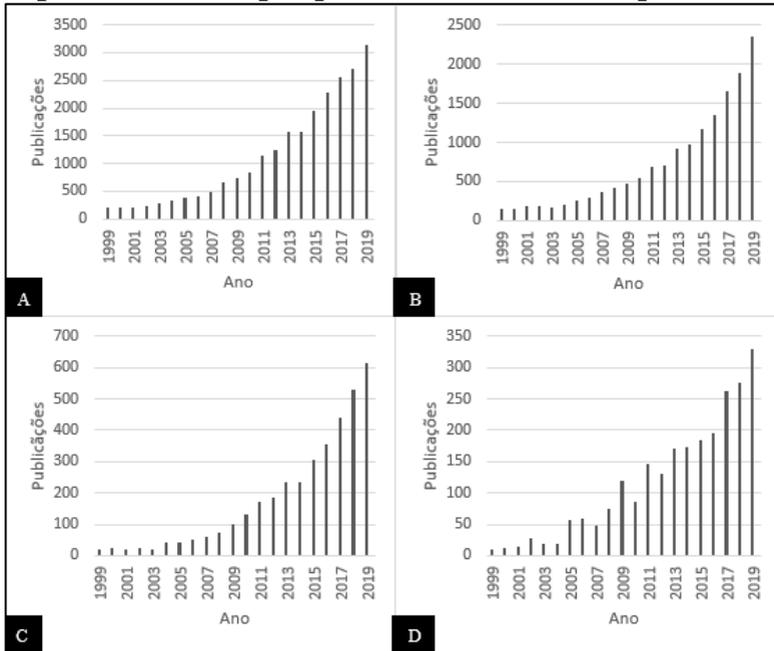
Os artigos utilizados para esta revisão foram na sua maioria publicados no ano de 2012. Isso pode ser explanado, pois os conhecimentos na área foram mais consolidados na primeira década deste século e, assim, suas funcionalidades e aplicações mais evidentes. Os dados apresentados a seguir constituem a revisão da literatura.

Sistemas bioeletroquímicos

A capacidade de transferência de elétrons de microrganismos para eletrodos foi descrita pela primeira vez por Potter em 1911 (POTTER, 1911). Com essa descoberta desenvolveram-se nas últimas décadas os BES (SARATALE *et al.*, 2017). Várias pesquisas envolvendo esses sistemas vêm ganhando atenção, conforme pode-se verificar no aumento de publicações em plataformas de conhecimento científico, apresentado na Figura 3 com os artigos publicados com alguns termos nessa área no período entre 1999 e 2019.

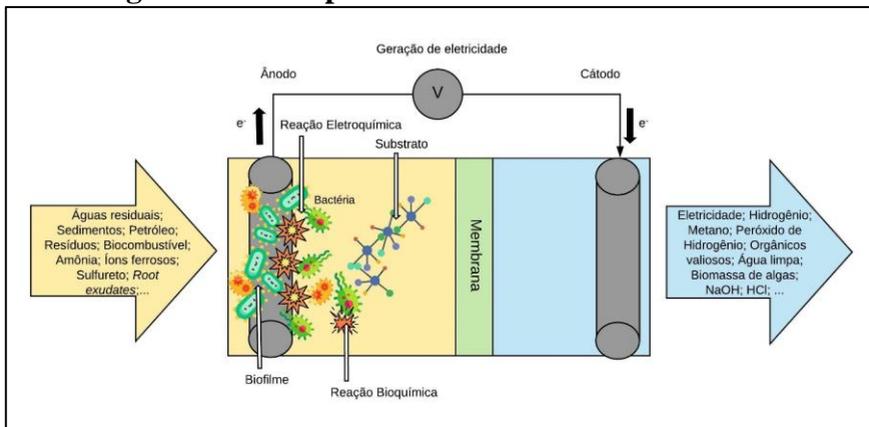
Os BES têm capacidade de converter energia química em energia elétrica, combustíveis ou produtos bioquímicos, através do biocatalisador (microrganismos ou enzimas), sendo que a interação eletroquímica entre os microrganismos possui função decisiva para funcionamento desses sistemas (WANG *et al.*, 2015).

Figura 3 - Número de artigos publicados nas plataformas Scopus para sistemas bioeletroquímicos



Fonte: SCOPUS (2020).

Uma configuração básica dos BES está apresentada na Figura 4, onde o substrato é degradado através de reações bioquímicas que auxiliam na formação do biofilme. Os microrganismos ficam agregados ao eletrodo, realizando reações eletroquímicas que geram elétrons livres que são conduzidos para o cátodo através da diferença de potencial. A energia elétrica é então gerada a partir dessa diferença de potencial entre os canais anódico e catódico. Inúmeros substratos podem ser utilizados no ânodo, como, por exemplo, águas residuais, sedimentos, resíduos, dentre outros.

Figura 4 - Princípio de funcionamento de um BES

Fonte: Elaboração própria.

Muitas reações podem ocorrer nas câmaras constituintes dos BES devido à presença do biofilme aderido, e em alguns casos a microrganismos diretamente catalisados eletroquimicamente. Moléculas maiores podem ser degradadas e convertidas em moléculas mais simples no ânodo. Ocorrem também reações que geram hidrogênio, etanol e ácidos graxos que podem ser utilizados na geração energética. As reações de geração de energia elétrica ou formação de produtos químicos de interesse financeiro ocorrem no cátodo (LOGAN; RABAEY, 2012).

As aplicações são diversas, e para cada tipo de aplicação, diferentes tipos de BES estão em processo contínuo de desenvolvimento e otimização (WANG; REN, 2013). Nos tópicos a seguir estão detalhados os principais tipos de BES, conforme seu funcionamento e aplicação.

Célula Combustível Microbiana

A tecnologia das MFC vem chamando a atenção da comunidade científica, principalmente devido à capacidade de transformação de resíduos e poluentes orgânicos em eletricidade por meio de reações eletroquímicas (catódicas e anódicas), e catalíticas microbianas/enzimáticas/abióticas (SANTORO *et al.*, 2017; WINFIELD *et al.*, 2016).

Nas MFC, ocorre a conversão direta de energia química em energia elétrica devido a uma série de reações de oxidação-redução. Essa célula pode ser considerada como um sistema eletroquímico biocatalisador (MOHAN *et al.*, 2014; RAHIMNEJAD; ADHAMI, 2015), que se concentra na produção de eletricidade a partir de materiais biodegradáveis (WANG; REN, 2013). As principais reações em meia célula (ânodo e cátodo) para degradação e conversão de carbono e nitrogênio que ocorrem nas MFC são apresentadas no Quadro 2.

O princípio deste sistema baseia-se no fato de que substratos orgânicos são oxidados por bactérias eletroativas na câmara do ânodo e produzem elétrons, os quais são então transferidos para o cátodo através de um circuito externo. Os microrganismos na câmara do cátodo posteriormente podem desenvolver a nitrificação e/ou a desnitrificação utilizando os elétrons provenientes do ânodo (SUN *et al.*, 2016).

Além de microrganismos, a câmara do cátodo pode conter apenas aceptores de elétrons, dentre eles o oxigênio, que devido ao seu alto potencial de redução e sua disponibilidade vem sendo intensivamente utilizado nos cátodos a ar. A principal limitação deste tipo de cátodo é que eles sofrem com a desvantagem cinética de redução-oxidação mais lenta em condições ambientais, portanto, requerem catalisadores de materiais mais caros, como a platina.

Outra desvantagem está relacionada aos altos requisitos de energia associados ao equipamento mecânico usado para manter o oxigênio dissolvido em concentrações ideais (KOKABIAN; GUDE, 2013).

Quadro 2 - Principais reações em meia célula

Reações em meia célula	Referência
Ânodo	
$\text{CH}_3\text{COO}^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + 9\text{H}^+ + 8\text{e}^-$	CHENG; GINIGE; KAKSONEN, 2012
$\text{C}_2\text{H}_{12}\text{O}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + 9\text{H}^+ + 8\text{e}^-$	MOOK et al., 2013
$\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	MOOK et al., 2013
Cátodo	
$2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	CHENG; GINIGE; KAKSONEN, 2012
$\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	NGUYEN et al., 2015
$\text{NO}_2^- + \text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{S}$	NGUYEN et al., 2015
$\text{NO} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow 0,5\text{N}_2\text{O} + 0,5\text{H}_2\text{O}$	NGUYEN et al., 2015
$0,5\text{N}_2\text{O} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow 0,5\text{N}_2 + 0,5\text{H}_2\text{O}$	NGUYEN et al., 2015
$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	DU; LI; GU, 2007

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: SUN et al. (2016).

Esses sistemas possuem benefícios em relação aos processos com células combustíveis convencionais, como baixa temperatura de operação (15°C a 45°C) que pode funcionar de forma eficiente na temperatura ambiente (LARROSA-GUERRERO et al., 2010; TEE et al., 2017); pH neutro para operação, inclusive aumentando a corrente (YE; ZHU; LOGAN, 2016); o eletrocatalisador é composto por bactérias ou proteínas no ânodo (BOROLE et al., 2011); possibilidade de utilização de diferentes tipos de efluentes ou resíduos na forma de biomassa para uso nas reações no ânodo (PANDEY et al., 2016; POTTER, 1911); além de um impacto ambiental menor do que as células combustíveis convencionais, avaliando seus ciclos de vida (PANT et al., 2011).

Célula Microbiana de Dessalinização e variantes

O BES foi utilizado para dessalinização de água pela primeira vez em 2009; o trabalho de desenvolvimento da MDC foi selecionado como artigo principal na *Environmental Science & Technology* no mesmo ano (CAO *et al.*, 2009). O funcionamento da MDC se baseia na capacidade de utilizar a diferença de potencial elétrico gerado entre o ânodo e o cátodo para conduzir a dessalinização *in situ*. No caso de tratamento de águas residuais, a energia elétrica produzida através da conversão da energia química é utilizada na própria unidade (PERAZZOLI *et al.*, 2018).

Diferentemente dos outros BES, as MDC possuem uma terceira câmara de dessalinização que inclui duas membranas: a de troca aniônica (AEM) e a de troca catiônica (CEM) entre o ânodo e o cátodo (CAO *et al.*, 2009), respectivamente. Seu funcionamento parte do princípio de que as bactérias que estão na câmara do ânodo oxidam substratos biodegradáveis e produzem corrente e prótons; então, na câmara de dessalinização os ânions migram para o ânodo e os cátions para o cátodo, através do equilíbrio de carga, dessalinizando assim a solução da câmara do meio (LUO *et al.*, 2012; PERAZZOLI; SANTANA NETO; SOARES, 2020). Outras abordagens também vêm sendo investigadas, como conduzir os sais para a câmara do meio através da dessalinização do anólito e católito (KIM; LOGAN, 2013).

As células combustíveis microbianas osmóticas (OsMFCs), ou MDC osmóticas, são outra variante da MDC, na qual substitui-se a AEM por uma membrana de osmose para retirada de água pura de águas residuais, e impulsionam estudos para regeneração de membranas nesses casos (ZHU *et al.*, 2016).

Ainda existe a célula de dessalinização capacitiva (cMDC), que incorpora a deionização capacitiva nas MDC afim de melhorar

a eficiência do processo (FORRESTAL *et al.*, 2012; LIANG *et al.*, 2011; YUAN *et al.*, 2012). Já a tecnologia de dessalinização por eletrólise microbiana e de célula de produção química (MEDCC) produz soluções de ácido clorídrico e hidróxido de sódio através de um sistema de quatro câmaras (CHEN *et al.*, 2012).

As MDC podem ser utilizadas como equipamentos independentes para degradação de compostos orgânicos e remoção de sal com produção de energia ou pré-tratamento para processos de dessalinização convencionais, como osmose reversa, reduzindo a concentração de sal e minimizando consumo de energia e incrustações na membrana (EBRAHIMI; YOUSEFI KEBRIA; DARZI, 2018). Estima-se que uma MDC pode produzir até 58% da energia elétrica requerida pelos sistemas de osmose (JACOBSON; DREW; HE, 2011), com possibilidade de diminuição dos custos operacionais inclusive dos processos convencionais de dessalinização (PERAZZOLI; SANTANA NETO; SOARES, 2018).

Célula de Remediação Microbiana

As MRC utilizam eletrodos para servir como aceptores de elétrons inesgotáveis (ânodo) ou doadores (cátodo) para remediação de contaminantes do solo (MORRIS; JIN, 2008). Este sistema pode ser composto por um único ou um conjunto de eletrodos sem necessidade de câmaras fechadas, onde microrganismos podem degradar de forma simultânea poluentes orgânicos e produzir energia elétrica. É um processo sustentável, pois elimina o uso de produtos químicos e reduz o custo operacional relacionado com energia elétrica (WANG; REN, 2013).

Em trabalhos realizados na última década verificou-se um aumento elevado na taxa de oxidação/degradação de contaminantes com MRC em comparação aos processos convencionais: no caso de

contaminantes de petróleo, chegou a 164% (MORRIS; JIN, 2008) e no óleo bruto, em 120% (WANG *et al.*, 2012). Acredita-se que essa degradação alta seja devido à transferência mais rápida de elétrons por eletrodos com maior capacidade de condução e que a competição entre os microrganismos para alcançar e entregar elétrons aos eletrodos estimule atividades metabólicas mais elevadas e assim a remoção imediata de elétrons através do eletrodo (WANG; REN, 2013).

As aplicações desses sistemas envolvem vários estudos, com diversos contaminantes: diesel, etanol, 1,2-dicloroetano, tricloroeteno, piridina, solventes clorados, perclorato, cromo, urânio, entre outros (WANG; REN, 2013).

Célula Microbiana Solar

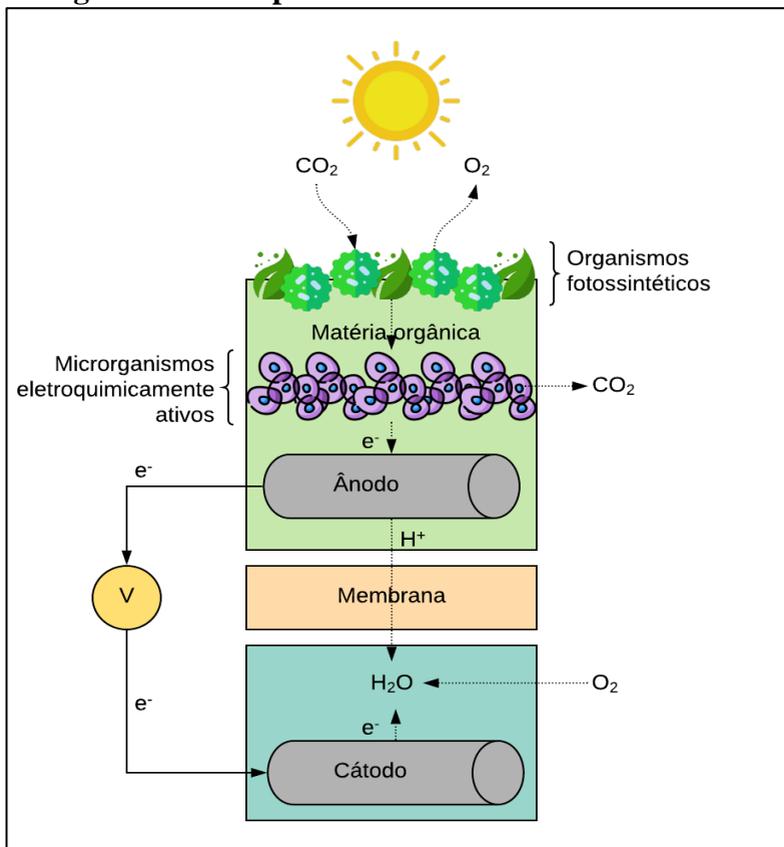
A MSC é uma tecnologia recentemente desenvolvida que utiliza energia solar para produzir eletricidade ou produtos químicos. Nestas células, os microrganismos fotoautotróficos ou plantas utilizam a energia solar para produção de matéria orgânica através da fotossíntese e usam microrganismos eletroquimicamente ativos no sistema para gerar corrente elétrica. Na Figura 5 está apresentado o esquema de funcionamento de uma MSC.

Na etapa inicial ocorre a fotossíntese, em seguida a matéria orgânica é transportada para o ânodo, onde ocorre a oxidação anódica por bactérias eletroquimicamente ativas, e, por fim, ocorre a redução catódica de oxigênio em água (STRIK *et al.*, 2011). No Quadro 3 estão apresentadas as reações químicas envolvidas na MSC.

Plantas, bactérias fotoautotróficas e algas são responsáveis pela conversão de energia solar em matéria orgânica, e a partir do tipo do organismo o sistema recebe uma classificação. Uma

variedade muito ampla de nomes e sistemas relacionados às MSC tem sido relatada na literatura, todavia, todos possuem o mesmo princípio (WANG; REN, 2013).

Figura 5 - Princípio de funcionamento de uma MSC



Fonte: Elaboração própria.

As MSC mais populares são de plantas, que usam os rizodepositores orgânicos excretados das plantas superiores vivas

para alimentar as bactérias eletroativas para a produção de eletricidade. Capim e arroz de cana foram usados inicialmente para demonstrar as relações sintróficas, com potências máximas de 67mW m^{-2} (STRIK *et al.*, 2008) e 26 mW m^{-2} (DE SCHAMPHELAIRES *et al.*, 2008).

Quadro 3 - Reações químicas envolvidas no funcionamento de uma MSC

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	Fotossíntese
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{HCO}_3^- + 30\text{H}^+ + 24\text{e}^-$	Oxidação anódica
$6\text{O}_2 + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^- \rightarrow 12\text{H}_2\text{O}$	Redução catódica

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: STRIK *et al.* (2011).

As MSC são os únicos BES que não dependem de doadores externos de elétrons como matéria orgânica, utilizam apenas a energia solar para conversão em energia elétrica e produtos químicos. Essas células ainda possuem baixa potência e são uma oportunidade de pesquisa para aprimoramento, incluindo diversas áreas do conhecimento (WANG; REN, 2013).

Célula de Eletrólise Microbiana

A MEC possibilita a formação de hidrogênio no cátodo, através da redução de prótons. O uso de uma tensão externa no topo do potencial de uma MFC é a característica principal desse tipo de

célula (LIU; GROT; LOGAN, 2005; ROZENDAL *et al.*, 2006). Nesses sistemas, a tensão aplicada varia de 0,6 a 1,0 V, inferior ao processo tradicional da eletrólise da água (1,8 – 2,0 V) (LOGAN *et al.*, 2008).

A MEC pode utilizar resíduos e materiais renováveis como substratos, alcançando taxas de produção de hidrogênio superiores a $1 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ m}^{-3}$ do reator com um rendimento de até 11 mol H₂ por mol de glicose (LIU; HU, 2012; LOGAN *et al.*, 2008).

Além do hidrogênio, outros produtos químicos inorgânicos já foram sintetizados no cátodo das MEC: fosfato como estruvita (CUSICK; KIM; LOGAN, 2012), peróxido de hidrogênio através da redução de oxigênio (ROZENDAL *et al.*, 2009) e soluções alcalinas com o acetato como doador de elétrons (RABAEY *et al.*, 2010). Neste último caso podem ser utilizadas como desinfetantes de baixo custo (WANG; REN, 2013).

Célula de Eletrossíntese Microbiana

A MES está em ascensão na pesquisa e desenvolvimento nos processos eletroquímicos. O princípio destas células é o uso de elétrons derivados do cátodo para reduzir o dióxido de carbono e outros produtos químicos em uma variedade de compostos orgânicos, visando cadeias com mais carbonos e precursores de produtos químicos de valor agregado desejáveis ou combustíveis como o butanol (LOVLEY; NEVIN, 2011; RABAEY; GIRGUIS; NIELSEN, 2011).

A eletrossíntese é um termo introduzido na última década, sendo que a primeira pesquisa relatada com produção de metano em reator com ânodo abiótico e biocátodo foi em 2009 (CHENG *et al.*, 2009). Posteriormente, com avanços em pesquisas na formação de

compostos, obteve-se acetato e 2-oxobutirato a partir de dióxido de carbono (NEVIN *et al.*, 2012). A partir de águas residuais de cervejarias, os seguintes compostos já foram obtidos com o biocátodo: metano, acetato e hidrogênio (MARSHALL *et al.*, 2012).

A eletrossíntese possui amplo potencial, todavia atualmente ainda existem grandes desafios tecnológicos, incluindo melhoria genética de microrganismos e a necessidade de redução de custos para serem implantados em larga escala (WANG; REN, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo analisou as atuais tecnologias envolvidas para sistemas microbianos eletroquímicos e suas aplicações, visando principalmente o potencial energético e o tratamento de resíduos e efluentes.

Verificou-se o princípio de funcionamento das células combustíveis microbianas, que tem como principal produto a geração de energia elétrica, geralmente superior a $0,5 \text{ V m}^{-2}$ com uso de resíduos (SHARMA; LI, 2010). Também foi analisada a célula de remediação microbiana, a qual possui alto potencial de degradação para contaminantes oriundos de derramamentos acidentais de derivados de petróleo, também gerando eletricidade.

Apesar de ainda possuírem baixa potência, as células solares microbianas são as únicas BES que não dependem de doadores externos de elétrons. São dependentes apenas de energia solar inesgotável e com capacidade de conversão em energia e produtos químicos, sendo, portanto, uma tecnologia que merece grande atenção da comunidade científica.

Esses sistemas também se mostraram mais eficientes do que processos clássicos de obtenção de hidrogênio, como é o caso das

células de eletrólise microbiana, que ainda são capazes de produzir soluções alcalinas, peróxido de hidrogênio e fosfato. Além disso, as células de dessalinização microbianas foram desenvolvidas com o objetivo de dessalinizar correntes salinas, como a água do mar, além da geração de energia elétrica, podendo ser acopladas a outras tecnologias para obtenção de águas ainda mais puras.

Por fim, as células de eletrossíntese microbiana se mostram como opção para síntese de compostos de valor agregado, com cadeias mais longas de carbono a partir do dióxido de carbono. Todavia, ainda se mostra como uma tecnologia de alto valor financeiro.

Apesar dos resultados e avanços promissores obtidos até o momento, os sistemas bioeletroquímicos ainda não são aplicados amplamente devido aos custos elevados relacionados aos materiais constituintes.

Inúmeros estudos também têm investigado a otimização das condições operacionais e da transferência de elétrons destes sistemas. Desta forma, o desenvolvimento de pesquisas na área ainda é necessário para auxiliar na viabilidade técnica e econômica de aplicação dos BES em escala industrial.

Os principais objetivos dessas pesquisas têm sido maximizar a eficiência no tratamento dos resíduos e efluentes e a geração de elétrons livres, que podem ser utilizados para geração de energia elétrica sustentável com a possibilidade de síntese de produtos químicos de valor agregado.

REFERÊNCIAS

AWE, O. W.; LIU, R.; ZHAO, Y. "Analysis of energy consumption and saving in wastewater treatment plant: case study from Ireland". **Journal of Water Sustainability**, vol. 6, n. 2, 2016.

BOROLE, A. P. *et al.* "Electroactive biofilms: Current status and future research needs". **Energy and Environmental Science**, vol. 4, n. 12, 2011.

CAO, X. *et al.* "A new method for water desalination using microbial desalination cells". **Environmental Science and Technology**, vol. 43, n. 18, 2009.

CHEN, S. *et al.* "Development of the microbial electrolysis desalination and chemical-production cell for desalination as well as acid and alkali productions". **Environmental Science and Technology**, vol. 46, n. 4, 2012.

CHENG, K. Y.; GINIGE, M. P.; KAKSONEN, A. H. "Ano-Cathophilic Biofilm Catalyzes Both Anodic Carbon Oxidation and Cathodic Denitrification". **Environmental Science and Technology**, vol. 46, n.18, 2012.

CHENG, S. *et al.* "Direct biological conversion of electrical current into methane by electromethanogenesis". **Environmental Science and Technology**, vol. 43, n. 10, 2009.

CUSICK, R. D.; KIM, Y.; LOGAN, B. E. "Energy capture from thermolytic solutions in microbial reverse - electro dialysis cells". **Science**, vol. 335, n. 6075, 2012.

DE SCHAMPHELAIRE, L. *et al.* "Microbial fuel cells generating electricity from rhizodeposits of rice plants". **Environmental Science and Technology**, vol. 42, n. 8, 2008.

DU, Z.; LI, H.; GU, T. "A state of the art review on microbial fuel cells: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy". **Chinese Academy of Sciences**, vol. 25, 2007.

EBRAHIMI, A.; YOUSEFI KEBRIA, D.; DARZI, G. N. "Improving bioelectricity generation and COD removal of sewage sludge in microbial desalination cell". **Environmental Technology**, vol. 39, n. 9, 2018.

EIA - U.S Energy Information Administration. **International Energy Outlook 2019**: with projections to 2050. Washington: EIA, 2019.

FORNERO, J. J.; ROSENBAUM, M.; ANGENENT, L. T. "Electric power generation from municipal, food, and animal wastewaters using microbial fuel cells". **Electroanalysis**, vol. 22, n. 7, 2010.

FORRESTAL, C. *et al.* "Microbial desalination cell with capacitive adsorption for ion migration control". **Bioresource Technology**, vol. 120, 2012.

HARNISCH, F.; SCHRÖDER, U. "From MFC to MXC: chemical and biological cathodes and their potential for microbial bioelectrochemical systems". **Chemical Society Reviews**, vol. 39, n. 11, 2010.

HE, Y. *et al.* "Assessment of energy consumption of municipal wastewater treatment plants in China". **Journal of Cleaner Production**, vol. 228, 2019.

JACOBSON, K. S.; DREW, D. M.; HE, Z. "Use of a liter-scale microbial desalination cell as a platform to study bioelectrochemical desalination with salt solution or artificial seawater". **Environmental Science and Technology**, vol. 45, n. 10, 2011.

KIM, Y.; LOGAN, B. E. "Simultaneous removal of organic matter and salt ions from saline wastewater in bioelectrochemical systems". **Desalination**, vol. 308, 2013.

KOKABIAN, B.; GUDE V.G. "Photosynthetic microbial desalination cells (PMDCs) for clean energy, water and biomass production". **Environmental Science: Processes Impacts**, vol. 15, 2013.

LARROSA-GUERRERO, A. *et al.* "Effect of temperature on the performance of microbial fuel cells". **Fuel**, vol. 89, n. 12, 2010.

LIANG, P. *et al.* "Alternate charging and discharging of capacitor to enhance the electron production of bioelectrochemical systems". **Environmental Science and Technology**, vol. 45, n. 15, 2011.

LIAO, Y. *et al.* "Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal". **International Journal of Production Research**, vol. 55, n. 12, 2017.

LIMA, A. C. G.; PASSAMANI, F. C. **Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES** (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental). Vitória: UFES, 2012.

LIU, H.; GROT, S.; LOGAN, B. E. "Electrochemically assisted microbial production of hydrogen from acetate". **Environmental Science and Technology**, vol. 39, n. 11, 2005.

LIU, H.; HU, H. "Microbial electrolysis: novel biotechnology for hydrogen production from biomass". *In*: HALLENBECK, P. C. (ed.). **Microbial Technologies in Advanced Biofuels Production**. New York: Springer, 2012.

LOGAN, B. E. *et al.* "Microbial electrolysis cells for high yield hydrogen gas production from organic matter". **Environmental Science and Technology**, vol. 42, n. 23, 2008.

LOGAN, B. E.; RABAEY, K. "Conversion of wastes into bioelectricity and chemicals by using microbial electrochemical technologies". **Science**, vol. 337, n. 6095, 2012.

LOVLEY, D. R.; NEVIN, K. P. "A shift in the current: new applications and concepts for microbe-electrode electron exchange". **Current Opinion in Biotechnology**, vol. 22, n. 3, 2011.

LUO, H. *et al.* "Microbial desalination cells for improved performance in wastewater treatment, electricity production, and desalination". **Bioresource Technology**, vol. 105, 2012.

MAGGIO, G.; CACCIOLA, G. "When will oil, natural gas, and coal peak?" **Fuel**, vol. 98, n. 2012, 2012.

MARSHALL, C. W. *et al.* "Electrosynthesis of commodity chemicals by an autotrophic microbial community". **Applied and Environmental Microbiology**, vol. 78, n. 23, 2012.

MOHAN, S. V. *et al.* "Microbial fuel cell: critical factors regulating bio-catalyzed electrochemical process and recent advancements". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 40, 2014.

MOHER, D. *et al.* "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement". **International Journal of Surgery**, vol. 8, n. 5, 2010.

MOOK, W. T. *et al.* "Journal of Industrial and engineering chemistry a review on the effect of bio-electrodes on denitrification and organic matter removal processes in bio-electrochemical systems". **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, vol. 19, n. 1, 2013.

MORRIS, J. M.; JIN, S. "Feasibility of using microbial fuel cell technology for bioremediation of hydrocarbons in groundwater".

Journal of Environmental Science Health a Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering, vol. 43, n. 1, 2008.

NEVIN, K. P. *et al.* "Microbial electrosynthesis: feeding microbes electricity to convert carbon dioxide and water to multicarbon extracellular organic compounds kelly". **Microbiology Australia**, vol. 7, 2012.

NGUYEN, V. K. *et al.* "Autotrophic denitri fi cation performance and bacterial community at biocathodes of bioelectrochemical systems with either abiotic or biotic anodes". **Journal of Bioscience and Bioengineering**, vol. 119, n. 2, 2015.

PANDEY, P. *et al.* "Recent advances in the use of different substrates in microbial fuel cells toward wastewater treatment and simultaneous energy recovery". **Applied Energy**, vol. 168, 2016.

PANT, D. *et al.* "An introduction to the life cycle assessment (LCA) of bioelectrochemical systems (BES) for sustainable energy and product generation: relevance and key aspects". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 15, n. 2, 2011.

PERAZZOLI, S. *et al.* "Biological fuel cells produce bioelectricity with in-situ brackish water purification". **Water Science and Technology**, vol. 78, n. 2, 2018.

PERAZZOLI, S.; SANTANA NETO, J. P.; SOARES, H. M. "Anoxic-biocathode microbial desalination cell as a new approach for wastewater remediation and clean water production". **Water Science and Technology**, vol. 81, n. 3, 2020.

PERAZZOLI, S.; SANTANA NETO, J. P.; SOARES, H. M. "Prospects in bioelectrochemical technologies for wastewater treatment". **Water Science and Technology**, vol. 78, n. 3, 2018.

POTTER, M. C. "Electrical Effects accompanying the Decomposition of Organic Compounds". **Proceedings of The Royal Society**, vol. 84, 1911.

RABAEY, K. *et al.* "High current generation coupled to caustic production using a lamellar bioelectrochemical system". **Environmental Science and Technology**, vol. 44, n. 11, 2010.

RABAEY, K.; GIRGUIS, P.; NIELSEN, L. K. "Metabolic and practical considerations on microbial electrosynthesis". **Current Opinion in Biotechnology**, vol. 22, n. 3, 2011.

RAHIMNEJAD, M.; ADHAMI, A. "Microbial fuel cell as new technology for bioelectricity generation: a review". **Alexandria Engineering Journal**, vol. 54, n. 3, 2015.

RITTER, S. K. "Green Solutions to Global Problems". **Science e Technology**, vol. 81, n. 39, 2003.

ROZENDAL, R. A. *et al.* "Efficient hydrogen peroxide generation from organic matter in a bioelectrochemical system". **Electrochemistry Communications**, vol. 11, n. 9, 2009.

ROZENDAL, R. A. *et al.* "Principle and perspectives of hydrogen production through biocatalyzed electrolysis". **International Journal of Hydrogen Energy**, vol. 31, n. 12, 2006.

SANTORO, C. *et al.* "Microbial fuel cells: from fundamentals to applications". A review. **Journal of Power Sources**, vol. 356, 2017.

SARATALE, R. G. *et al.* "Microbiome involved in microbial electrochemical systems (MESs): a review". **Chemosphere**, vol. 177, 2017.

SHARMA, Y.; LI, B. "The variation of power generation with organic substrates in single-chamber microbial fuel cells (SCMFCs)". **Bioresource Technology**, vol. 101, n. 6, 2010.

STRIK, D. P. B. T. B. *et al.* "Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell". **International Journal of Energy Research**, vol. 32, n. 9, 2008.

STRIK, D. P. B. T. B. *et al.* "Microbial solar cells: Applying photosynthetic and electrochemically active organisms". **Trends in Biotechnology**, vol. 29, n. 1, 2011.

SUN, H. *et al.* "Performance and recent improvement in microbial fuel cells for simultaneous carbon and nitrogen removal: a review". **Journal of Environmental Sciences**, vol. 39, 2016.

TEE, P. F. *et al.* "Effects of temperature on wastewater treatment in an affordable microbial fuel cell-adsorption hybrid system". **Journal of Environmental Chemical Engineering**, vol. 5, n. 1, 2017.

UHLMANN, I.R.; FRAZZON, E.M. "Production rescheduling review: opportunities for industrial integration and practical applications". **Journal of Manufacturing Systems**, vol. 49, 2018.

WANG, H.; REN, Z. J. "A comprehensive review of microbial electrochemical systems as a platform technology". **Biotechnology Advances**, vol. 31, n. 8, 2013.

WANG, J. *et al.* "A bibliometric review of research trends on bioelectrochemical systems". **Current Science**, vol. 109, n. 12, 2015.

WANG, X. *et al.* "Bioelectrochemical stimulation of petroleum hydrocarbon degradation in saline soil using U-tube microbial fuel cells". **Biotechnology and Bioengineering**, vol. 109, n. 2, 2012.

WINFIELD, J. *et al.* "A review into the use of ceramics in microbial fuel cells". **Bioresource Technology**, vol. 215, 2016.

YE, Y.; ZHU, X.; LOGAN, B. E. "Effect of buffer charge on performance of air-cathodes used in microbial fuel cells". **Electrochimica Acta**, vol. 194, 2016.

YUAN, L. *et al.* "Capacitive deionization coupled with microbial fuel cells to desalinate low-concentration salt water". **Bioresource Technology**, vol. 110, 2012.

ZHU, X. Z. *et al.* "Insights into enhanced current generation of an osmotic microbial fuel cell under membrane fouling condition". **Journal of Membrane Science**, vol. 504, 2016.

CAPÍTULO 5

*Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos em Universidades
Públicas: Estudo preliminar de caso para a UERJ*

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS: ESTUDO PRELIMINAR DE CASO PARA A UERJ

Adacto Benedicto Ottoni

Pedro Henrique Pinto

Marina Amaral

A geração desenfreada de resíduos sólidos se tornou um assunto muito relevante no atual contexto socioambiental e econômico, tanto no mundo, como no Brasil. Apesar disso, o manejo desses resíduos ainda é inadequado em grande parte do país. Com o avanço tecnológico das últimas décadas e o alto crescimento da população, novos padrões de consumo foram adotados, e como resultado, têm-se um maior e inconsciente descarte de resíduos, principalmente nas áreas urbanas.

De acordo com Tauchen e Brandli (2006), faculdades e universidades podem ser consideradas pequenos núcleos urbanos já que são realizadas inúmeras atividades de ensino, extensão, pesquisas, além da presença de restaurantes, cantinas e locais de conveniência.

Desta forma, é fundamental discutir o papel das instituições de ensino superior (IES) nessa temática, visto que as universidades auxiliam na construção de valores e formam futuros profissionais e tomadores de decisões, sendo interessante haver a inclusão da preocupação com questões ambientais e sustentáveis no ambiente universitário.

No entanto, são poucas as instituições que seguem práticas recorrentes de sustentabilidade e educação ambiental dentro de suas

propriedades. Por isso, este artigo tem como objetivo apresentar um diagnóstico sobre a gestão de resíduos sólidos em instituições de ensino superior públicas e discutir a importância e as vantagens de haver a implementação de um sistema de gestão ambiental eficiente.

Em agosto de 2010, foi sancionada a Lei N° 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e reúne o conjunto de diretrizes, objetivos, metas e ações relacionadas ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Destaca-se que um dos princípios desta lei é a visão sistêmica que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública. Esse é um dos grandes desafios de alcançar uma gestão mais sustentável: implementar uma política que atenda todos esses âmbitos.

No Art. 3º, é instituído que geradores de resíduos sólidos são pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo, e pelo Art. 20 e Art. 27 que pelos tipos e pela quantidade de resíduos que a universidade gera, a mesma está sujeita à elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, ficando responsável por elaborar práticas que minimizem o impacto ambiental causados pela má disposição e gestão dos resíduos.

O objetivo de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) é identificar e diagnosticar a tipologia e quantificação dos resíduos e desenvolver ações que orientem o correto manejo desde a separação e coleta até o seu destino final, contribuindo então para uma gestão mais sustentável desses resíduos.

Portanto, faz-se necessário que as IES compreendam suas responsabilidades de implementar políticas sustentáveis e conhecimentos de educação ambiental para obter um campus mais ecológico, e dar exemplo à sociedade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Resíduos Sólidos

De acordo com a norma brasileira NBR 10004:2004 (Resíduos Sólidos - Classificação), a definição de resíduos sólidos é:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Seguindo essa determinação, é possível visualizar a variedade e complexidade desses resíduos sólidos e a necessidade da criação de um sistema de manejo adequado, com uma política e uma gestão ambiental que promova uma segurança sanitária, e assim diminua os impactos ecológicos e de saúde pública que esses resíduos mal gerenciados podem causar.

Ainda na NBR 10004:2004, há a classificação dos resíduos de acordo com os riscos que podem ser apresentados à sociedade e ao meio ambiente. De forma geral, são classificados como resíduos de classe I (Perigosos) e resíduos de classe II (Não perigosos) que está subdividido em classe IIA (Não inertes) e classe IIB (Inertes).

Além dessa norma, existe também a Resolução CONAMA 313/02, onde há uma classificação ainda mais específica dos resíduos. Essas classificações são muito importantes para conseguir estruturar um planejamento adequado e definir suas etapas de segregação, coleta, acondicionamento, transporte e manipulação até chegar na disposição final de cada resíduo gerado.

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Dentro desse contexto, no dia 2 de agosto de 2010 foi sancionada a lei Nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que dispõe dos princípios, objetivos e instrumentos tais como as diretrizes que estão relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

No Art. 9º, a lei estabelece uma seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A não geração e a redução é dependente dos padrões de consumo, portanto, um dos pilares para haver uma eficiente gestão sustentável de resíduos sólidos é definir práticas e estratégias que minimizem essa geração de resíduos a partir de um consumo mais responsável.

A conscientização da sociedade é essencial para alcançar um desenvolvimento mais sustentável, e requer uma atenção maior tanto do poder público como da iniciativa privada. No item XI do Art. 3º, a lei diz que para uma gestão integrada de resíduos sólidos, considera-se as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social.

Portanto, é ideal haver um conjunto de mecanismos que garantam à sociedade informações e participação nas políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos. Incluem-se também empresas privadas que devem possuir responsabilidade socioambiental, e são influenciadas economicamente.

No Art. 8º, é citado o uso de instrumentos como incentivos fiscais e creditícios e a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado em busca de uma gestão mais sustentável. Também vale destacar os demais instrumentos: coleta seletiva e sistema de logística reversa, educação ambiental, incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

A PNRS é considerada um marco no setor por tratar de uma forma geral o manejo de todos os resíduos gerados, incentivando o descarte correto de forma compartilhada. A lei prevê ainda que a responsabilidade do destino final dos resíduos deve ser compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, e consumidores são responsáveis por minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, a fim de reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Papel das universidades na gestão sustentável

A preocupação com uma gestão ambiental e desenvolvimento sustentável também acaba ganhando espaço nas Instituições de Ensino Superior (IES), embora a participação ainda seja mínima na maioria das universidades brasileiras em relação aos princípios de sustentabilidade e qualidade ambiental.

Como disseminadores e produtoras de conhecimento e valores, é um papel fundamental das universidades começar a implementar práticas e políticas com o objetivo de alcançar uma gestão sustentável, e assim dar exemplo à sociedade.

As IES são responsáveis pelos futuros profissionais formados e tomadores de decisões e opiniões, preparando então novas gerações. E essas futuras gerações devem possuir uma consciência ambiental mais sustentável, assumindo suas responsabilidades e minimizando os impactos no meio ambiente.

Como foi visto na PNRS, os geradores de resíduos são responsáveis pelos seus rejeitos, sejam pessoas físicas ou jurídicas, sendo responsabilizados caso seu manejo seja inadequado e cause prejuízos à saúde pública e ambiental. Logo, também por cumprimento legal, as universidades possuem a necessidade de buscar um gerenciamento sustentável e ecológico no descarte dos seus resíduos sólidos. Os campi das universidades são considerados pequenos núcleos urbanos, havendo uma alta e diversificada geração de resíduos sólidos, confirmando ainda mais a necessidade da implementação de um sistema de gestão ambiental nas IES.

É significativo citar que atualmente existe o projeto chamado de EcoCampus, disseminado principalmente na Europa, que nada mais é que um sistema de gerenciamento ambiental direcionado as IES. As faculdades e universidades são reconhecidas pelas suas práticas de sustentabilidade ambiental que sejam compatíveis com a ISO 14001. A ISO 14001 é uma norma internacional que define requisitos para um sistema de gestão ambiental, auxiliando as empresas (sejam elas sem fins lucrativos ou governamentais) a identificar e monitorar as questões ambientais de maneira holística.

De acordo com a norma (ABNT NBR 14001), o objetivo é prover às organizações uma estrutura que consiga equilibrar a proteção ao meio ambiente com as necessidades socioeconômicas.

O sistema de gestão ambiental indicado pela ISO 14001 é baseado no conceito Plan-Do-Check-Act (PDCA):

Plan (planejar): estabelecer os objetivos ambientais e os processos necessários para entregar resultados de acordo com a política ambiental da organização.

Do (fazer): implementar os processos conforme planejado.

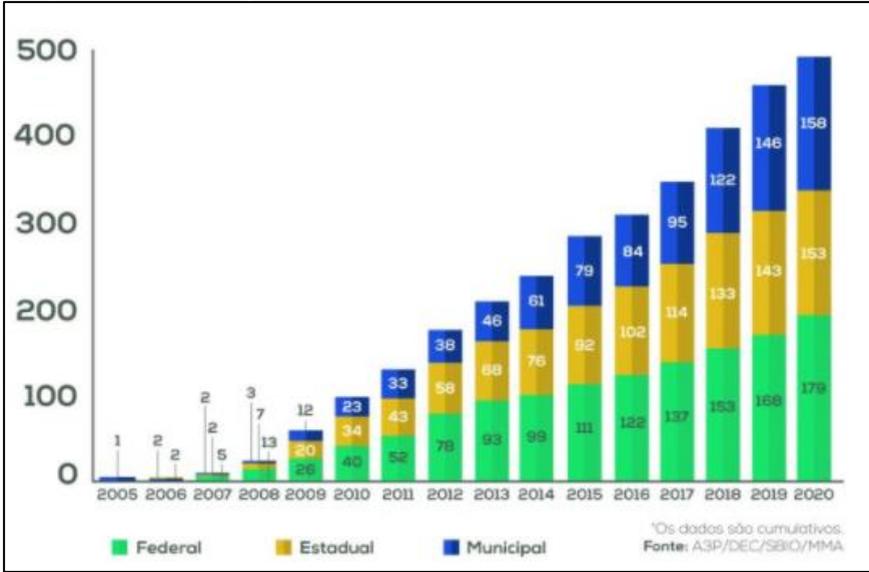
Check (chechar): monitorar e medir os processos em relação à política ambiental, incluindo seus compromissos, objetivos ambientais e critérios operacionais, e reportar os resultados.

Act (agir): tomar ações para melhoria contínua.

Com esse ciclo, a organização consegue criar uma política ambiental que auxilie a identificar e gerenciar suas práticas usuais a fim de reduzir os impactos e riscos ambientais.

No Brasil, em 2017, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou um programa de gestão socioambiental nas universidades públicas através do Programa Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P). A A3P foi criada em 1999, e em 2002 foi premiada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), como “O melhor dos exemplos” na categoria Meio Ambiente.

O trabalho e os resultados positivos foram reconhecidos pelo órgão. Apesar de ser uma agenda voluntária, a adesão ao programa é cada vez maior devido aos seus grandes benefícios e a preocupação diante de uma crise ambiental. O programa A3P é destinado aos órgãos públicos das três instâncias: federal, estadual e municipal.

Figura 1 - Evolução da adesão à A3P do ano de 2005 até 2020

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2020).

Segundo o MMA, a A3P é estruturada em 6 eixos temáticos prioritários baseados nas políticas dos 5R: Repensar, Reduzir, Reaproveitar, Reciclar e Recusar o consumo de produtos que geram impactos socioambientais negativos. Tais eixos são: uso racional dos recursos naturais e bens públicos; Gestão adequada dos resíduos gerados; Qualidade de vida no ambiente de trabalho; Compras públicas sustentáveis; Construções Sustentáveis; Sensibilização e capacitação de servidores.

O programa de gestão socioambiental nas universidades públicas diz que é uma oportunidade para as universidades modernizarem suas administrações. A adoção das diretrizes socioambientais promove uma economia de recursos, reduzindo impactos ambientais e melhorando a qualidade de vida. Acredita-se

que pelo alto reconhecimento e pelo simbolismo, as atitudes e a responsabilidade de uma universidade são muito importantes para a comunidade no geral. Medidas socioambientais e sustentáveis feitas pela gestão universitária refletem e influenciam na sociedade, e abre o olhar na preocupação com o meio ambiente.

Para a implantação de uma gestão socioambiental, o programa possui um passo-a-passo a ser seguido pela universidade. Primeiro, recomenda-se criar um grupo de comissão eleito democraticamente para ficar à frente da gestão que deve ser totalmente compartilhada e envolvida com toda a comunidade acadêmica, desde o reitor até os alunos, e passando por todos os tipos de funcionários.

O segundo passo consiste em realizar um diagnóstico da situação socioambiental da universidade de acordo com os eixos temáticos e com uma metodologia indicada fornecida pelo MMA. Em terceiro, elaborar um plano de gestão socioambiental de acordo com o estudo realizado anteriormente.

É considerado uma ferramenta de planejamento para a universidade estabelecer as práticas e métodos de sustentabilidade que devem ser realizadas. Por fim, deve-se promover a mobilização e sensibilização, ou seja, a universidade deve fornecer uma educação ambiental de qualidade.

Conscientizar e informar sobre a adoção dos novos procedimentos que estão sendo adotados é fundamental para que o plano de gestão socioambiental seja realizado com sucesso.

Depois de implantado, é importante que haja o monitoramento das práticas, para que seja feita uma avaliação do trabalho, e averiguar se as ações estão sendo feitas de maneira correta ou precisam de alguns ajustes para se adequar ao um resultado de excelência.

Educação Ambiental, Coleta Seletiva Solidária e Compostagem

Para o sucesso de um programa de gestão sustentável em instituições de ensino, a educação ambiental é uma chave fundamental. A Lei 9795/99 dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, onde “entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.”

No Art. 5º, são citados como objetivos fundamentais da educação ambiental a garantia da democratização das informações ambientais e o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social. Dessa forma, é necessário propor a aprendizagem e o conhecimento do indivíduo sobre as suas atitudes, principalmente como gerador de resíduos, já que são responsáveis por eles.

Sendo assim, a educação deve ser oferecida em todos os âmbitos, integralizando todos os tipos de pessoas e estimulando o trabalho em equipe, principalmente dentro da universidade, com o objetivo de aumentar ainda mais a eficiência e reduzir os riscos para o meio ambiente. Uma das principais práticas adotadas para um sistema de gestão mais sustentável é a coleta seletiva a fim de destinar e tratar de maneira mais correta a alta quantidade de resíduos gerados, e conseqüentemente reduzir os impactos ambientais e sociais.

A coleta seletiva é a etapa após a separação de materiais recicláveis (plásticos, vidros, papéis, metais e outros) na fonte geradora de resíduos, depois seguindo no seu acondicionamento com o intuito de encaminhá-los para sua destinação correta, seja

reciclagem, reuso, compostagem, tratamento, ou outros destinos alternativos. Esse tipo de coleta tem sido apontado como uma das melhores propostas para a redução do lixo urbano, porém infelizmente ainda não é tão comum na rotina dos brasileiros.

Desse ponto de vista, cabe ressaltar a importância de grandes organizações e administrações darem o exemplo e implantarem a iniciativa de um programa de coleta seletiva. A separação desses materiais possui um papel estratégico pois além das vantagens ambientais: redução do uso de matéria-prima e economia dos recursos naturais; economia de energia no reuso de materiais, redução de disposição de lixo nos aterros e nos impactos ambientais decorrentes (WAITE, 1995), também possuem um papel social e econômico. De acordo com o MMA:

[...] os catadores de materiais recicláveis configuram-se como agente de transformação ambiental e sua ação minimiza o quantitativo de lixo a ser coletado, o que amplia a vida útil dos aterros sanitários.

A coleta seletiva solidária gera empregos e renda, impulsionando também o setor econômico. O Decreto nº 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.

O decreto prevê a criação de uma comissão para a coleta seletiva, onde o objetivo é implantar e supervisionar a separação dos resíduos descartados, e sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais.

Vale ressaltar a importante participação social nesse tipo de prática. Na Política Nacional de Resíduos Sólidos, os planos de gestão de resíduos sólidos são priorizados quando possuem a implantação da coleta seletiva com a participação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formados por pessoas físicas de baixa renda.

É interessante que haja uma inclusão social por parte das instituições, onde possam oferecer um apoio e uma infraestrutura necessária para que essas pessoas desempregadas e/ou em situação de rua consigam participar de uma associação de catadores e conseqüentemente na geração de renda.

Para as instituições, além da redução dos impactos ambientais e do reconhecimento como uma administração com consciência socioambiental e uma gestão sustentável, há também a redução de custo de coleta, transporte, triagem, e destinação final de todos os resíduos sólidos que já são gerados.

Como dito anteriormente, é necessário que complementado com um programa de coleta seletiva, haja também o incentivo e o investimento na educação ambiental para a obtenção de um sistema de sucesso. Mobilizar a comunidade em volta a adotar medidas para minimizar a geração de resíduos e a sua separação correta é indispensável para a contribuição junto à administração da instituição.

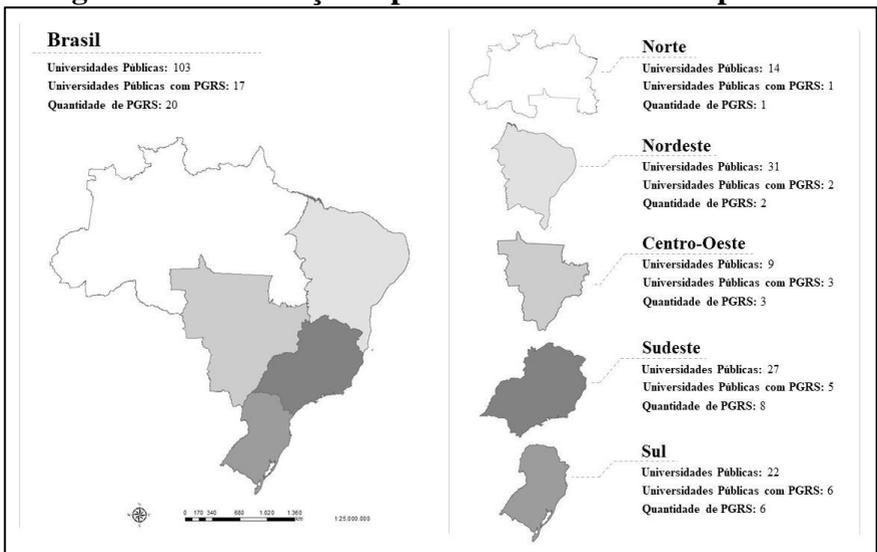
Além da coleta seletiva solidária, cabe citar a prática de compostagem, que é a reciclagem do lixo orgânico, e é uma técnica bastante utilizada para diminuir os riscos ambientais. Embora pareça ser algo simples, ela precisa de algumas licenças ambientais para ser

colocada em prática de maneira correta. Assim se torna uma ótima alternativa para minimizar a fração orgânica de resíduos da universidade, podendo assim aliviar ainda mais os aterros sanitários onde são comumente despejados.

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS

O Brasil possui, em seu território, 103 universidades públicas segundo o INEP/MEC (2018), (OTTONI, 2019) catalogou essas universidades por regiões e apontou a quantidade de instituições que apresentam um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Figura 2 - Distribuição espacial de universidades públicas



Fonte: PGRS (2017).

Apenas PGRS que se enquadram dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos voltados para as universidades públicas foram adotados na pesquisa. Pode-se analisar pela figura 2 que a região com o maior percentual de universidades públicas com PGRS é o Centro-Oeste com 33,3%.

Contudo, esse valor se dá ao baixo número de universidades públicas presentes na região. A região com mais PGRS publicados é a região Sudeste com oito PGRS distribuídos em cinco universidades, totalizando 18,5% do total de instituições na região, indicando que algumas instituições apresentam mais de um plano.

Tem-se um total de vinte PGRS publicados ao todo dentre as universidades públicas sendo a maioria deles entre as regiões Sudeste e Sul. Entende-se que mesmo com quase uma década da publicação da PNRS, a adesão dos PGRS ainda é baixa por conta da baixa qualidade técnica, operacional e financeira de várias esferas do governo. O fraco controle de qualidade e de implementação dos PGRS e o baixo grau de articulação das instituições promotoras do PNRS. Todos esses pontos refletem nas universidades públicas brasileiras.

ESTUDO DE CASO: GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UERJ MARACANÃ NO ANO DE 2019

A partir dessa análise, foi feito um estudo de caso em uma parte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (RJ, Brasil), no Campus Francisco Negrão Lima, mais precisamente no Pavilhão Reitor João Lyra Filho. O prédio é ocupado por mais de 20 cursos e possui 13 andares com 6 blocos cada, interligados por rampas e passarelas. Além das inúmeras salas de aula, os andares possuem

auditórios, bibliotecas, secretarias, laboratórios, lojas de conveniência, restaurantes e cantinas. A fim de obter os dados para solucionar a problemática apresentada, houve a distribuição de formulários para as cantinas e restaurantes do 5º andar do prédio.

Contudo, os formulários não foram preenchidos corretamente, possivelmente pela falta de reconhecimento a respeito dos resíduos descartados pelos estabelecimentos ou pela falta de tempo disponível para o preenchimento. Sendo assim, a metodologia primeiramente abordada teve que ser alterada. Enfim, conseguiu-se uma parceria com a Prefeitura dos Campi e a empresa que realiza a coleta do lixo, e com isso os bolsistas acompanharam os funcionários durante o trabalho diário.

Devido a algumas limitações, a logística adotada foi de realizar, primeiramente, a coleta de dados dos resíduos descartados nos corredores e salas de aula. Quando as lixeiras acopladas aos tratores (Figura 3) se encontravam preenchidas, os bolsistas eram contactados e a separação dos resíduos sólidos era iniciada (Figura 4). Utilizando os EPI 's apropriados para o trabalho, a pesagem era feita e então catalogada.

Tal metodologia abordada foi realizada durante um período de duas semanas até que o volume de dados satisfizesse o cálculo para a média gerada. Após o cálculo da média, os resíduos foram classificados de acordo com a Resolução CONAMA 313/02 e NBR 10.004/04.

Além disso, os dados foram complementados com trabalhos anteriores realizados no campus Maracanã pela Prefeitura dos Campi e o projeto Consumo Sustentável e Gerenciamento de Resíduos (COGERE).

Figura 3 – Trator de transporte dos resíduos



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4 – Processo de separação de resíduos



Fonte: Elaboração própria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao fim do período de coleta dos dados, foi verificado que a Universidade descarta diariamente, no geral, os seguintes resíduos: papel, papelão, plástico, metal, vidro e orgânico. Pela Tabela 1, é possível verificar a quantificação desses resíduos.

Os dados são bastante condizentes com a realidade do meio universitário. De acordo com a Tabela 1, os resíduos que mais são gerados são papel e plástico, o que é justificável pois se utiliza bastante papel e plástico para impressões e materiais de uso escolar/acadêmico. Outros materiais encontrados nas caçambas são de “uso comum” e representam porcentagem bem menor dos dados.

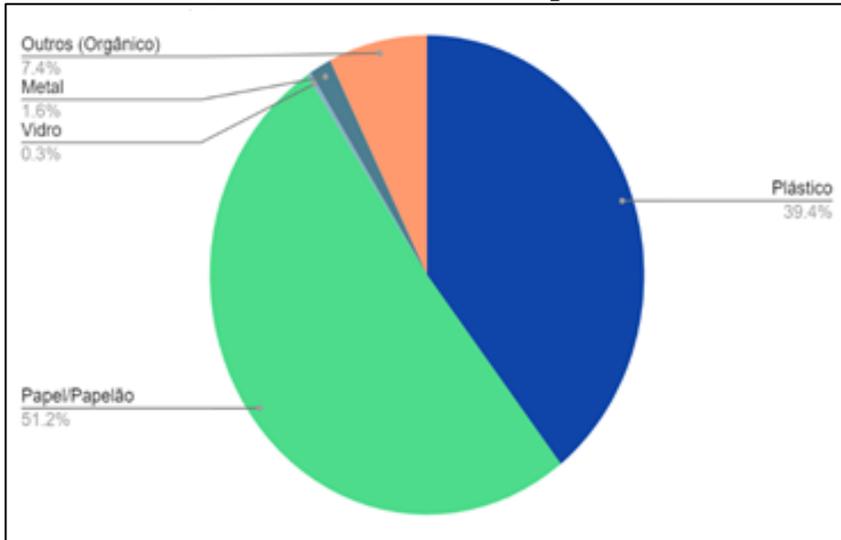
No Gráfico 1 está mostrado a porcentagem qualitativa dos resíduos da UERJ coletados neste projeto durante o período analisado.

Tabela 1 - Quantificação e Classificação dos resíduos

Tipo de Resíduo	Classe (CONAMA 313/02)	Classe (NBR 10.004/04)	Quantidade (kg/mês)	Porcentagem (%)
<i>Plástico</i>	A006	II-B	241	39,44
<i>Papel/Papelão</i>	A 207	II-B	313	51,22
<i>Vidro</i>	A 117	II-B	2	0,32
<i>Metal</i>	A 104	II-B	10	1,63
<i>Outros (orgânico)</i>	A001	II-A	45	7,36

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: NBR 10004/04 e CONAMA 313/02.

Figura 5 - Porcentagem qualitativa dos resíduos coletados durante o período analisado



Fonte: Elaboração própria.

Vale ressaltar também o potencial energético desses materiais encontrados. A UERJ não apresenta um plano efetivo de reaproveitamento deles atualmente. Acredita-se que com a implementação de um plano de reciclagem, seria possível trazer um retorno econômico para a instituição, o que iria também influenciar na educação ambiental no meio universitário e sua periferia (TAUCHEN, 2006; UGWU *et al.*, 2020; WAITE, 1995).

Ideias como reutilização de matéria orgânica despejada pelo restaurante universitário para criação de adubo (TORRIJOS *et al.*, 2021), aproveitamento de resíduos de cidadãos residentes nas proximidades como um projeto de coleta seletiva solidária (WAITE, 1995), parceria com a empresa de coleta seletiva, fazem parte das próximas etapas do projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o sistema de gestão ambiental esteja se disseminando mais pelo Brasil, ainda é muito pouco perto da grandeza do país e da importância da problemática do desenvolvimento sustentável. Além disso, a participação das instituições de ensino superior nesse quesito é ainda muito pequena apesar de terem sido explicitados alguns bons motivos para haver investimentos nessa área.

Vale ressaltar que a inserção de um programa de educação ambiental junto à implementação de práticas ambientais é essencial para alcançar um bom desempenho em uma gestão mais sustentável. Para a questão do descarte dos resíduos sólidos gerados, a coleta seletiva solidária é uma ótima alternativa para minimizar os impactos e danos ambientais causados. Além de impactar positivamente nos âmbitos social e econômico. Promove a geração de empregos e renda aos catadores de materiais recicláveis, e potencializa a valorização do material reciclável.

Quanto às universidades públicas, constatamos que ainda há muito a se fazer em relação às políticas de gestão dos resíduos sólidos. O número de universidades que possuem um PGRS é baixo e muito centrado nas regiões Sul e Sudeste. A falta de investimento nas universidades ao longo do país também influencia na ausência desse planejamento ambiental.

Por fim, os benefícios de uma gestão sustentável de resíduos sólidos são muitos: redução no consumo de recursos naturais; uma melhoria na imagem da instituição com a comunidade; estar de acordo com as legislações ambientais, e a diminuição de impactos negativos causados pelo excesso de lixo gerado no meio ambiente e na saúde humana. Este trabalho reforça a importância na busca de uma estratégia qualificada integralizando toda a comunidade

universitária e acadêmica para um planejamento responsável de uma gestão sustentável de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001:** Sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. **Decreto n. 5.940, de 25 de outubro de 2006.** Brasília: Planalto, 2006. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/05/2022.

BRASIL. **Lei n. 12.305, 02 de agosto de 2010.** Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/05/2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 313, de 29 de outubro de 2002.** Brasília: CONAMA, 2010. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 09/05/2022.

LEITE, J. R.; BELCHIOR, G. **Resíduos Sólidos e Políticas Públicas:** Diálogo entre Universidade, Poder Público e Empresa. Florianópolis: Editora Insular, 2014.

MENDES, L. A. **Diretrizes para Implantação da Gestão Ambiental na Universidade do Estado do Rio de Janeiro -**

Campus Francisco Negrão De Lima (Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental). Rio de Janeiro: UERJ, 2005.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em 10/05/ 2022.

OTTONI, M. **Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) em Universidades Públicas Brasileiras**: Panorama Nacional e Proposta de Diretrizes para PGRS do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental). Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. "A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário". **Gestão e Produção**, vol. 13, n. 3, 2006.

TORRIJOS, V.; DOPICO, D. C.; SOTO, M. "Integration of food waste composting and vegetable gardens in a university campus". **Journal of Cleaner Production**, vol. 315, 2021.

UGWU, C. O.; OZOEGWU, C. G.; OZOR, P. A. "Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management". **Heliyon**, vol. 6, n. 6. 2020.

WAITE, V. **Sistemas de Reciclagem Comunitária**. São Paulo: Editora Makron Books, 1995.

CAPÍTULO 6

O Uso de Oficinas

sobre Coleta e Reciclagem de Resíduos

Sólidos: Aprendizagem da Teoria às Práxis Social

O USO DE OFICINAS SOBRE COLETA E RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS: APRENDIZAGEM DA TEORIA ÀS PRÁXIS SOCIAL

Eva Maria de Oliveira

Este artigo é um recorte de uma dissertação de mestrado defendida em “banca de defesa”, no Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, em uma instituição privada, intitulado: “O uso das oficinas pedagógicas sobre coleta de resíduos sólidos com os estudantes em dificuldades de aprendizagem, de uma escola municipal – práxis socioculturais”.

Para validar esta pesquisa foram delimitados os seguintes objetivos: Geral - Analisar o uso das oficinas pedagógicas como recurso auxiliar no trabalho dos conteúdos sobre coleta de resíduos sólidos e reciclagem no ensino de Ciências da Natureza com os estudantes de uma escola municipal em Campo Grande, MS; Específicos:

1. Realizar oficinas pedagógicas com atividades de pesquisas na internet, em atividades presenciais e remotas, sobre as instituições de coleta e reciclagem de resíduos em funcionamento em Campo Grande - MS;
2. Averiguar dificuldades nas atividades sobre a coleta de resíduos sólidos e reciclagem sugeridas durante as oficinas;
3. Identificar a construção dos conceitos científicos sobre coleta e reciclagem de resíduos sólidos;

4. Verificar na teoria de Vygotsky (2004) o pensamento que fundamenta a discussão da dificuldade de aprendizagem na leitura científica e na escrita das crianças.

As análises foram realizadas na perspectiva de escrita descritiva conforme o enfoque histórico-cultural crítico de Freitas (2002). O método de pesquisa escolhido foi da perspectiva qualitativa em educação, sendo que as análises foram baseadas no sócio interacionismo de (VYGOTSKY, 2004).

A teoria que fundamenta este trabalho, as ideias sócias históricas de Vygotsky, focalizando a pesquisa qualitativa também, na visão sócio histórico se investiga na busca de compreender os comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos, sendo assim, se investiga em razão do contexto que faz parte (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16)

Ainda com relação ao tipo desta pesquisa, as ideias de Lüdke e André (1986), nortearam os procedimentos de observação e aplicação de atividades pedagógicas, para a coleta dos dados durante a realização das oficinas pedagógicas. A pesquisa documental, inclui documentos legais, abrangendo consulta a documentos no sentido amplo, o conteúdo do texto constitui matéria-prima a ser investigada.

Este trabalho foi organizado de acordo com a ordem de realização das tarefas e procedimentos investigativos. Nesse sentido, a introdução apresenta a historicidade do objeto temático, seguida das questões que motivaram o estudo, dos objetivos geral específicos, da organização da escrita e justificativa.

De modo geral, este trabalho foi dividido em três partes principais após os elementos pré-textuais: Introdução, Desenvolvimento e Conclusão

Após a presente *Introdução*, apresenta-se a segunda parte com o detalhamento denominado: *Desenvolvimento* (composto de): - Conceituação; - o Referencial Teórico (no qual foram discutidas as ideias da teoria vygotskyana). Segue com. Metodologia (na qual foram organizadas as seções):

- a) Pesquisa documental;
- b) Levantamento. Bibliográfico;
- c) Pesquisa qualitativa, descritiva.
- d) Análise dos resultados das oficinas;
- e) Análise geral das oficinas

Por fim, na quarta parte, intitulada *Conclusão*, foram apresentadas as considerações resultantes das análises. Após essa parte foram organizados e apresentados os elementos pós-textuais, a saber: as Referências Bibliográficas. Foram consideradas as dificuldades vivenciadas pelos estudantes da Escola municipal de Tempo Integral, sendo observadas durante as práticas pedagógicas da investigadora dessa pesquisa apresentando superação e ainda que nesse contexto são conduzidos tais estudantes para uma sala de psicopedagogia coordenada pela autora deste trabalho, justificaram-se as iniciativas de analisar essas dificuldades com o uso de oficinas pedagógicas elaboradas especificamente para tal intuito.

DESENVOLVIMENO

Inicialmente, neste capítulo, optou-se por trazer os conceitos de oficinas pedagógicas e das palavras-chave, descritores de busca,

tais como reciclagem, coleta seletivas. Foram também conceituados, sala de aula invertida, conceito de práxis.

Na pergunta: o que ocorre na transformação dos conceitos espontâneos em científicos? Vygotsky responde que ainda não se tem resposta, mas pensa que as questões centrais da pedagogia da aprendizagem escolar, no estudo dessa transformação, “os conceitos científicos devem apoiar-se em uma série de conceitos espontâneos que germinam até chegar à escola e transformá-los em científico” (VYGOTSKY, 2010, p. 539).

Conceituação de oficinas pedagógicas

Em sua tese de doutorado, Frigério (2016), representa num gráfico três conceitos que integram as oficinas: Relação Teoria-prática; Processos Pedagógicos e Serviço em Campo.

A pesquisadora registra em seu trabalho algumas citações de autores que explicam os conceitos de oficinas pedagógicas: a) “[...] uma forma de ensinar e sobretudo, de aprender, através de realização de algo feito coletivamente” (ENDER; EGG, 1991, p. 10 *apud* FRIGÉRIO, 2016).

Portanto, a oficina pedagógica se constitui de um espaço e tempo pré-determinados para trabalhar formação coletiva, teoria e a prática com atividades que envolvam criatividade, oralidade, desenvolvimento da coordenação motora e habilidades na troca de saberes.

Conceito de coleta seletiva

Ainda conforme as discussões de Félix (2007, p. 60) citando Calderoni (1996), coleta seletiva é “uma ação educativa que visa investir numa mudança de mentalidade como um elo para trabalhar a transformação da consciência ambiental”.

Segundo o IMASUL (2019), a coleta seletiva de resíduos sólidos é a retirada dos resíduos sólidos que foram previamente separados segundo sua composição. Isso significa que, nesse processo, além de dividir os resíduos entre orgânicos e inorgânicos, é essencial separá-los pelos tipos de materiais: vidro, papel, alumínio e até eletrônicos, como pilhas e celulares.

Conceito de reciclagem

Neste tema, Calderoni (1996 *apud* FÉLIX, 2007, p. 60) afirma que reciclagem:

[...] é forma mais racional de gerir os resíduos sólidos urbanos e foi implantado esse projeto na instituição escolar com finalidade de verificar as possíveis mudanças conceituais, procedimentais e atitudinais, porque segundo ele, a reciclagem na sua essência é uma maneira de educar e fortalecer nas pessoas o vínculo afetivo com o meio ambiente, despertando o sentimento de poder de cada um, para modificar o meio em que vivem. De acordo com o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) e segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reciclagem consiste no processo “em que há a transformação do resíduo sólido que não seria

aproveitado, com mudanças em seus estados físico, físico-químico ou biológico, de modo a atribuir características ao resíduo para que ele se torne novamente matéria-prima ou produto (IMASUL, 1999, p. 1).

Dessa forma é possível economizar a matéria prima da natureza, reaproveitando, transformando os resíduos transformáveis, em nova matéria prima, e assim evitar que acumule lixo no meio ambiente.

Conceito de Sala de aula invertida

A Sala de Aula Invertida é uma perspectiva metodológica na qual o estudante aprende por meio da articulação entre espaços e tempos on-line – síncronos e assíncronos – e presenciais. Desta forma, integra, juntamente com outras práticas pedagógicas, o chamado ensino híbrido. A sala de aula invertida é considerada uma metodologia ativa.

Na Sala de Aula Invertida tem-se uma mudança na forma tradicional de ensinar. O conteúdo passa a ser estudado em casa e as atividades realizadas em sala de aula. Com isso, se o estudante assumir seus estudos, poderá optar por deixar a postura passiva de ouvinte, assumindo assim, o papel de protagonista do seu aprendizado, desenvolvendo autonomia na aprendizagem.

A teoria da Pirâmide da Aprendizagem foi desenvolvida pelo professor *Edgar Dale* em 1946 a partir de pesquisas que favorece a retenção da informação, a partir da aplicação e da análise dos resultados encontrados, de diferentes métodos de aprendizagem.

É avaliado o grau de aprendizagem dos estudantes de acordo com o conteúdo-chave de acordo com a proposta considerando o objetivo focado no cognitivo, o procedimental e o atitudinal.

Vistas as características inerentes aos processos de transmissão e assimilação dos conhecimentos, torna-se importante discutir acerca das relações entre a aprendizagem ativa, a retenção do conhecimento e metodologias ativas de aprendizagem (VALENTE, 2014).

Conceito de Práxis

O conceito de práxis constrói a relação com o trabalho de produção e pode ser definido como uma atividade social conscientemente dirigida a um objetivo. O homem, por exercer trabalho físico, produção, participação ativa em diferentes formas de vida social, desenvolve uma prática material.

Estas práxis material, por sua vez, é constituída de elementos subjetivos tais como a produção e a interpretação das percepções, emoções, a educação dos próprios sentidos, a seleção, o estabelecimento de valores, as operações mentais e demais formas de respostas dadas à realidade.

Segundo a pesquisadora, Fernandes (2016), em seu artigo, tem o objetivo de explorar a teoria e filosofia da pedagogia crítica no humanismo marxista, conceituando práxis revolucionária. A autora faz uma investigação do importante papel da solidariedade na superação da opressão.

Ela procura conhecer o modo como analisar a opressão, a liberação e a alienação ligadas ao conceito de práxis. Essa busca destaca a coletividade com olhar de libertação, a superação. Nesta discussão, a autora defende a ação libertadora individual humanista,

na aprendizagem social, relacionada ao conceito de práxis. Portanto, Fernandes (2016), falando na mesma linguagem de Vygotsky, solidariedade na superação da aprendizagem social, fazendo uma discussão interessante, na sua investigação. (FERNANDES, 2016).

REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo lança luz, pela teoria histórico-cultural de Vygotsky (2004), que vê a mediação semiótica, os processos simbólicos e os processos cognitivos como secundários, porque eles derivam das interações que indivíduos estabelecem na concreta atividade prática socialmente organizada. E é nessa prática de atuação social, que Vygotsky defende o conceito de práxis na produção coletiva. Vygotsky explica que aprendizagem e desenvolvimento não entram em contato pela primeira vez na idade escolar, (FIGUEIREDO, 2019, p. 110).

Vygotsky (1994), elabora as dimensões do aprendizado escolar, descrevendo um novo conceito:

Nível de desenvolvimento real – é o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança, usando testes. Nos estudos de desenvolvimento mental das crianças, é indicativo das capacidades mentais, aquilo que elas conseguem fazer por si mesmas. O que o docente deve pensar e agir na base da teoria: “o espírito é um conjunto de capacidades de observação, atenção, memória, raciocínio, etc. Segundo esta teoria, concentrar a capacidade de atenção na gramática latina significa melhorar a capacidade de atenção sobre qualquer outro tema. A ideia é que as palavras precisão, vivacidade, raciocínio, memória, observação, atenção,

concentração etc., significam faculdades reais e fundamentais que mudam segundo o material sobre os quais trabalham [...] portanto se um homem sabe fazer bem uma determinada coisa, conseguirá fazer bem outra coisa que carece de todo o anexo com a primeira [...] o desenvolvimento de uma destas faculdades levariam necessariamente, ao desenvolvimento das outras (FIGUEIREDO, 2019, p. 107).

No nível - zona de desenvolvimento proximal, o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira com o nível de desenvolvimento da criança. Figueiredo (2019), afirma que seria bom que se iniciasse o ensino de leitura, escrita e aritmética numa faixa etária exclusiva. É importante que o educador descubra as relações reais entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado.

Para Vygotsky, o professor é um organizador intelectual no papel de se colocar como um sujeito se relacionando com outro sujeito, contribuindo com o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, desenvolvendo a personalidade, anexada às relações sociais da criança. “As funções psíquicas superiores criam-se no coletivo” (VYGOTSKY, 2004).

Vygotsky (2004) argumenta que as reações emocionais exercem a influência principal sobre todas as formas do comportamento humano e momentos do processo educativo. Se o professor quiser influenciar o aluno a atingir uma melhor memorização no processo educativo, deve preocupar-se em aplicar no trabalho pedagógico uma atividade que motive o aluno emocionalmente. Além disso, o autor confirma que experiências e estudos mostraram que o fato emocionalmente colorido é lembrado com mais intensidade e solidez do que um fato indiferente.

Voltando o seu olhar para o pedagogo, Vygotsky (2004, p. 144), o define assim: “a emoção não é um agente menor que o pensamento. O trabalho do pedagogo consiste não só de fazer que os alunos pensem e assimilem geografia, mas também que eles possam senti-la”; “o mestre deve motivar emoção do aluno e preocupar-se em que essa emoção esteja ligada a um novo conhecimento” (VYGOTSKY, 2004, p. 144).

A educação das emoções, no sentido propriamente dito do termo, dando significado à tarefa essencial da educação, é ensinar o estudante a dominar suas emoções, ou seja, incluí-las na rede global do comportamento quando elas estiverem estreitamente ligadas a todas as outras emoções e não se expressarem em seu processo de modo perturbador e destrutivo. É importante incluir o entendimento, nesta fala de Vygotsky (2004), de que o aluno deve estar adaptado ao meio emocionalmente, de maneira que ele possa construir um conhecimento científico na aprendizagem.

METODOLOGIA

Na primeira fase da pesquisa, realizaram-se os procedimentos metodológicos envolvendo pesquisas em bases de dados, tais como levantamento bibliográfico das teses e dissertações na base de dados e periódicos da ANPEd), trabalhando com crianças matriculadas no quarto ano de uma escola pública, realizando oficinas pedagógicas que foram organizadas a partir de um planejamento sistemático de sete (7) oficinas.

Essas oficinas foram divididas em duas partes. Nas quatro primeiras oficinas foram desenvolvidas atividades que visavam realizar uma sondagem, a priori, fazendo uma investigação dialogada no intuito de colher conhecimentos prévios relacionados

com o tema a ser estudado, e saber qual o nível de conhecimento de cada aluno. As ideias do referencial metodológico de Lüdke e André (1986):

Nortearam a área de educação como em outras áreas de ação social, a análise documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema (LÜDKE; ANDRÉ; 1986, p.38).

Essas oficinas foram realizadas entre 16 de agosto e 06 de setembro, atendendo o planejamento diário, proporcionando atividades pedagógicas com pesquisas *online*, leitura oral e compartilhada, interpretação, estudos dos conceitos, discussão e avaliação oral e escrita.

Durante essas quatro primeiras oficinas, a pesquisadora lia pequenos textos contendo explicações do procedimento da coleta seletiva e reciclagem e treinava os alunos a produzirem um texto verbalizado sobre o assunto estudado nos slides, no vídeo e nas pesquisas feitas *online* em casa e na sala de tecnologia.

Dominava atividade com discussões nos debates, porque a maioria desses alunos não conheciam o alfabeto. São crianças que participaram de aulas presenciais no primeiro ano, vivendo as experiências dos segundos e terceiros anos nas séries iniciais, em todo ano 2020 e primeiro semestre de 2021 em ensino remoto, por conta do isolamento social, no período da pandemia da Doença do Coronavírus 2019 - Covid-19 (SENHORAS, 2020; 2021).

Essas aulas remotas não apresentaram resultado satisfatório na aprendizagem, no período da pandemia, por falta de estrutura das

famílias. Muitos desses alunos não participaram dessas aulas porque não possuíam celular, ou não estavam com os celulares disponíveis, porque enquanto eles estavam em casa para participarem das aulas remotas, os pais estavam com seus celulares no trabalho. A partir de agosto de 2021 as escolas públicas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul passaram a funcionar de forma escalonada, como já foi dito, mantendo apenas 50% dos alunos na sala de aula.

As três últimas oficinas (05, 06 e 07) aconteceram no período entre os dias 30 de novembro e 06 de dezembro de 2021, dias em que os alunos em turmas intercaladas, “turma amarela” e turma azul, tinham agendamento na sala de reforço escolar, em horário que foi cedido para a realização das oficinas. Nesse período, os alunos da turma azul estariam em atividades presenciais na escola, mas foram liberados para participarem das oficinas somente após terminarem as atividades avaliativas, isto é, fechamento das provas bimestrais do final do ano de 2021.

As crianças que participaram das oficinas foram encaminhadas pelas professoras e coordenadora dos 4^{os} anos como crianças que apresentam dificuldades de aprendizagem. E algumas delas trazendo problemas na articulação da fala. Essas crianças chegaram no quarto ano sem serem saber ler e escrever

Para que não houvesse a identificação das crianças pelo nome, nos registros desta pesquisa foram criados códigos que designavam cada participante, considerando a primeira letra da palavra estudante (exemplo: E), o número da chegada na oficina (exemplo: 1) e a identificação das salas (exemplo: A). Por exemplo: estudante (E) número (1) pertencente a sala “A” = “E1A”.

Utilizou-se um vídeo intitulado Coleta Seletiva, disponível no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/watch?v=fBjBGldJse4> de autoria do Momento Ambiental, como instrumento de avaliação. O vídeo foi

assistido no telão no espaço da biblioteca da escola, na segunda oficina. E no final do vídeo, os alunos começaram a debater o relevante conteúdo explorado na obra. Na discussão, os estudantes falavam de suas vivências relacionadas com a coleta de resíduos e a importância da reciclagem.

Os estudantes participaram de maneira colaborativa, dentro da proposta, interagindo e articulando suas próprias linguagens, umas com as outras, completando o fato contado pelo colega. Ora contaram com a participação da pesquisadora, que fazia intervenções necessárias, no intuito de aguçar na memória conteúdos relevantes para que se pudesse avaliar a existência ou não da dificuldade de aprendizagem; ora era o próprio colega que fazia intervenção na fala de outro que confundia as definições.

Para as discussões da aprendizagem foram utilizadas as ideias de Vygotsky (2004), sobre a educação no comportamento emocional, da psicologia e pedagogia da atenção. As discussões do projeto desta pesquisa foram fundamentadas na teoria histórico-cultural (VYGOTSKY 1994).

Na 5^a, 6^a e 7^a, três últimas oficinas, foram lembrados os conteúdos da língua portuguesa: estrutura na linguagem da produção de um texto escrito, exercício mental da organização das ideias na escrita, estudos dos conceitos de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos, nessa construção.

As oficinas pedagógicas foram organizadas a partir de um planejamento sistemático de sete (7) oficinas. Essas oficinas foram divididas em duas partes. Nas quatro primeiras oficinas foram desenvolvidas atividades que visavam realizar uma sondagem, e em seguida foram realizadas atividades pedagógicas com pesquisas *online*, leitura oral e compartilhada, interpretação, estudos dos conceitos, discussão e avaliação oral e escrita.

Durante essas quatro primeiras oficinas, a pesquisadora lia pequenos textos contendo explicações do procedimento da coleta seletiva e reciclagem e treinava os alunos a produzirem um texto verbalizado sobre o assunto estudado nos slides, no vídeo e nas pesquisas feitas *online* em casa e na sala de tecnologia.

Nos seus estudos, Vygotsky (2009), traz conclusão do nível relativamente elevado do desenvolvimento e da linguagem. Ele conclui sobre a teoria de *K. Koffka* (23, p. 243) que é preciso pensar para “descobrir” a linguagem. Dessa teoria foram formuladas brevemente as seguintes conclusões:

No seu desenvolvimento ontogênico, o pensamento e a fala têm raízes diferentes; 2. Podemos com certeza constatar no desenvolvimento da fala da criança um “estágio pré-intelectual” e, no desenvolvimento de seu pensamento, um estágio pré-verbal”; 3. Até certa altura, as duas modalidades de desenvolvimento seguem diferentes linhas, independentes uma da outra; 4. Em um determinado ponto, ambas se cruzam, após o que o pensamento se torna verbal e a fala se torna intelectual (KOFFKA, 23, p. 243 *apud* VYGOTSKY, 2009, p. 133).

Foram feitas pesquisas na internet, para conhecer o trabalho das empresas que trabalham com coleta de resíduos sólidos e eletroeletrônicos em Campo Grande (MS). As pesquisas realizadas no ambiente virtual pelos estudantes durante as oficinas foram conduzidas no sentido de encontrar sites sobre coleta de resíduos e reciclagem, através de um *link*, que os alunos receberam com antecedência para aprendizagem da coleta e da prática da reciclagem dos resíduos sólidos.

De maneira sequencial, no estudo dos conteúdos, foram trabalhados os conceitos de educação ambiental, tecnologia, identificação dos materiais e seleção dos resíduos de maneira correta, que não cause impacto ambiental, além de como fazer descarte de materiais eletroeletrônicos. Nas atividades, os discentes pesquisaram e tomaram conhecimento das empresas que trabalham com coleta de resíduos sólidos e eletroeletrônicos.

De modo geral, não houve dificuldades significativas na realização desta atividade. Houve apenas um caso isolado de aluno que apresentou limitação na oralidade. A avaliação adotada, referente à oralidade, aconteceu em um debate organizado pela pesquisadora, em que foi solicitado que a criança comentasse os fatos vistos no vídeo, e cada criança explicou e deu informação detalhada a respeito da coleta seletiva de resíduos sólidos.

As competências específicas de cada aluno foram consideradas pela pesquisadora durante o planejamento das oficinas, no sentido de atender os objetivos definidos no projeto que originou esta investigação, explicitados na introdução deste trabalho. Na estratégia da ação metodológica das oficinas foram realizadas atividades pedagógicas na abordagem da metodologia ativa de aprendizagem, na modalidade de Sala de Aula Invertida, que é um processo amplo que tem como característica a participação do aluno como um agente central, principal responsável pela sua aprendizagem.

Um dos maiores benefícios deste método ativo, referido no parágrafo anterior traz a vantagem de o educador atuar como um facilitador nas discussões e nas pesquisas, estimulando o aluno a ser mais participativo e expandindo suas ideias, pois os alunos conquistam a liberdade para descobrirem novos conceitos, podendo comunicar os conhecimentos adquiridos dos assuntos estudados

O aluno se compromete com sua aprendizagem. Nessa prática pedagógica foi utilizada essa metodologia que apresenta os conteúdos das oficinas distribuídos com antecedência para que os alunos pudessem conhecer os conteúdos e, assim, se preparassem para discutir o tema proposto e também construírem o conhecimento coletivamente, participando de debates com os colegas, em sala de aula, nas demais oficinas. No final das atividades, foram realizados comentários pela professora pesquisadora que conduziu o estudo coletivo.

Várias habilidades foram trabalhadas no decorrer das oficinas. Foram selecionados os materiais utilizados para exercício da leitura oral e compartilhados para a compreensão do conteúdo da leitura indicados pela pesquisadora em textos físicos e lidos nos slides. As habilidades da escrita foram observadas nas respostas da produção de textos descritos pelos alunos, que explicaram os conceitos compreendidos nos estudos.

Também foram verificadas as habilidades psicomotoras com motricidade fina e percepção espacial durante a elaboração de objetos resultantes da reciclagem nas oficinas. E foi com esse propósito, que os sujeitos desta pesquisa colocaram em prática, a produção de uma “porta controle de TV” no formato de um sofá.

E incentivados na produção, passaram a divulgar links de prática de reciclagem, para os amigos e parentes através do WhatsApp, a fim de transmitir os conhecimentos aos amigos. Com esse trabalho de divulgação, apareceram várias senhoras que passaram a reciclar papelões e caixinhas de leite, na construção de lindos sofás na reciclagem que trouxe rentabilidade para a economia familiar, dos interessados.

Socialização como essa, que proporciona ação humanizada e prazer na produção solidária, e que promove rentabilidade com a

produção no contexto social, dá-se o nome de “Práxis Social, segundo Vygotsky em suas pesquisas.

Essas oficinas foram divididas em duas partes. Nas quatro primeiras oficinas foram desenvolvidos estudos que visavam realizar atividades pedagógicas com pesquisas *online*, leitura oral e compartilhada, interpretação, compreensão dos conceitos de coleta e reciclagem dos resíduos sólidos, discussão e avaliação oral e escrita.

Na segunda fase, com mais três oficinas, revisando os conceitos de coleta seletiva dos resíduos sólidos e reciclagem, ocorreram mais avaliações orais no método de arguição verbalizada e escrita no modo de produção de texto. Logo após esse momento foram registrados pela pesquisadora as ações e os resultados obtidos durante tais oficinas.

No final de cada oficina, a pesquisadora fechava os estudos com o feedback que refletia as ações realizadas nos estudos elogiava o esforço de cada estudante. Foram feitas as análises das quatro oficinas anteriores buscando no sujeito, a resposta do aprendizado em questão, dos conceitos de reciclagem e coleta seletiva, conforme um dos objetivos específicos.

As atividades resultantes dessas três últimas oficinas foram a produção de texto escrito e oral e a elaboração de materiais com objetos que foram reciclados por eles mesmos. Considerando que os alunos avançaram na alfabetização escolar, no período entre 06 de setembro, término da quarta oficina, e 06 de dezembro de 2021, término da sétima oficina, as atividades foram concluídas com a solicitação aos alunos que desenvolvessem ideias explicando os conceitos de coleta seletiva e de reciclagem.

Segue o planejamento das perguntas formuladas pela pesquisadora a fim de favorecer sua análise, ao observar a aprendizagem alcançada pelo aluno ao produzir o texto solicitado como atividade final. Solicitou-se uma produção de texto porque o

aluno ficaria mais livre para registrar suas ideias e conhecimento, usando sua autonomia na prática pedagógica.

A partir da atividade final conduzida pela pesquisadora, foi possível organizar suas análises a partir desse registro produzido pelo aluno, buscando responder às seguintes questões:

1. Conseguiu explicar os conceitos de coleta seletiva e reciclagem? Sim ou não?
2. Identificou os resíduos sólidos? Sim ou não?
3. Registrou suas ideias com coerência? Sim ou não?
4. De maneira sequencial? Sim ou não?
5. Respeitou a estrutura da produção de texto, separando em parágrafo introdução, desenvolvimento e conclusão? Sim, não ou parcial?
6. O aluno ainda necessita continuar seus estudos ortográficos e superar dificuldades pendentes? Sim ou não?

Durante as quatro primeiras oficinas, a pesquisadora lia pequenos textos contendo explicações do procedimento da coleta seletiva e reciclagem e treinava os alunos a produzirem um texto verbalizado sobre o assunto estudado nos slides, no vídeo e nas pesquisas feitas *online* em casa e na sala de tecnologia

Entre os meses setembro e novembro de 2021, os alunos, sujeitos desta pesquisa desenvolveram a escrita. Por isso, na sétima oficina, oito alunos que permaneceram, elaboraram uma produção de texto, na qual puderam desenvolver suas ideias e registrar o conceito da coleta seletiva e de reciclagem, comprovando coesão e organização sequencial das ideias na escrita.

Pesquisa documental: conceitos

Neste trabalho foram realizados os procedimentos metodológicos envolvendo investigações do levantamento documental de cunho qualitativo descritiva e empírica.

A pesquisa documental é um procedimento que se utiliza de métodos e técnicas para a apreensão, compreensão e análise de documentos dos mais variados tipos. Pesquisa documental ou pesquisa bibliográfica são sinônimas. Pesquisa bibliográfica e documental se restringe à análise de documentos (APOLLINÁRIO, 2009).

Os termos “processo de investigação” e “percurso”, usados por Pimentel (2001), lembram processo metodológico e “instrumentos e meios” lembram “procedimentos técnicos”. Para Lüdke e André (1986, p. 38), essas ações valorizam o uso de documentos em investigações educacionais.

A pesquisa bibliográfica tem o documento como fonte do objeto de investigação. O documento como fonte de pesquisa pode ser escrito e não escrito e/ou impresso ou não impresso, tais como: vídeos, slides, fotografias ou pôsteres. Segundo Cellard (2008), a análise documental favorece a observação do processo de maturação ou de evolução de indivíduos, grupos, conceitos, conhecimentos, comportamentos, mentalidades, práticas, entre outros.

Entre essas modalidades de pesquisa, a bibliográfica é uma modalidade de estudo e análise de documentos de domínio científico tais como livros, periódicos, enciclopédias, ensaios críticos, dicionários e artigos científicos. A pesquisa bibliográfica tem o documento como fonte do objeto de investigação. O documento como fonte de pesquisa pode ser escrito e não escrito e/ou impresso ou não impresso, tais como: vídeos, slides, fotografias ou pôsteres.

Depois de ter definido as palavras-chave e escopo da pesquisa documental, selecionado os campos “Título” e “Resumo” de artigos científicos foram selecionadas todos os artigos que atendam o critério de busca desta pesquisa. Ressalta-se que os artigos foram lidos apenas nos campos previamente selecionados.

Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica tem o documento como fonte do objeto de investigação. O documento como fonte de pesquisa pode ser escrito e não escrito e/ou impresso ou não impresso, tais como: vídeos, slides, fotografias ou pôsteres. Foram selecionados oito produtos científicos do Grupo de Trabalho 22 - GT 22 da base de dados ANPED para a tabulação, a partir do levantamento bibliográfico, conforme dados apresentados no Quadro 1.

De acordo com esta pesquisa bibliográfica, a pesquisadora deste trabalho, desenvolveu os resumos descritos abaixo, referente ao trabalho de cada um dos autores. As autoras, Calvis, Aredes e Vilamaior (2020), trazem o projeto acadêmico e trabalham informações teóricas do conteúdo da coleta seletiva, colocando em prática a destinação correta dos resíduos sólidos urbanos.

Os autores esclarecem que nenhuma ação pode acontecer de forma isolada (CALVIS; AREDES; VILAMAIOR, 2020). Trata-se de um projeto intitulado: “Coleta Seletiva na Escola Municipal Sullivan Silvestre de Oliveira: da teoria à prática”, que foi desenvolvido no ano de 2016, no bairro Tiradentes, na cidade de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul.

Esse projeto fez parte do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Estadual de Mato

Grosso do Sul, Unidade Universitária de Campo Grande e do subprojeto PIBID - Interdisciplinar na Educação Ambiental.

**Quadro 1 - Levantamento
bibliográfico referente ao período entre 2015 e 2020**

<i>Descrição do produto científico</i>	<i>Títulos</i>	<i>Autores / Ano</i>
Projeto acadêmico: Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). UEMS, Campo Grande – MS.	Coleta seletiva na Escola Municipal Sullivan Silvestre de Oliveira: Da Teoria à Prática	Calvis; Aredes; Vilamaior (2020)
39ª Reunião Nacional da ANPEd/Rio de Janeiro. Educação Universidade Estadual Paulista.	A pesquisa em educação ambiental na disputa pela escola pública: O materialismo Histórico-Dialético como fundamento teórico metodológico	Agudo, M. M. (2019)
39ª Reunião Nacional da ANPEd: GT22 –Educação. Ambiental. UFF. Niterói-RJ.	O olhar ecológico das crianças sobre o seu processo de escolarização nos primeiros anos do ensino fundamental	Silvia, M. S. (2019)
XIV ANPEd-CO: Educação Ambiental – IFG.	Na idade mídia como se trata o lixo eletrônico	Chagas, F. A. O. (2018)

Fonte: OLIVEIRA (2022).

Nesse sentido, tal projeto se baseia na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal de nº 12.305/10, e se refere à responsabilidade compartilhada dos produtos passíveis de serem reciclados.

O processo de intervenção acontece a partir de uma pesquisa incluindo participantes de toda a comunidade local, desenvolvida com atuação dos alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental, nos períodos matutino e vespertino; professores; funcionários; pais;

e moradores da Comunidade Indígena Marçal de Souza, todos os sujeitos da escola e da comunidade em torno da escola na prática da coleta seletiva, com o objetivo de unir a prática da coleta da escola com a rota da área coberta por essa modalidade de coleta praticada pelo município de Campo Grande (MS), que faz a coleta de resíduos sólidos urbanos através da SOLURB - Soluções Ambientais SPE Ltda., Central Administrativa, responsável pela gestão de Limpeza Urbana e o Manejo de Resíduos Sólidos do município de Campo Grande.

A ideia desse projeto surgiu porque o lixo dessa comunidade era descartado de maneira irregular, jogado pelas calçadas, com lixos secos misturados com lixos molhados num mesmo recipiente. À medida que os alunos internalizavam as teorias e opções para praticar a coleta seletiva, observou-se que eles e a comunidade participaram de maneira ativa (CALVIS; AREDES; VILA MAIOR, 2020).

A autora, Agudo (2019), acredita que a educação ambiental se encontra na escola, porém de uma maneira superficial, em uma perspectiva que reproduz a realidade. Ela entende que seja necessária uma perspectiva crítica da educação ambiental por parte da escola pública como principal instituição social, ocorrendo a humanização dos filhos da classe trabalhadora, baseada nos fundamentos do materialismo histórico- dialético e da pedagogia histórico-crítica (AGUDO, 2019).

Investigando a aprendizagem com foco na ecologia, Silvia (2019), teve como objetivo conhecer a percepção e interpretação das crianças com relação ao processo de escolarização e os sentimentos perante a aprovação e reprovação nos primeiros anos do Ensino Fundamental. Ela percebeu que no ambiente escolar havia crianças que demonstravam olhar ecológico, mas outras ainda não haviam despertado para essa leitura de mundo.

A pesquisa qualitativa foi realizada com vinte e três crianças do terceiro ano, utilizando recursos de estratégias lúdicas e conversas gravadas, cujos resultados apontaram que as crianças percebem as adversidades que enfrentam no processo de escolarização e conseguem expressar os sentimentos de sucesso diante da aprovação e frustração referente à reprovação. As crianças compreendem a reprovação que pode ocorrer pela falta de esforço no estudo e pela ausência de apoio dos familiares. Segundo esta autora, há adultos que não acreditam que as crianças têm um olhar e constroem expectativas relacionadas com a situação na qual estão envolvidas e sabem apontar o que pode ser melhor para elas (SILVIA (2019). As autoras Chagas e Pires (2018), buscam o papel da mídia na comunicação:

Usar o espaço para educar e conscientizar, orientando a sociedade sobre como fazer e qual o destino do lixo. As estudosas pesquisaram o lixo eletrônico, que deve ter uma atenção especial da imprensa falada e escrita, como também das instituições escolares, de órgãos públicos e privados e da comunidade em geral. No estudo, elas afirmam que a coleta seletiva e a reciclagem de lixo eletrônico são importantes para a preservação da saúde do meio ambiente. Na conclusão, como resultado desse estudo, demonstraram que a situação do lixo eletrônico é desmistificada e que o lixo não é aproveitado. Não se resolve o problema do prejuízo ao meio ambiente jogando o lixo em uma lixeira (CHAGAS E PIRES, 2018).

É importante salientar que os estudos desta revisão bibliográfica trazem respostas relevantes, contribuindo com as buscas do projeto de pesquisa, o qual foi referenciado no início deste trabalho. Em síntese, as discussões dos trabalhos científicos

encontrados no GT 22 - Educação Ambiental da ANPED foram relevantes para a presente pesquisa porque subsidiaram o trabalho pedagógico realizado durante as oficinas.

Na busca por produtos científicos sobre uso de oficina pedagógica no contexto escolar, não foram encontrados trabalhos que discutissem especificamente esse uso. Contudo, cujos dados tangenciaram a realização de uma situação didática que configura uma oficina pedagógica.

Pesquisa qualitativa

Para as análises dos discursos dos estudantes, foram utilizadas as ideias de Freitas (2002), sobre pesquisa qualitativa na abordagem sócio histórica. Freitas (2002, p. 21), citando as ideias de Vygotsky, Luria e Bakhtin, analisa a investigação qualitativa das Ciências Humanas pela abordagem sócio histórica. Ela traz um relato descritivo e metodológico em pesquisa qualitativa das Ciências Humanas.

O pesquisador é apresentado por Freitas (2002), como parte da pesquisa, sendo impossível sua neutralidade, porque sua ação compõe elementos importantes de análise. O modo de focalizar a pesquisa qualitativa na visão sócio histórico se investiga no que se quer obter e compreender os comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação, sendo assim, não se investiga em razão dos resultados (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16), correspondendo ao contexto que faz parte.

A pesquisa qualitativa acrescenta conhecimento acadêmico, para que haja relevância nas ideias. É explicado por Fonseca que a participação da pesquisa parte do particular para o geral (FONSECA, 1999, p.61 *apud* FREITAS 2002, p. 29). Os estudos qualitativos com

o olhar da perspectiva sócio histórica, também mostra a reação do indivíduo com o social, explicando nas percepções pessoais que o pesquisador precisa focar o particular como parte integrante do contexto da totalidade social.

O modo de focalizar a pesquisa qualitativa na visão sócio histórico se investiga no que se quer obter e compreender os comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação, sendo assim, não se investiga em razão dos resultados (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16), correspondendo ao contexto que faz parte.

Ainda com relação ao tipo desta pesquisa, as ideias de Lüdke e André (1986), nortearam os procedimentos de observação e aplicação de questionários para a coleta dos dados durante a realização das oficinas pedagógicas. Foram utilizadas, também, as ideias de Bogdan e Biklen (1994), sobre a investigação qualitativa em educação cujos conceitos de pesquisa descritiva em educação fundamentaram a escrita deste texto.

A entrevista, na pesquisa qualitativa na visão sócio histórico, não se resume na pergunta do pesquisador e resposta do sujeito, mas é preparado como uma produção de linguagem, portanto, deve haver intercâmbio de ideia. Os sentidos são criados na interlocução e, dependem da situação experimentadas nos espaços ambientais ocupados pelo pesquisador e pelo entrevistado. E nessa interlocução, o sujeito se comunica, ou verbalmente ou na escrita, mas sua voz, quando manifestada carrega o tom de outras vozes, refletindo a realidade que ele vivenciou na convivência do seu grupo, etnia, classe, momento histórico e social.

ANÁLISES DOS RESULTADOS DAS OFICINAS

As análises foram fundamentadas na metodologia qualitativa de pesquisa na abordagem sócio histórica, conforme as ideias de

Freitas (2002), e de Vygotsky (2004), constituindo os diálogos em sínteses sobre os conceitos dos estudantes, obtidos nas respostas das produções de textos.

Para as análises dos discursos dos estudantes, foram utilizadas as ideias de Freitas (2002), sobre pesquisa qualitativa na abordagem sócio histórica, explica as ideias de Vygotsky, Luria e Bakhtin, analisa a investigação qualitativa das Ciências Humanas pela abordagem sócio histórica. Ela traz um relato descritivo e metodológico em pesquisa qualitativa das Ciências Humanas (FREITAS, 2002, p. 21).

O pesquisador é apresentado por Freitas (2002), como parte da pesquisa, sendo impossível sua neutralidade, porque sua ação compõe elementos importantes de análise. Durante essas oficinas foi solicitado que a produção de texto deveria estar estruturada com o início, meio e fim, conforme os professores orientam em sala de aula. Sendo assim a pesquisadora explicou aos estudantes o que é início, meio e fim, na introdução, no desenvolvimento e na conclusão.

Falou da importância de dar um nome para o texto; que inicia com a introdução das ideias, que pode começar com a escrita do conceito da coleta e da reciclagem. Explicou que na introdução o escritor esclarece do que se trata o texto; o “meio” é onde desenvolve por parte o assunto que explica:

- a) Como acontece uma reciclagem e ou uma coleta seletiva;
- b) Onde acontece o descarte (ou para onde os resíduos são levados);
- c) O que pode ser reciclado. Explicou, ainda, que no parágrafo do desenvolvimento se argumenta sobre o que foi conceituado na introdução.

No tocante à conclusão, explicou-se que era o último parágrafo do texto lido, e onde poderiam dar opinião pessoal sobre o assunto. A partir do Quadro 2, na questão 1, a pesquisadora trouxe dados como resultados da avaliação da aprendizagem dos alunos adquirida nas três últimas oficinas.

Quadro 2 – Questão um: resultado da produção de texto sobre os conceitos²

ALUNO	Coleta seletiva	Reciclagem	Meio ambiente
<i>E2C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E6C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E8C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E5C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E9D</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E2C</i>	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()	Sim () Não ()
<i>E7C</i>	Sim (X) Não (X)	Sim () Não ()	Sim () Não ()
<i>E3C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim () Não ()
<i>E1C</i>	Sim () Não ()	Sim (X) Não ()	Sim (X) Não ()

Fonte: Elaboração própria.

Nesta questão, é mostrado os resultados da produção de texto realizada durante a oficina sete, na qual foi solicitado que

² Legenda: Letras (B,C, D) = identificação das salas de aula; E1B = estudante 1, aluno da sala de aula B; E1D = estudante 1, aluno da sala de aula D; E1C = estudante 1, aluno da sala de aula C; E2C = estudante 2, aluno da sala de aula C; E3C = estudante 3, aluno da sala de aula C; E4C = estudante 4, aluno da sala de aula C; E5C = estudante 5, aluno da sala de aula C; E6C = estudante 6, aluno da sala de aula C; E7C= estudante 7, aluno da sala de aula C; E8C = estudante 8, aluno da sala de aula C.

explanassem sobre os conceitos estudados. Cinco alunos conseguiram conceituar a reciclagem partindo da transformação dos resíduos sólidos coletados, explicando o processo da reciclagem entendendo que a coleta seletiva é feita com os resíduos ou lixos. O aluno E2C, em um momento, trocou a palavra “coleta” por “reciclagem”, mas conseguiu comprovar que aprendeu o conceito de reciclagem.

Dois alunos conceituaram a coleta seletiva, E2D e E7C, explicando a natureza dos resíduos sólidos e orgânicos que são descartados no lixão ou empresa. O aluno E7C conceituou a coleta seletiva no segundo parágrafo, mas desenvolveu a produção de texto dando como título “Os resíduos sólidos da natureza”, e desenvolveu, no primeiro parágrafo, a explicação do que são resíduos sólidos, defendendo na conclusão a limpeza do meio ambiente.

**Quadro 3 - Produção de texto,
questão dois: o aluno identificou os resíduos sólidos?**

Aluno	Resposta
E7C	Sim (X) Não () Parcial ()
E3C	Sim (X) Não () Parcial ()
E5C	Sim (X) Não () Parcial ()
E2C	Sim (X) Não () Parcial ()
E2D	Sim (X) Não () Parcial ()
E9C	Sim (X) Não () Parcial ()
E8C	Sim (X) Não () Parcial ()
E1C	Sim (X) Não () Parcial ()
E6C	Sim () Não () Parcial (x)

Fonte: Elaboração própria.

Na análise do quadro 3, a pesquisadora busca o entendimento dos alunos sobre os resíduos sólidos, quais são esses materiais no meio ambiente. Oito alunos citaram os resíduos sólidos como objetos da coleta seletiva: E7C, E3C, E5C, E2C, E2D, E9C, E8C e E1C. O aluno E6C identificou os resíduos usando o termo “os materiais que vão para a fábrica” e a aluna E5C identificou os resíduos sólidos usando o termo “o lixo, uma coisa velha que é reciclável, como vidros e papel na reciclagem”, mas a pesquisadora entendeu que os alunos souberam identificar os resíduos sólidos no contexto. Sete alunos, E1C, E7C, E3C, E6C, E9C, E2C e E2D, souberam desenvolver com clareza, demonstrando entendimento do momento da leitura e a função de cada resíduo utilizado na reciclagem e para que tipo de indústria eles são levados para serem reciclados.

No Quadro 4, a pesquisadora quer saber, no tocante à questão 3, se o aluno registrou suas ideias com coerência e também se os registros dos fatos tiveram uma sequência na escrita.

**Quadro 4 - Produção de texto, questão três:
registrou suas ideias com coerência e de maneira sequencial?**

Aluno	Registrou os fatos com coerência?			Registrou as ideias de maneira sequencial?	
<i>E7C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E3C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E6C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E5C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E2C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E2D</i>	Sim ()	Não ()	Parcial (X)	Sim (X)	Não ()
<i>E9C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>E8C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()
<i>OE1C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()	Sim (X)	Não ()

Fonte: Elaboração própria.

Conforme exhibe o Quadro 4, na questão 3 - registrou suas ideias com coerência e de maneira sequencial? Oito alunos, E1C, E7C, E3C, E6C, E5C, E2D, E9C e E8C, fizeram os registros de suas ideias com coerência, comprovando que sabiam o que estavam explicando. Usando linguagem própria, defenderam, cada um do seu jeito, a coleta dos resíduos que deveriam ser encaminhados para as fábricas e para os descartes apropriados. Explicaram que a reciclagem nas fábricas pode diminuir os acúmulos de lixo na natureza, organizando as ideias de acordo com o entendimento e maturidade individuais.

O aluno E2D explicou a reciclagem, mas no parágrafo da introdução confundiu a palavra “reciclagem” com coleta seletiva dos resíduos que vão para a fábrica, mas teve a sequência das ideias ao descrever a importância da reciclagem que começa com a seleção dos resíduos que serão impedidos de ir para a natureza. À medida que os alunos foram entendendo que a reciclagem é a ação final na transformação dos resíduos (conhecidos como lixo), e que começa com a coleta desses resíduos, que são selecionados para serem reciclados, foram diminuindo as dúvidas.

Foi muito esclarecedor, esse estudo discutido pelos alunos nas trocas de suas experiências realizadas a partir do entendimento das mensagens deixadas nos textos das leituras compartilhadas por eles com intervenção da pesquisadora. Desde a primeira leitura compartilhada, foram trabalhados os conceitos da coleta seletiva de resíduos e da reciclagem e como é praticada essa ação nas empresas coletoras e nas fábricas que praticam a reciclagem na ciência da natureza.

Foi intermediado pela pesquisadora que o aluno aprendesse a escrever um texto compreendendo a organização de sua estrutura na escrita e no campo das ideias nas sequências dos fatos, para facilitar o desenvolvimento do conteúdo no registro da escrita. Com essa organização das ideias no momento da escrita, o aluno pôde

registrar a sequência de fatos favorecendo o entendimento do leitor. Por isso, essa prática de conhecer o conteúdo e como deve compreender a estruturar no texto que lê, desde o início, evita bloqueio no pensamento do aluno que já escreve as frases, mas que não sabe o que deve escrever, nem como começar a escrever um texto, porque ainda não domina o pensar no conteúdo que precisa escrever. No Quadro 5, a pesquisadora fez o registro baseado no desenvolvimento da escrita do aluno na produção do texto, tendo como base a estrutura da produção de texto, para saber se o aluno foi organizado nos parágrafos da introdução, do desenvolvimento e da conclusão.

**Quadro 5 - Produção de texto, questão quatro:
escreveu a estrutura da produção de texto, organizando
os parágrafos da introdução, desenvolvimento e conclusão?**

Aluno	Organizou a estrutura da produção de texto?
<i>E7C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E3C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E5C</i>	Sim () Não () Parcial (X)
<i>E2C</i>	Sim () Não () Parcial (X)
<i>E2D</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E9C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E8C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E1C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()
<i>E6C</i>	Sim (X) Não () Parcial ()

Fonte: Elaboração própria.

No quadro 5, foi avaliado pela pesquisadora, se o aluno escreveu a estrutura da produção de texto, organizando os parágrafos da introdução, desenvolvimento e conclusão? Sete estudantes, E7C, E3C, E2D, E9C, E8C, E1C e E6C, escreveram a produção de texto organizando a estrutura de maneira correta, isto é, escrevendo a

introdução no primeiro parágrafo, o desenvolvimento do texto no segundo e a conclusão no terceiro parágrafo, sem se perderem na organização das ideias.

A aluna E2C não paragrafou o primeiro espaço, que é reservado para a introdução, apesar de ter desenvolvido nesse espaço a ideia que explica o conceito da reciclagem na abertura do texto que tem como título “Como podemos reciclar o lixo? ”. Essa aluna também não concluiu o texto no último parágrafo. Por isso, sua avaliação nesse item é parcial. A aluna E5C escreveu a introdução e desenvolveu o texto no primeiro parágrafo, e começou a conclusão sem terminar sua ideia, no último parágrafo. Sendo assim, ela acertou a estrutura do texto parcialmente. O Quadro 6 da página seguinte, exibe o detalhamento da avaliação da pesquisadora sobre a estruturação dos textos produzidos nos contextos das oficinas.

**Quadro 6 - Produção de texto, questão cinco:
o aluno ainda necessita continuar os estudos da
produção de texto, e superar dificuldades pendentes?**

Aluno	Respeitou a estrutura da produção de texto		
<i>E7C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E3C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E5C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E2C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E2D</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E9C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E8C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()
<i>E1C</i>	Sim ()	Não ()	Parcial (X)
<i>E6C</i>	Sim (X)	Não ()	Parcial ()

Fonte: Elaboração própria.

No Quadro 6- Produção de texto, questão 5 - O aluno ainda necessita continuar os estudos da produção de texto, e superar dificuldades pendentes? Sim ou não? Todos os alunos relacionados

no Quadro 6 desenvolveram e avançaram com a alfabetização na leitura, na escrita e na compreensão de texto, entre o período em que aconteceu as quatro primeiras oficinas, no mês de agosto, e o período em que aconteceram as três últimas oficinas, que se encerraram no dia 06 de dezembro de 2021. Isso porque continuaram tendo aula de cura da aprendizagem com a psicopedagoga da escola.

É importante relatar que, apesar de a pesquisadora ter percebido avanço das crianças na leitura e escrita, a nível de já estarem canalizando suas ideias na produção de textos, durante esses estudos verificou-se que os estudantes ainda estão necessitando de reforço na aprendizagem, para que melhorem o uso da ortografia na escrita espontânea.

A pesquisadora investigou os sujeitos, mas também pôde, na medida do possível, transmitir conhecimentos e instruções pedagógicas como meio de contribuir com o meio educacional e social, utilizando estratégias no uso da oralidade e escrita, no período das oficinas.

Foi assim que a pesquisadora ao mesmo tempo que pesquisava a aprendizagem dos sujeitos, também mostrava os passos de como construir uma produção de texto com esses alunos, que puderam melhorar essa experiência para as aulas, e que colocaram em prática nas atividades semanais, melhorando a atividade chamada “Produção do Dia”, praticada com o professor na sala de aula.

Portanto, a pesquisadora encaminhou as dificuldades ortográficas encontradas nas escritas ortográficas dos alunos para a gestora, coordenadora dos 4ºs anos, dando uma devolutiva solicitada pela gestão escolar, a fim de contribuir com a aprendizagem dos alunos, para que eles pudessem reduzir as dificuldades que precisavam ser sanadas.

Análise Geral das oficinas

No primeiro dia em que aconteceu a oficina, os alunos estavam na expectativa aguardando a explicação do que estariam fazendo ali naquele momento. A pesquisadora tomou o cuidado de introduzir na dinâmica da oficina, primeiramente, uma acolhida afetiva com eles. Em seguida explicou que se tratava de um projeto de educação ambiental e falou o que trabalhariam e como seriam as atividades.

Nesse sentido, foi interessante que um aluno E4C perguntou “por que vamos trabalhar esse projeto, para aprendermos o quê? ”. A pesquisadora foi pega de surpresa com a pergunta vinda de uma criança tão pequena e pegou o planejamento das oficinas que estava em mãos, colado no caderno, e leu para eles, explicando todos os objetivos que o grupo poderia atingir com o aprendizado dessas oficinas.

A pesquisadora apresentou os modelos de resíduos sólidos que havia escolhido no planejamento e expôs a diferença também dos resíduos perigosos como celulares, computadores e pilhas. Depois que entenderam o motivo, harmonizaram-se para responder o comando da pesquisadora.

Faz-se necessário esclarecer que aplicada a metodologia ativa Sala de Aula Invertida fora aplicada em todas as oficinas com atividades em que o aluno foi avaliado a todo momento, podendo contar com o olhar da pesquisadora que utilizou a iluminação da teoria histórico-cultural, na visão de Vygotsky (2004 - 2010) e Freitas (2002).

Foi iniciada a prática dessas oficinas, na volta do isolamento social, no período da pandemia, pelo Covid-19. E dentro da proposta planejada, aplicou-se a metodologia ativa adaptada à realidade da

vida familiar do aluno, conversando com os pais, e de acordo com a situação vivida pela escola, num novo molde de participação dos alunos com a sala de aula dividida da seguinte forma: 50% dos alunos em sala enquanto que os outros 50% estariam em casa com atividades programadas para serem estudadas e devolvidas para a escola na semana presencial.

Esses grupos de alunos foram identificados como a turma amarela e a turma azul. Sendo assim, foram agendadas na primeira etapa 4 oficinas para cada turma, tendo cada grupo 2 oficinas, na semana de aula presencial, prolongando o tempo de ação na conclusão da pesquisa de campo, pois na semana em que a pesquisadora trabalhava com um grupo, o outro estava em casa.

De acordo com os dados observados no diagnóstico, se o professor em sala de aula, focar o olhar apenas para o conhecimento da alfabetização, pelo nível de leitura e escrita, poderia se dizer que o aluno tem dificuldades de aprendizagem.

Mas é preciso olhar holisticamente, observando todas as habilidades, sentidos, movimento social na relação com o professor e colegas, e vivência cultural, incluindo o entusiasmo do professor na dinâmica de sua aula, de maneira que leve o estímulo aos seus alunos.

É importante que se faça um parâmetro de comparação para saber o que os alunos aprenderam a partir da observação inicial, até a avaliação final, fazendo uma leitura da resposta do aluno, valorizando o mínimo na sua resposta e levando em conta sua realidade histórica e cultural, de acordo com as orientações de Vygotsky (2004) e Freitas (2002).

Ainda, é possível relacionar o conceito de práxis, enquanto prática pedagógica, ao trabalho e produção do conhecimento resultando na aprendizagem como resultante do desenvolvimento a partir da construção que os estudantes realizaram nas oficinas.

Durante a prática pedagógica visando observar os problemas da aprendizagem, a pesquisadora, de forma teórica e epistemológica, pôde organizar o meio didático propiciado pelas oficinas, fazendo intervenção que desafiasse o aluno a fazer a leitura de mundo, ampliando a consciência crítica, na experiência como aprendiz, uma vez que em sua participação nas oficinas eles foram conduzidos a pesquisar na internet sobre as instituições de coleta de resíduos sólidos em Campo Grande – MS.

E foi nessa busca que os sujeitos desta pesquisa colocaram em prática, a produção de uma “porta controle de TV” no formato de um sofá. E incentivados na produção, passaram a divulgar links de prática de reciclagem, para os amigos e parentes através do WhatsApp.

Com esse trabalho de divulgação, apareceram várias senhoras que passaram a reciclar papelões e caixinhas de leite, na construção de lindos sofás na reciclagem que trouxe rentabilidade para a economia familiar. Ação como essa, que proporciona ação humanizada e prazer na produção solidária e que promove rentabilidade com a produção no contexto social, dá-se o nome de Práxis.

Compreende-se que, por meio de pesquisa que desafia o aluno a uma reflexão crítica na ação, realizada através de mediações educacionais e interações sociais, ocorrem transformações pelas práticas sociais.

CONCLUSÃO

O papel do professor é educar e transmitir conhecimento a seus alunos. Mas para trilhar esse caminho, passa por momentos desafiadores. Na prática de todas as áreas da Educação sempre

haverá um obstáculo, por menor que ele seja, na vida dos alunos. Por isso, é preciso ter em mente que a recepção do conteúdo dado pelo professor pode ser aplicada de forma variada, justamente por existirem muitos fatores envolvidos, tanto no campo psicológico, como no social e até mesmo no físico, delineando as situações apresentadas pelos estudantes em dificuldade de aprendizagem.

É possível concluir que os objetivos desta pesquisa foram alcançados, a saber: o objetivo geral de analisar o uso das sete oficinas pedagógicas como recurso auxiliar no trabalho dos conteúdos sobre a coleta de resíduos sólidos e reciclagem, no ensino de ciências da natureza, com os estudantes da Escola em Tempo Integral (ETI) Escola Municipal Prof.^a Iracema Maria Vicente, em Campo Grande - MS.

Sobre esse objetivo geral, as análises do uso das sete oficinas mostraram que as crianças participantes demonstraram desenvolvimento cognitivo e aprendizagem ao dominarem os conceitos de coleta de resíduos sólidos e reciclagem, bem como a atividade de pesquisar na internet sobre as instituições de coleta desses resíduos em Campo Grande, cidade local onde se realizou esta pesquisa.

Para tanto, também foram alcançados os objetivos específicos, que compreenderam: realizar oficinas pedagógicas com atividades de pesquisas na internet, em atividades presenciais e remotas no WhatsApp, sobre as instituições de coleta e reciclagem de resíduos em funcionamento em Campo Grande - MS, conforme descrito no capítulo dois desta dissertação; assim como o objetivo específico de averiguar as dificuldades nas atividades sobre a coleta de resíduos sólidos e reciclagem sugeridas durante as oficinas, conforme as análises dessas atividades, também relatadas no capítulo dois.

O objetivo específico da identificação e da construção dos conceitos científicos sobre coleta e reciclagem de resíduos sólidos também foi atingido, conforme apresentado nos detalhamentos das análises dos dados coletados nas oficinas 05 a 07, cujas atividades foram fundamentadas nas ideias do processo de aprendizagem de análises nas ideias de Vygotsky (2010), sobre o pensamento do processo de desenvolvimento cognitivo da criança na aquisição do conhecimento e aprendizagem da leitura e escrita.

Os conteúdos da obra “Psicologia Pedagógica”, de Vygotsky, foram fundamentais nas análises das emoções negativas e positivas. A obra analisada contribuiu de maneira satisfatória, ampliando as discussões relevantes no que diz respeito às práticas pedagógicas, utilizando os materiais reciclados que envolveram os alunos do 4º ano, quando se visualizou o prazer de aprender nas manifestações e discursos dos estudantes que participaram desta pesquisa.

As práticas das oficinas, por sua importância, influenciam os professores, gestores e pais, por estarem interessados em aplicar avaliações diagnósticas, e, se for preciso, fazer os devidos encaminhamentos a especialistas, seja da área da psicologia ou da área médica, a fim de descobrir a causa dos problemas que interferem e resultam em dificuldade de aprendizagem, conforme o encaminhamento dado pelos professores, à pesquisadora destas oficinas pedagógicas

Ao falar de fracasso escolar, deve-se valorizar a empatia na relação professor-aluno e no espaço da aprendizagem. Nas condições em que se encontra o sistema educacional, também é preciso criar condições, ou seja, investimentos governamentais na infraestrutura, na gestão e sobretudo na capacitação e valorização humana dos professores.

O grande desafio para o professor. É pesquisar e compreender a natureza da criança, o seu desenvolvimento e como

ela está inserida socialmente no processo cultural, para daí se ter o norte que orientará o professor a saber o que ensinar, como ensinar e se a criança está preparada e/ou amadurecida para aprender o que se ensina da maneira como ensina.

Desse modo, cabe ao professor estar capacitado para saber o que significa ensinar ciência para seus alunos. O desafio do professor é saber que pode e que sabe ensinar ciências da natureza para as crianças. E para que se cumpra esse propósito, o professor precisa estar com sua autoestima elevada, preparado, e ter os conhecimentos teóricos, de maneira que domine também o conteúdo a ser trabalhado na sala de aula e sinta prazer em ensinar. Torna-se prazeroso para o aluno aprender, quando é acolhido pelo professor que tem o prazer de ensinar.

Conclui-se que todos os objetivos foram alcançados e houve a superação das dificuldades nas atividades das oficinas, portanto, o ensino de ciências nas séries iniciais possibilita o alcance dos saberes sobre o meio ambiente e a natureza, como os que foram desenvolvidos nas oficinas. Assim, pesquisadores, professoras e professores formadores que ensinam ciências podem utilizar oficinas pedagógicas para auxiliar no desenvolvimento do ensino de ciências e, assim, construir caminhos edificantes em benefício da ciência.

Espera-se que as conclusões desta pesquisa contribuam para novos estudos e para mudanças na realidade dos conhecimentos das crianças da educação básica. É possível concluir que os objetivos desta pesquisa foram alcançados, a saber: o objetivo geral de analisar o uso das sete oficinas pedagógicas como recurso auxiliar no trabalho dos conteúdos sobre a coleta de resíduos sólidos e reciclagem, no ensino de ciências da natureza, com os estudantes da Escola em Tempo Integral (ETI) em Campo Grande - MS.

Sobre esse objetivo geral, as análises do uso das sete oficinas mostraram que as crianças participantes demonstraram

desenvolvimento cognitivo e aprendizagem ao dominarem os conceitos de coleta de resíduos sólidos e reciclagem, bem como a atividade de pesquisar na internet sobre as instituições de coleta desses resíduos em Campo Grande.

Para tanto, também foram alcançados os objetivos específicos, que compreenderam: realizar oficinas pedagógicas com atividades de pesquisas na internet, em atividades presenciais e remotas no *WhatsApp*, sobre as instituições de coleta e reciclagem de resíduos em funcionamento em Campo Grande – MS.

Assim como o objetivo específico de averiguar as dificuldades nas atividades sobre a coleta de resíduos sólidos e reciclagem sugeridas durante as oficinas, conforme as análises dessas atividades, também relatadas no capítulo dois.

O objetivo específico da identificação e da construção dos conceitos científicos sobre coleta e reciclagem de resíduos sólidos também foi atingido, conforme apresentado nos detalhamentos das análises dos dados coletados nas oficinas 05 a 07, cujas atividades foram fundamentadas nas ideias do processo de aprendizagem foram utilizadas nas análises as ideias de Vygotsky (2010), sobre o pensamento do processo de desenvolvimento cognitivo da criança na aquisição do conhecimento e aprendizagem da leitura e escrita.

Os conteúdos da obra “Psicologia Pedagógica”, de Vygotsky, foram fundamentais nas análises das emoções negativas e positivas e na relação social. A obra analisada contribuiu de maneira satisfatória, ampliando as discussões relevantes no que diz respeito às práticas pedagógicas e na utilização dos materiais reciclados que envolveram os alunos do 4º ano, quando se visualizou o prazer de aprender nas manifestações e discursos dos estudantes que participaram desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGUDO, M. M. “A pesquisa em educação ambiental na disputa pela escola pública: O materialismo Histórico-Dialético como fundamento teórico-metodológico”. **Anais do 39ª Reunião Nacional da ANPEd**. Niterói: ANPEd, 2019.

APPOLIINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica**: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

BOGDAN, R. C.; BILKLEN, R. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Lisboa: Editora Porto, 1994.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 05/01/2022.

CALVIS, L. O.; AREDES, A.; VILAMAIOR, M. E. “Coleta Seletiva na Escola Sulivan Silvestre de Oliveira: da teoria à prática / coleta seletiva na Escola *Sulivan* Silvestre de Ooliveira: da teoria à prática”. **Brasilian Jornal of Development**, vol. 6, n. 10, 2020.

CELLARD, A. “A análise documental”. In: POUPART, J. *et al.* (org.). **A pesquisa qualitativa**: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Editora Vozes, 2008

CHAGAS, F. A. O. “Na idade média como se trata o lixo eletrônico”. **Anais do XIV Reunião Regional da ANPEd**. Goiânia: IFG, 2018.

FELIX, R. A. Z. “Coleta seletiva em ambiente escolar”. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, vol. 18, 2007.

FERNANDES, S. “Pedagogia crítica como práxis Marxista: perspectivas sobre solidariedade, opressão e revolução”. **Revista Educação e Sociedade**, vol. 37, n. 135, 2016.

FIGUEIREDO, F. J. Q. **Vygotsky**: A interação no ensino-aprendizagem de línguas. São Paulo: Editora Parábola, 2019

FREITAS, M. T. “Abordagem sócio histórica como orientadora da pesquisa qualitativa”. **Cadernos de Pesquisa**, n. 116, 2002.

FRIGÉRIO, R.; STRAFORINI, R. “Tecendo identidades docentes em Oficinas Pedagógicas: movimentos possíveis no ensino de Geografia”. **Anais do XII Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia**. Rio de Janeiro: UERJ, 2017.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Editora EPU, 1986.

PIMENTEL, A. “O método da Análise documental: seu uso numa pesquisa Historiográfica”. **Cadernos de Pesquisa**, n. 114, 2001.

SENHORAS, E. M. “Coronavírus e Educação: análise dos impactos assimétricos”. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 2, n. 5, 2020.

SENHORAS, E. M. “O Campo de poder das vacinas na pandemia da Covid-19”. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 6, n. 18, 2021.

SILVA, M. S. “O olhar ecológico das crianças sobre o seu processo de escolarização nos primeiros anos do ensino fundamental”. **Anais do 39ª Reunião Nacional da ANPEd**. Niterói: ANPEd, 2019.

VALENTE, J A. “Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida”. **Educar em Revista**, n. 4, 2014.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2009

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos Psicológicos Superiores**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1994.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2010.

CAPÍTULO 7

*Cooperativas de Catadores de Resíduos Sólidos:
Condições Ambientais e Impactos na Comunidade*

COOPERATIVAS DE CATADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS: CONDIÇÕES AMBIENTAIS E IMPACTOS NA COMUNIDADE

Lís Quarantini Souza Guimarães

Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi

Atualmente, 800 mil pessoas trabalham como catadoras no Brasil, segundo o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR, 2019). Na Bahia, 23 cooperativas reúnem esses trabalhadores. Para eles, o sucesso de iniciativas inovadoras de coleta seletiva é essencial. A prática reduz a produção de resíduos depositados em aterros e lixões.

Por meio da separação dos resíduos sólidos, muitos materiais que podem ser reutilizados e reciclados ganham nova destinação, ao invés de serem descartados, o que provoca menos desperdício. A coleta ajuda a movimentar a economia ao gerar emprego e renda para os catadores por meio das empresas que atuam na reciclagem de resíduos (SANTOS, 2019).

Quando há a instalação de um empreendimento gerador de emprego e renda, a comunidade local o percebe de maneira positiva, pois normalmente gera circulação de produtos e pessoas, comércio, mercado, infraestrutura para as ruas, modificando positivamente o ambiente.

As cooperativas de catadores de resíduos sólidos são organizações que, embora desenvolvam um trabalho importante para a sociedade, são originadas num cenário desfavorável, sem

infraestrutura, sem recursos e sem condições ambientais mínimas para um bom funcionamento.

Segundo Almeida *et al.* (2013), cooperativas de catadores têm problemas de relacionamento com a vizinhança, devido ao fluxo de veículos e o mau cheiro originado da atividade. Os autores relatam a preocupação das cooperativas sobre a pequena conscientização da população das cidades sobre a importância da separação doméstica dos resíduos.

As cooperativas, conforme referência acima, trazem importunação para a comunidade local, devido aos problemas de infraestrutura e de condições ambientais de funcionamento. O artigo de Conceição *et al.* (2018), reitera a questão, ao revelar que existe rejeição da comunidade em relação às cooperativas de catadores, pois, segundo os cooperados, a comunidade do bairro no qual se localiza a cooperativa não interage nem colabora com o empreendimento, enxergando-o de maneira negativa.

As cooperativas de catadores de resíduos sólidos precisam ter condições ambientais mínimas para serem aceitas e acolhidas pela comunidade local e, assim, fortalecer o entrosamento e interesse pela separação dos resíduos. O objetivo deste estudo é identificar, através de pesquisa bibliográfica, quais as dificuldades existentes em relação às condições ambientais das cooperativas de catadores de resíduos sólidos.

Para efetuar uma análise dos possíveis impactos que essas condições podem trazer à comunidade local, gerando um natural atrito pelo aspecto visual do empreendimento, provocado pelo alto volume de resíduo que ocupa, inclusive no meio-fio, dificultando a relação comunidade/cooperativa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho é um estudo exploratório, com revisão narrativa da literatura, sobre o tema de condições ambientais, as dificuldades operacionais das cooperativas de catadores de resíduos sólidos, e os possíveis impactos dessas na comunidade local.

O levantamento da fundamentação teórica ocorreu entre março e outubro de 2019. Foram selecionados na literatura científica e na página do Google Acadêmico, estudos com os seguintes descritores: cooperativa de catadores, socioambiental, condição ambiental e comunidade.

Os critérios de inclusão foram dissertações, monografias, artigos e teses publicadas com realização de estudo de caso em cooperativas de catadores de resíduos sólidos no período de 2013 a 2019. Os critérios de exclusão foram produções que não continham estudos de caso em cooperativas de catadores de resíduos sólidos, além de obras indisponíveis gratuitamente.

Por meio da análise das informações contidas nos resumos dos textos em busca de uma visão global, realizou-se leitura exploratória na qual foram encontrados 18 trabalhos e, desses, foram selecionados 14 que abordavam estudos de caso efetuados em cooperativas.

A partir das obras selecionadas, a leitura analítica visou identificar a ideia de seus respectivos autores com ênfase nos estudos de caso que dialogassem com temas de dificuldades e condições ambientais face ao trabalho das cooperativas de catadores de resíduos sólidos.

Este artigo foi elaborado com base em oito obras, através das quais foram obtidos resultados qualitativos e observações feitas em relação às condições ambientais das cooperativas avaliadas. Os dados avaliados nesta revisão foram dispostos a seguir em forma de tabela para facilitar sua visualização e compreensão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados

A atividade-fim das cooperativas de catadores é a separação de resíduos sólidos através da coleta seletiva, conforme suas características próprias, com o objetivo de comercializá-los para as indústrias. A Coleta Seletiva é um dos principais instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída através da Lei nº 12.305/2010, dentre os prescritos em seu Capítulo III.

Nesse sentido, vale destacar, segundo o §1º do Art. 18, que os municípios que a implantarem com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, formadas por pessoas físicas de baixa renda, terão prioridade ao acesso aos recursos da União.

O Art. 36 da PNRS aponta como uma das responsabilidades do titular dos serviços públicos de limpeza, dar prioridade à organização, ao funcionamento e à contratação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de matérias formadas por pessoas físicas de baixa renda (BATISTA, 2015).

No entanto, o que se constata é a falta de apoio do poder público para um bom funcionamento das cooperativas. A comunidade por sua vez, sente os efeitos dessa falta de estrutura, respondendo com o repúdio às cooperativas.

A literatura evidencia que existe uma rejeição da comunidade em relação às cooperativas de catadores, apontando que suas condições não favorecem uma boa convivência, pois segundo Virgem, Sena e Vargas (2014).

Existe uma desqualificação social dos catadores que está relacionada também ao fato da catação se mostrar como uma fonte de garantir trabalho e renda e não como um movimento de consciência ambiental ou de uma escolha real e legítima pela atividade, por isso são vítimas de preconceitos e pouco reconhecidos pela comunidade.

Essa desarmonia enfraquece a proposta desses empreendimentos, pois um dos objetivos das cooperativas é viabilizar a mudança de comportamento e atitude da população, trabalhando no exercício de cidadania, na luta em busca de concretizar os objetivos que norteiam suas ações (CONCEIÇÃO *et al.*, 2018).

Muitas cooperativas trabalham com coleta de rua, porta a porta, atuam na comunidade em torno – este trabalho em conjunto é muito importante para os catadores, pois a coleta seletiva tem um papel fundamental na adequada destinação dos resíduos sólidos urbanos, na geração de emprego e renda e no desenvolvimento de empresas recicladoras (LOBATO; LIMA 2010).

Com o engajamento da comunidade, há um aumento do volume de material coletado e triado, o incentivo às associações e cooperativas de coletores de rua é fundamental, pois os coletores de

rua são os responsáveis pela maior parcela de material recuperado e transformado em matéria-prima para as indústrias recicladoras em todo o país.

Discutir os impactos que as cooperativa de catadores oferecem à comunidade é fundamental para aproximá-las. A partir do diagnóstico desses impactos, é possível tratá-los. É interessante tornar essa relação mais próxima, fazendo com que a comunidade possa contribuir e colaborar com o trabalho exercido pelos catadores, efetuando a separação dos resíduos domésticos e entregando ao catador porta a porta ou entregando na própria cooperativa local.

As cooperativas de catadores, dentro do contexto deste artigo, serão analisadas como uma organização. Faz-se importante a definição de alguns termos mencionados neste capítulo, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ISO 14001/2015.

Desta forma, cumpre destacar o seguinte: condição ambiental é o estado ou características do meio ambiente, conforme determinado em certo momento; aspecto ambiental é o elemento da atividade, produto ou serviço de uma organização que interage ou pode interagir com o meio ambiente; e impacto ambiental é a modificação do meio, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização.

Dentro do contexto acima tratado, é importante apontar os achados sobre as condições ambientais encontradas na literatura. O Quadro 1 demonstra algumas referências bibliográficas sobre condições ambientais e as dificuldades enfrentadas pelas cooperativas.

**Quadro 1 – Principais citações bibliográficas
relativas às condições ambientais e dificuldades
nas cooperativas de catadores de materiais recicláveis**

<i>Campos (2014)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de infraestrutura disponível para a operacionalização das atividades; - Dificuldades sobre o espaço para o adequado manejo dos materiais, uma vez que aqueles destinados à coleta seletiva vêm misturados com muitos rejeitos; - Inadequação dos equipamentos para uma maior produtividade.
<i>Soares (2014)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Acidentes de trabalho, consequência da baixa conscientização da população sobre o correto descarte dos resíduos, sendo um dos fatores que contribuem diretamente para o acometimento de alguns tipos de acidentes de trabalho e sobre a saúde destes trabalhadores.
<i>Alencar (2015)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de espaço para armazenamento; - Ausência de equipamentos para ajudar na organização e reduzir o volume dos materiais.
<i>Baptista (2015)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de espaço para armazenamento; - Falta de infraestrutura; Mau cheiro nas instalações.
<i>Rodrigues et al. (2015)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de capacitação para que a cooperativa possa atuar com sua própria administração; Falta de equipamentos de segurança como luvas e máscaras, pois a poeira afeta a saúde de quem maneja o material; Falta de equipamentos para colocar os resíduos dentro do caminhão; Falta de infraestrutura, visto atualmente a quantidade de trabalhadores da cooperativa não é suficiente para separar todo o resíduo da cidade.
<i>Schwengber (2016)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Acidentes de trabalho, como cortes e contusão; - Doenças de trabalho devido ao manuseio dos resíduos, como coceira e irritação na pele, dor de cabeça e diarreia.
<i>Tamanaga et al. (2016)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de espaço para armazenamento; - Obstrução de passagem devido ao acúmulo de materiais; Instalações elétricas ruins; - Falta de ventilação; - Falta de equipamento de proteção individual; - Iluminação precária; - Falta de higiene nas instalações.
<i>Conceição et al. (2018)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiência de veículos; - Poucos associados; - Espaço físico pequeno para o volume de trabalho desenvolvido.

Fonte: Elaboração própria.

DISCUSSÃO

Segundo Campos (2014), na sociedade atual, o sistema de produção vigente revela-se incapaz de promover a inclusão social por meio do desenvolvimento econômico e do progresso social para a maioria dos seus cidadãos. Da mesma forma que os avanços da sociedade trazem melhorias para a vida de alguns, por outro lado, crescem os índices de pessoas que vivem em situação de miséria. Uma das alternativas dessas pessoas é a catação de resíduos sólidos, atividade que, em formato de empreendimentos solidários, torna menos penoso o labor.

As organizações que têm como princípio a economia solidária extrapolam as necessidades materiais de sobrevivência e geração de renda, buscando se estabelecer como alternativas de desenvolvimento econômico aos padrões capitalistas a partir de práticas sociais e ambientais sustentáveis, organizadas em redes de associações e cooperativas que atuam por segmentos de produção (CAMPOS, 2014).

Conforme citação da autora, as cooperativas de materiais recicláveis são organizações necessárias para o meio ambiente e para a sociedade. O nascimento e a construção dessas instalações devem ser organizados em parceria com o poder público, proporcionando às condições adequadas de coleta, seleção, armazenagem e transporte desses resíduos.

Os resultados levantados pela análise da bibliografia inserida no Quadro 1 permitem identificar que a falta de espaço e a infraestrutura são as dificuldades mais recorrentes. Os cooperativados, visando negociar com as indústrias e garantir uma renda maior, necessitam acumular um grande volume de resíduos.

Para isso, fazem-se necessários espaço e infraestrutura adequada, itens que esses empreendimentos têm dificuldade de alcançar. A solução é a apropriação indevida do meio-fio, de meios de passagem, das ruas ou de qualquer local que possa acomodar os excedentes. São vários os transtornos causados pela falta de infraestrutura:

- a) entupimento da rede de esgotos;
- b) alagamentos;
- c) proliferação de animais nocivos à saúde humana;
- d) desvalorização dos imóveis;
- e) aumento de doenças respiratórias ao mau cheiro causado pela atividade;
- f) risco de incêndio.

As doenças e os acidentes de trabalho no labor de catação também são preocupantes para a comunidade. O afastamento desses indivíduos resulta no aumento de volume do estoque que, aliado à falta de espaço e infraestrutura, superlota a cooperativa. O exposto acima dá ideia dos possíveis motivos que provocam o repúdio da comunidade em relação às cooperativas. Sem apoio, as cooperativas perdem a força para o desenvolvimento de suas atividades.

Araújo Bastos (2015), aponta que a conscientização da população quanto à separação dos materiais seria um grande avanço, pois aumentaria o volume de materiais recicláveis, podendo expandir a renda dos cooperativados. Outro ponto importante é a disseminação da prática de separação de resíduos e colaboração com o trabalho das cooperativas. Silva (2015), reforça essa ideia ao dizer que o efeito dos cidadãos ativos exercido dentro de uma comunidade

é o gérmen de formação de novos participantes ativos na próxima geração.

CONCLUSÃO

Este estudo buscou identificar, através de pesquisa bibliográfica, quais as dificuldades existentes em relação às condições ambientais das cooperativas de catadores de resíduos sólidos para efetuar uma análise dos possíveis impactos dessas condições à comunidade local, inclusive no que se refere aos frequentes atritos na relação comunidade/cooperativa.

Foi possível, assim, a partir dos autores estudados, visualizar a condição ambiental das cooperativas e perceber as dificuldades recorrentes que causam grandes impactos na comunidade, além de conflitos entre ambas.

Considera-se que a instalação de alguma organização ou empreendimento em certa localidade, quando é do interesse do poder público, normalmente oferece incentivos aos empresários, como incentivos fiscais.

Entende-se que as prefeituras deveriam ter interesse na formação de cooperativas de catadores, pois é a partir delas que os resíduos sólidos podem ser reutilizados e reciclados, voltando a ter valor econômico e social. Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos obriga os municípios a elaborarem os seus Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Dentro dessa perspectiva, as cooperativas são agentes importantes para constituir um bom plano de gerenciamento de resíduos sólidos, através do qual teriam o incentivo ideal para alcançarem uma boa infraestrutura, espaço e organização, uma vez que a atividade necessita do armazenamento de grandes quantidades

de resíduos para que se tornem rentáveis, permitindo ainda que exerçam suas atividades de forma digna.

Os municípios podem contribuir cedendo espaço para criação dessas organizações. Marchi, Santana (2018), propõe iniciativas que podem ser aderidas pelo poder público para fortalecimento das cooperativas: construção de eco ponto, disponibilização de carros elétricos para coleta pelos catadores, substituição de chassi único de caminhões de coleta para caminhão baú, construção de usina de classificação, triagem, reciclagem e comercialização, por exemplo.

Da maneira que as cooperativas de catadores vêm sendo originadas, sem mínimas condições de funcionamento, é coerente a rejeição da comunidade local. A barreira criada dificulta ainda mais o reconhecimento de atividade tão importante para todos, afinal, sem a atividade regular das cooperativas, a maior parte dos resíduos gerados continuará sendo disposta de forma prejudicial ao meio ambiente, sendo descartados materiais com potencial de reaproveitamento e retorno financeiro.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001**: Sistema de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALENCAR, T. S.; ROCHA, J. P. M.; SILVA, R. V. “Política nacional de resíduos sólidos e os catadores de materiais recicláveis: estudo de caso de cooperativas nos municípios do estado do Rio de Janeiro”. **Revista Amigos da Natureza**, vol. 13, n. 20, 2013.

ALMEIDA, F. A.; SELBITTO, M. A.; RITTER, A. M.; VIANA, A. P. “Cooperativas de catadores de resíduos e cadeias logísticas

reversas: estudo de dois casos”. **Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, vol. 17, n. 17, 2013.

ARAÚJO, G. C.; BASTOS, H. M. “Cidadania, empreendedorismo social e economia solidária no contexto dos catadores cooperados de materiais recicláveis”. **Revistas Unicentro**, vol. 13, n. 4, 2015.

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? ”. **Revista de Administração Pública**, vol. 49, n. 1, 2015.

BRASIL. **Lei n. 12.305, 02 agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 09/07/2022.

CAMPOS, V. E. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: contribuições socioambientais de duas cooperativas de catadores de materiais recicláveis na região do Médio Parapanema** (Dissertação de Mestrado em Biociências). São Paulo: UNESP, 2014.

CONCEIÇÃO, A. *et al.* “Estudo de caso sobre a cooperativa de coleta seletiva, processamento de plástico e proteção Ambiental”. **Anais do XX Congresso de Ciências da Comunicação na Região Nordeste**. Juazeiro: UNEB, 2018.

CUSTÓDIO J. “A importância das organizações na sociedade”. **Portal Eletrônico Administradores** [10/04/2013]. Disponível em: <www.administradores.com.br>. Acesso em: 05/06/2022.

LOBATO, K. C. D.; LIMA, J. P. “Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento”. **Engenharia Sanitária Ambiental**, vol. 15, n. 4, 2010.

MARCHI, C. M. D. F.; SANTANA, J. “Projetos Sociais e Ambientais para o Fortalecimento dos Empreendimentos Econômicos Solidários de Catadores de Materiais Recicláveis”. In: MARCHI, C. M. D. F. (org.). **Gestão dos Resíduos Sólidos: conceitos e perspectivas de atuação**. Curitiba: Editora Appris, 2018.

MNCR - Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. “Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?” **MNCR** [10/04/2019]. Disponível em: <www.mnccr.org.br>. Acesso em: 09/10/2021.

RODRIGUES, G. L.; FEITOSA, M. J. S.; SILVA, G. F. L. “Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na coopecamarest em Serra Talhada – PE. **Revista Eletrônica Metropolitana de Sustentabilidade**, vol. 5, 2015.

RODRIGUES, M. L.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T. D. “A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais”. **SciELO - Scientific Electronic Library Online**, vol. 21, n. 3, 2012.

SABEDOT, S.; ANTON, D. A.; KOETZ, J. “Diagnóstico e prognóstico sobre o tratamento de resíduos sólidos do programa Coleta Seletiva do município de Esteio - RS, em uma cooperativa de reciclagem”. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, vol. 13, n. 1, 2016.

SANTOS, B. L. “Especial Olhar Cidadão: Falta de incentivo é obstáculo para os catadores”. **UOL** [14/04/2019]. Disponível em: <www.uol.com.br>. Acesso em: 20/05/2021.

SCHWENGBER, D. “Qualidade vida e perfil socioeconômico de profissionais catadores de quatro cooperativas de resíduos sólidos da

região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil”. **Revista Saúde e Desenvolvimento Humano**, vol. 4, n. 2, 2016.

SOARES, D. L. C. **Análise dos riscos ocupacionais e acidentes de trabalho em catadores de resíduos sólidos em Cooperativas de Ceilândia** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Saúde Coletiva). Ceilândia: UNB, 2014.

TAMANAGA, B.; ALMEIDA, C.; ITANI, A.; MACDOWELL, S. F. “Cooperativa de catadores Mofarrej em São Paulo. Diagnóstico socioambiental”. **Revista InterfacEHS - Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, vol. 11, 2016.

VIRGEM, M. R. C.; SENA, T. R. R.; VARGAS, M. M. “O trabalho em cooperativas de reciclagem de lixo: aspectos socioambientais segundo a ótica dos cooperados”. **Revista Subjetividades**, vol. 14, n. 1, 2014.

CAPÍTULO 8

*Auditoria Ambiental para Coleta
de Resíduos Sólidos em Organizações Militares
da Marinha do Brasil: uma Proposta Metodológica*

AUDITORIA AMBIENTAL PARA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ORGANIZAÇÕES MILITARES DA MARINHA DO BRASIL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Romero de Albuquerque Maranhão

Raphael dos Ramos Maranhão

Barata *et al.* (2007), registram que a implantação da gestão ambiental nos órgãos da administração pública pretende instaurar uma nova cultura institucional, visando à mobilização dos servidores para a otimização dos recursos, combater o desperdício e obter uma melhor qualidade no ambiente de trabalho.

Neste contexto, a adoção de critérios ambientais nas atividades administrativas e operacionais da administração pública constitui-se um processo de melhoramento contínuo que consiste em adequar os efeitos ambientais das condutas do poder público à política de prevenção de impactos negativos ao meio ambiente.

Ou seja, a conservação racional dos recursos naturais e a proteção ambiental devem contar com a participação ativa do poder público (BRASIL, 2006; MARANHÃO; STORI, 2019a; MARANHÃO; STORI, 2019b; HIDALGO *et al.*, 2021).

Maranhão (2016), enfatiza que a participação das organizações, fundações e instituições públicas no processo de responsabilidade socioambiental é necessária e o Estado é o principal interlocutor junto à sociedade, possuindo responsabilidade e papel indutor fundamental para tornar as iniciativas atuais, e

também as futuras, mais transparentes, incitando a inserção de critérios de sustentabilidade em suas atividades e integrando as ações sociais e ambientais com o interesse público.

Desta forma, torna-se imperioso que a administração pública crie e implante metodologias e ferramentas capazes de verificar os impactos ambientais de suas atividades ao ambiente. E para comprovar à sociedade sobre seu grau de conscientização ambiental, a execução de auditorias ambientais tem se tornado cada vez mais frequente já que o processo de auditoria pode culminar em certificação ambiental para a organização.

Assim, o objetivo desta pesquisa é propor uma metodologia de auditoria ambiental para a coleta de resíduos sólidos em Organizações Militares da Marinha do Brasil e possíveis melhorias ao processo. A pesquisa justifica-se pela existência de duas lacunas, uma de natureza teórica e outra de natureza empírica.

Do ponto de vista teórico, o desenvolvimento de ferramentas para a análise das questões ambientais ainda é incipiente na literatura, conforme registrado por Maranhão (2016). Quanto à lacuna empírica, há uma escassez de pesquisas em organizações pública, principalmente os militares (HUET, 2007; GUIMARÃES, 2008; MARANHÃO, 2010; SILVA, 2011; MARANHÃO, 2011; MARANHÃO *et al.*, 2015).

Este artigo está estruturado da seguinte maneira: após esta introdução, na seção 2 é apresentada uma breve revisão da literatura, sobre Gestão Ambiental na Administração Pública, Gestão Ambiental nas Forças Armadas, Gestão Ambiental na Marinha do Brasil, Gestão de Resíduos Sólidos, Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Auditoria Ambiental; na seção 3, são apresentados os métodos e técnicas da pesquisa; na seção 4, são analisados os resultados e realizada a discussão a partir dos dados obtidos na

pesquisa; e finalmente, na quinta seção, apresentam-se as considerações finais e sugestões de estudos futuros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentada uma breve revisão da literatura, sobre Gestão Ambiental na Administração Pública, Gestão Ambiental nas Forças Armadas, Gestão Ambiental na Marinha do Brasil, Gestão de Resíduos Sólidos, Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Auditoria Ambiental.

Gestão Ambiental na Administração Pública

No Brasil, o marco legal sobre o tema surgiu com a Lei n. 6.938/1981, que dispôs sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. A Constituição Federal de 1988 dedicou um capítulo inteiro ao meio ambiente, reconhecido como direito fundamental da pessoa humana, dispondo em seu artigo 225, caput, que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e de preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2006; BRASIL, 2010).

Contudo, as primeiras políticas públicas sobre preservação ambiental no Brasil surgiram na primeira metade do século XX. Em 1934, foi criado, com o decreto presidencial 23.793, de 23 de janeiro,

o Código Florestal Brasileiro, configurando o primeiro documento que tratava de proteção florestal e de regulação da exploração de madeira no país. No mesmo ano, também foi publicado o decreto presidencial 24.643, o qual recebeu a denominação de Código de Águas e ocorreu a promulgação da Constituição de 1934, que se referiu ao tema (BRASIL, 2006; BRASIL, 2010; MARANHÃO; STORI, 2019b).

Assim, a adoção de critérios ambientais na administração pública tem por objetivo a redução dos impactos ambientais de suas ações, projetos, programas, bem como contribuir para a mudança dos padrões atuais de produção e consumo da sociedade rumo à sustentabilidade socioambiental (BRASIL, 2006; MARANHÃO; STORI, 2019b).

Trata-se de uma estratégia da administração pública de caráter preventivo e propositivo, procurando evitar, reduzir ou controlar o efeito ambiental negativo de suas próprias ações, através da consideração da dimensão do planejamento e da operação de seus programas e projetos, internalizando custos (BRASIL, 2006).

A administração pública tem a responsabilidade de contribuir no enfrentamento das questões ambientais, buscando estratégias inovadoras que repensem os atuais padrões de produção e consumo, os objetivos econômicos, inserindo componentes sociais e ambientais.

Diante dessa necessidade as instituições públicas têm sido motivadas a implementar iniciativas específicas e desenvolver programas e projetos que promovam a discussão sobre desenvolvimento e a adoção de uma política de Responsabilidade Socioambiental do setor público (BRASIL, 2006; MARANHÃO; STORI, 2019b).

Gestão Ambiental nas Forças Armadas

Maranhão (2016), registra que as Forças Armadas, apesar de sua destinação constitucional, vêm ao longo dos anos adotando políticas proativas em relação ao meio ambiente, seja por condições operacionais, seja pelo desenvolvimento de uma mentalidade consubstanciada na legislação ambiental em vigor que não isenta os Comandos Militares quanto ao seu cumprimento.

Conforme Guimarães (2008), é possível encontrar relatos de preocupações com a temática ambiental, pelas Forças Armadas, na década de 1920 quando o então Ministério da Guerra regulamentou e disciplinou o uso de recursos naturais dos Campos de Instrução. Contudo, Huet (2007), registra que esta preocupação é bem mais antiga e da época do Brasil Império, quando as embarcações não podiam lançar qualquer substância ou material nas águas territoriais.

Todavia, somente após a Rio-92, a temática ambiental ganhou notoriedade nas Forças Armadas. Porém, apenas em 2001 é que o Comandante do Exército estabeleceu a Política de Gestão Ambiental do Exército Brasileiro (PGAEB), e em 2002 a Marinha designou a Diretoria de Portos e Costas como responsável pela normatização e implantação da Gestão Ambiental nas suas Organizações Militares (MARANHÃO, 2016).

Registra-se, também, que o Ministério da Defesa (MD), lançou em 2017, o livro "Defesa & Meio Ambiente – Preparo com Sustentabilidade", vulgarmente conhecido como "Livro Verde da Defesa". A publicação teve como objetivo a divulgação das boas práticas de gestão ambiental adotadas pelas Forças Armadas e pelo próprio MD.

Gestão Ambiental na Marinha do Brasil

A Marinha teve a iniciativa de promover a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em todas as suas Organizações Militares (OM) de terra, de forma que as suas OM alcançassem a conformidade legal e que houvesse a minimização dos impactos ambientais decorrentes de suas atividades, tendo como base a Norma Brasileira (NBR) ISSO 14.000, a partir do ano de 2002 (HUET, 2007; MARANHÃO, 2016).

Maranhão (2016), cita que para atender as demandas das OM e adotar procedimentos padronizados a Marinha desenvolveu Normas Técnicas Ambientais (NORTAM), com o intuito de orientar a implantação da gestão ambiental e seu desenvolvimento. Dentre as normas, destacam-se as seguintes:

Quadro 1 - Normas Técnicas Ambientais

<i>NORMA</i>	<i>PROPÓSITO</i>
<i>NORTAM-02</i>	Estabelecer normas e procedimentos para a implantação e o acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas OM de terra da Marinha do Brasil.
<i>NORTAM-03</i>	Estabelecer normas e procedimentos para a elaboração do Plano de Emergência Individual (PEI) e para a coordenação das ações de resposta, nos incidentes de poluição por óleo em águas jurisdicionais brasileiras, das OM de terra da MB.
<i>NORTAM-04</i>	Estabelecer os requisitos e procedimentos básicos para a realização de auditorias ambientais nas OM de terra da Marinha do Brasil.
<i>NORTAM-06</i>	Estabelecer procedimentos para a separação de Resíduos Recicláveis Descartados pelas OM.

Fonte: Elaboração própria.

Gestão de Resíduos Sólidos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/2010, resíduos sólidos é todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede.

Se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

A Gestão de resíduos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, ou seja, à organização do setor para esse fim, envolvendo políticas, instrumentos e meios (FERREIRA, 2007; MARANHÃO *et al.*, 2015; MARANHÃO; STORI, 2019a).

Enquanto o gerenciamento engloba os aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se à prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos (FERREIRA, 2007; MARANHÃO *et al.*, 2015; MARANHÃO; STORI, 2019a).

Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Os danos ambientais, decorrentes do desconhecimento das características de produtos manuseados, possibilidades de reutilização, reciclagem e reaproveitamento de resíduos e adequadas técnicas de tratamento e disposição final, podem ser minimizados e até mesmo evitados através da adoção do gerenciamento de resíduos (BARBOSA; GUADAGNIN, 2010; MARANHÃO; TEIXEIRA, 2015).

O gerenciamento de resíduos tem um papel preponderante em uma organização, pois através dele atingem-se objetivos como a melhoria no rendimento da produção, minimização de custos com matéria-prima, insumos, reagentes, tratamento e disposição final visto que a quantidade de resíduos gerados também diminui (SCHILLING *et al.*, 1999; MARANHÃO; STORI, 2019a).

Na implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR), devem-se adotar as seguintes diretrizes: o responsável pelo resíduo é o seu próprio gerador, e que possui a atribuição de realizar o inventário dos resíduos gerados; respeitar a ordem: evitar a geração de resíduos, minimizar a geração, reaproveitar os resíduos, tratar e por fim dispor os resíduos de forma adequada; separar os resíduos em classes; armazenar os resíduos em recipientes adequados e seguros; tratar os resíduos interna ou externamente a instituição respeitando as leis vigentes; realizar todos os procedimentos de forma segura para evitar acidentes e deve-se realizar o treinamento do pessoal envolvido e divulgação do PGR (NOLASCO *et al.*, 2006).

Um gerenciamento correto envolve a implementação de sistemas de redução na fonte, de reutilização e de reciclagem, conhecidos também como os 3 Rs da sustentabilidade, com o intuito de diminuir e conseqüentemente melhorar, continuamente, o sistema

de gerenciamento, considerando o ciclo de vida do produto, modificações e inovações no processo e fazendo uso de tecnologias mais limpas (NOLASCO *et al.*, 2006; PENATTI *et al.*, 2008; MARANHÃO *et al.*, 2015; MARANHÃO; TEIXEIRA, 2015).

Auditoria Ambiental

Auditoria, segundo Moraes e Pugliesi (2014, p. 94) “é definida como um instrumento de avaliação que pode ser aplicado para a coleta de dados e informações, conferências, apuração de fatos ou análise da eficiência de processos e sistemas”. Se for utilizada para avaliar questões ambientais é denominada Auditoria Ambiental.

A Auditoria Ambiental exerce um papel importante no processo de averiguação contínua da Gestão Ambiental, pois possibilita, com antecedência, evitar possíveis danos que poderiam ser causados ao meio ambiente e, conseqüentemente, tem um papel crucial no trabalho de salvaguardar a imagem da organização perante seus *stakeholder* (FILHO, 2002; BARBOSA; GUADAGNIN, 2010).

La Roverre *et al.* (2001), faz uma analogia entre a auditoria ambiental e o exame médico. Nesse sentido a auditoria ambiental é o exame que o médico (auditor) faz em seu paciente (organização) para verificar seu estado de saúde (desempenho ambiental). Este pode ser aplicado periódica ou, eventualmente, no caso de suspeita de alguma disfunção no organismo (organização) pode ser específico para algum determinado órgão do corpo (algum setor da organização) ou geral (abrange todos os setores da organização).

De acordo com Piva (2007), as auditorias ambientais variam de acordo com as técnicas e metodologias adotadas em função do escopo definido pela empresa auditada. Cada setor econômico, mais

especificamente cada empresa, elege os critérios e os objetivos a serem alcançados com a auditoria, conforme sua política ambiental e suas características econômicas.

Destaca-se que as auditorias podem ser divididas em três partes: primeira parte ou interna, quando realizada pela própria organização; segunda parte ou externa, quando realizada por interessados pela organização; e terceira parte que também é externa, quando realizada por organizações de auditorias independentes, geralmente quando há o intuito da certificação (ABNT, 2002). Além disso, as auditorias quanto aos objetivos podem ser:

Quadro 2 - Auditorias

<i>Auditoria de Conformidade Legal</i>	Tem o objetivo de avaliar a adequação da empresa às normas legais aplicáveis à sua atividade. Este tipo de auditoria é utilizado pelas empresas para prevenir eventuais penalidades pelo não atendimento à legislação ambiental. Pode ser utilizada também para verificação em auditorias de fornecedores, que tem como objetivo verificar o atendimento dos requisitos legais de seus fornecedores.
<i>Auditoria Ambiental de Acompanhamento</i>	Tem por objetivo verificar se as condições estabelecidas em uma auditoria estão sendo cumpridas. Nesse caso, a auditoria de acompanhamento irá verificar se estes pontos levantados foram sanados para o processo de certificação.
<i>Auditoria Ambiental de Responsabilidade ou Due Diligence</i>	O objetivo desse tipo de auditoria é avaliar a existência de passivos ambientais da empresa que possam impactar o negócio em um processo de compra e venda. Estas auditorias também podem ser requeridas por investidores ou bancos em processos de garantias, que desejam verificar os riscos relacionados à determinada empresa.
<i>Auditoria Ambiental de Certificação ISO 14001</i>	Tem como objetivo avaliar a conformidade do sistema de gestão ambiental da organização em relação aos pré-requisitos da norma ISO 14001, para fins de certificação. Para tal, é avaliada a política ambiental da organização, suas metas, seus controles, seu comprometimento e responsabilidades dos administradores, dentre outros, para a organização obter a certificação ISO. Este é um caso de auditoria de terceira parte, conforme comentado, pois precisa ser realizado por organizações externas de auditoria independente.

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: ROVERRE *et al.* (2001); ABNT (2002); PIVA (2007); SILVA (2018).

METODOLOGIA

A pesquisa é exploratória, desenvolvida por intermédio da abordagem de estudo de caso único. O estudo foi desenvolvido em uma OM da Marinha do Brasil em virtude do vasto leque de atividades exercidas pelos militares que, em muitos aspectos, podem se assemelhar as empresas ou indústrias do setor privado.

Registra-se que esse tipo de pesquisa facilita a compreensão do fenômeno investigado. Nesse caso, optou-se por um estudo de caso único com observação participativa, pela natureza e magnitude do fenômeno (YIN, 2005).

De acordo com Yin (2005), o estudo de caso representa uma maneira de investigar um tópico empírico, pois “o estudo de caso, permite uma investigação para se preservar as características significativas da vida real”, por meio de trabalhos explanatórios (causais), exploratório ou descritivo, sendo indicados para os casos em que o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em um contexto real.

Para a obtenção do referencial teórico, utilizou-se de levantamento bibliográfico e documental, fundamentado nas bases de dados CAPES e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), em livros, artigos científicos de sites, congressos, revistas científicas e publicações institucionais. Em seguida, para operacionalização da pesquisa foi idealizado, a partir da revisão da literatura e de visita as instalações da OM, um formulário *Check-list*.

As duas maneiras de observação direta (a formal e a informal) foram utilizadas para este estudo de caso. A observação formal contemplou a participação em reuniões pertinentes aos assuntos sobre Gestão Ambiental. Da maneira informal observou-se

a área de armazenamento de resíduos, o manuseio dos resíduos, os setores produtores de resíduos e a realização de treinamentos.

A Organização Militar selecionada para o estudo foi a Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM) que tem o propósito de contribuir para a superintendência das atividades de Abastecimento da Marinha do Brasil, a fim de prever e prover às OM da MB e os Meios Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais, o material necessário a mantê-los em condições de plena eficiência, proporcionando o fluxo adequado do material, desde as fontes de obtenção até as OM consumidoras.

RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas uma breve caracterização ambiental da DAbM, o *Check-list* elaborado e os resultados obtidos após a sua aplicação, bem como sugestões de melhoria.

Caracterização Ambiental da Diretoria de Abastecimento da Marinha

A Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM), com sede na cidade do Rio de Janeiro, RJ, foi criada pelo Decreto n° 79.530, de 13 de abril de 1977, em decorrência da transformação, pelo mesmo ato, da Diretoria de Intendência da Marinha em Diretoria de Finanças da Marinha, com a separação das atividades pertinentes à DAbM.

A DAbM está situada às margens da Baía de Guanabara, e dentre diversas atividades que executa, possui as seguintes atribuições: Manutenção e conservação dos sistemas de distribuição

das redes de água e rede de esgotos do Edifício Almirante Gastão Motta (EAGM); Manutenção das instalações elétricas e telefônicas da DAbM e das áreas comuns do EAGM; Manutenção predial e a limpeza da DAbM e áreas comuns do EAGM; Controle do uso das viaturas da DAbM, bem como o consumo das quotas de combustíveis, lubrificantes e graxas atribuídas à DAbM; Manutenção e conservação dos Alojamentos e Salões de Recreio das tripulações das OM do EAGM; Manutenção e conservação do cais da DAbM; e Manutenção e a conservação do Refeitório dos Oficiais do EAGM.

A partir da delimitação das atividades mencionadas, foi possível identificar que a OM produz os seguintes tipos de resíduos sólidos: Resíduos Sólidos de Atividades Administrativas; Resíduos Sólidos Orgânicos; Resíduos Sólidos de Construção e Demolição; Resíduos Sólidos Perigosos; e Resíduos Sólidos que entram na logística reversa.

Cabendo, assim, elaborar, atualizar e executar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), assegurando que todos os resíduos sejam gerenciados de forma apropriada e segura. Não há uma PGRS na DAbM, porém existe um documento normativo que estabelece procedimentos para a separação dos resíduos sólidos gerados no EAGM, o mapeamento das fontes geradoras de resíduos, os responsáveis pela geração e destinação, bem como os locais de armazém.

Auditoria

A partir da revisão de literatura e visitas as instalações da OM foi elaborado e aplicado um *Check-list* (Quadro 1) para avaliação das conformidades e não conformidades da OM.

**Quadro 1 - Check-list para
auditoria ambiental, coleta de resíduos sólidos**

REQUISITO AVALIADO	CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO SE APLICA
Os coletores estão em bom estado de higienização	X		
Os coletores são de fácil transporte	X		
Os coletores da área de preparação e armazenamento de alimentos possuem tampa (sem acionamento manual)		X	
Os resíduos são frequentemente coletados e estocados fora da área de preparação e armazenamento de alimentos	X		
Existe algum programa de segregação / coleta seletiva de resíduos		X	
Existe alguma capacitação dos funcionários em relação ao gerenciamento dos resíduos	X		
Existe algum PGRS		X	
A OM possui fluxogramas em termos de geração e estocagem e localização dos resíduos sólidos		X	
Existentes Programas Operacionais que disciplinem a coleta, manuseio e estocagem de resíduos sólidos.		X	
As áreas de armazenamento de resíduos possuem sinalização, sistema de proteção e rotulagem adequadas.	X		
A OM possui registro de controle de geração de volume de resíduos sólidos, de acordo com a quantidade, característica e classe		X	
Existentes práticas e/ou programas de minimização de resíduos	X		
Existe sistema de rotulagem de resíduos nos sistemas de armazenagem, geração e coleta	X		
Existe setor responsável pelo gerenciamento de resíduos sólidos	X		
Existe uma Política Ambiental		X	
Todos os servidores e colaboradores conhecem a legislação sobre Gestão de Resíduos Sólidos		X	
Todos os servidores e colaboradores da OM possuem conhecimento da Política Ambiental		X	

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: PEREIRA *et al.* (2019); BEZERRA; BEZERRA (2018); MARANHÃO *et al.* (2014).

Após os resultados obtidos com a implantação do *check-list*, foram apontadas as conformidades e não conformidades encontradas acerca do gerenciamento dos resíduos sólidos. Apesar de não possuir uma Política Ambiental, os pontos fortes evidenciados foram: separação, triagem e doação do resíduo reciclável.

Em relação aos aspectos ambientais os pontos fortes evidenciados foram: existência de procedimento interno para triagem dos resíduos discutidos, com critérios técnicos, por exemplo, o fato de realizar a triagem com um responsável.

Quanto aos requisitos legais, os pontos fortes evidenciados foram: existência de procedimento de identificação das fontes geradoras de resíduos e o respectivo responsável pela triagem dos resíduos; o procedimento responsabiliza pessoas competentes para determinar a aplicação dos requisitos legais aos aspectos ambientais.

Quanto aos objetivos, metas e programas ambientais para coleta e triagem dos resíduos sólidos os pontos fortes evidenciados foram: a indicação onde é realizada a triagem dos resíduos recicláveis e a doação dos resíduos.

Em relação às não conformidades foram identificadas as seguintes: a inexistência de um PGRS, contemplando as informações constantes na norma, bem como toda a legislação que fundamenta a questão dos Resíduos Sólidos no setor responsável pelo gerenciamento dos resíduos; a inexistência de uma Política Ambiental; a falta de registro de treinamento sobre os temas relacionados à Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos;

A inexistência de um controle da saída dos resíduos, constando data, horário da saída, responsáveis pelo transporte, a tipologia dos resíduos e a pesagem; a inexistência de um Programa de Educação Ambiental sólido e crítico, consoantes com as atividades desenvolvidas pela DABM; e a inexistência de

fluxogramas dos diversos tipos de resíduos identificados durante a caracterização ambiental da DAbM.

Sugestões de Melhoria

1. Os resíduos sólidos orgânicos da OM poderão ser encaminhados para a compostagem ou outra forma viável de reaproveitamento. Deverão ser devidamente separados e acondicionados em temperaturas adequadas, conforme a legislação em vigor, com o objetivo de evitar acidentes, proliferação de vetores e facilitar o reaproveitamento.
2. Campanhas de Educação Ambiental deverão ser realizadas para obtenção de um adequado gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos e de atividades administrativas. Os treinamentos deverão ser aplicados em todos os níveis, e para todos os servidores e colaboradores.
3. Os editais de contratação de empresas para a realização de obras deverão conter requisitos que visem à gestão dos resíduos de construção civil para a efetiva redução dos impactos ambientais, principalmente no que se refere à destinação final. A empresa contratada deverá elaborar e implementar um projeto de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, com base na legislação vigente.
4. Deverão ser elaborados os fluxogramas dos resíduos e afixados em suas respectivas fontes geradoras, seguindo a sequência apresentada na figura 1.

Figura 1 - Fluxograma para identificação da fonte geradora do resíduo até sua destinação final



Fonte: Elaboração própria.

No que se refere ao transporte e destinação de resíduos sólidos perigosos, a OM deve contratar empresas especializadas e com licença ambiental em vigor, devendo ser acompanhado de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), com posterior retorno do Certificado de Destinação Final.

Para ampliar a consciência ambiental dos servidores e colaboradores deverão ser confeccionados e fixados cartazes, nas

proximidades dos coletores de resíduos, informando suas funcionalidades e reciclabilidade, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Identificação dos tipos de resíduos para segregação do material reciclável



Fonte: <www.gnrambiental.com.br>.

CONCLUSÕES

A metodologia de auditoria ambiental para a coleta de resíduos sólidos na Organização Militar mostrou-se adequada e consoante à legislação vigente. Observou-se que a Diretoria desenvolve práticas ambientalmente adequadas para o correto gerenciamento de seus resíduos sólidos, todavia não possui um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos estruturado, tampouco divulga suas ações.

Pelo exposto e com base nos resultados obtidos com a análise da aplicação da auditoria ambiental na Diretoria de Abastecimento da Marinha, conclui-se ainda que, apesar da não-obrigatoriedade, a execução dessa prática pelas Organizações Militares deve ser estimulada. Assim, aquelas organizações que ainda não a implantaram devem passar a utilizá-la, pois se trata de instrumento de gestão para a preservação e proteção do meio ambiente, capaz de gerar benefícios tais como a melhoria da imagem institucional e dos controles de gestão ambiental, com a conseqüente redução de custos.

Vale ressaltar que os resultados obtidos não comportam generalizações, pois a estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso único, cujas conclusões representam apenas a realidade da Organização Militar analisada. Assim, sugere-se ampliar o escopo da pesquisa, abrangendo maior número de Organizações Militares, ou, ainda, realizar novas pesquisas para identificação de outros procedimentos e aprofundamento das técnicas de auditoria ambiental aplicadas por um grupo de Organização Militar.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma ISO 19011**: Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BARATA, M. M. L.; KLIGERMAN, D. C.; MINAYO-GOMEZ, C. “A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica”. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 12, n. 1, 2007.

BARBOSA, V. C., GUADAGNIN, M. R. “Auditoria de prevenção e gerenciamento de resíduos químicos em laboratório de análise de

água”. **Anais do VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**. Porto Alegre: PUC-RS, 2010.

BEZERRA, J. M.; BEZERRA, A. C. A. “Auditoria Ambiental na gestão dos resíduos sólidos: estudo de caso no refeitório do IFRN/CNAT”. **Latin American Journal of Business Management**, vol. 9, n. 1, 2018.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10/07/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

FERREIRA, E. R. **Gestão e Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde em Presidente Prudente – SP** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Presidente Prudente: UNESP, 2007

GUIMARÃES, H. B. **Gestão ambiental em áreas sob a tutela do Exército Brasileiro: O caso Campo de Instrução Marechal Newton Cavalcante – Pernambuco - Brasil** (Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Recife: UFPE, 2008.

HIDALGO, V. O.; SANTILLÁN, W. V.; MERO, C. L. “Fundamentos de la Auditoría Ambiental con una visión de Responsabilidad Social: Basics of environmental auditing with social responsibility perspective”. **South Florida Journal of Development**, vol. 2, n. 3, 2021.

HUET, G. “As iniciativas da Marinha do Brasil voltadas à prevenção da poluição do Meio Ambiente”. **Proceedings of the International**

Workshop – Advances in Cleaner Production. São Paulo: UNIP, 2007.

LA ROVERE, E. L. *et al.* **Manual de Auditoria Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008.

MARANHÃO, R. A. “Práticas de Produção mais limpa em Organização Militar Prestadora de Serviços Industriais (OMPS-I): um estudo na Base Naval de Val-de-Cães”. **Annals of International Workshop-Advances in Cleaner Production.** São Paulo: UNIP, 2011.

MARANHÃO, R. A. **Desenvolvimento de capacidades dinâmicas a partir de sistemas de gestão ambiental:** Um estudo em organizações militares da marinha do Brasil (Tese de Doutorado em Administração). São Paulo: UNINOVE, 2016.

MARANHÃO, R. A. “Modelo de gestão ambiental aplicado à Estação Naval do Rio Negro, Manaus”. **Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.** Manaus: UFAM, 2010.

MARANHÃO, R. A.; SOUZA, M. T. S.; TEIXEIRA, C. E. “Gestão de resíduos de serviço de saúde em organização militar: um estudo de caso na Marinha do Brasil”. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde,** vol. 12, n. 2, 2015.

MARANHÃO, R. A.; STORI, N. “Desenvolvimento sustentável e responsabilidade socioambiental nas forças armadas: um estudo na Marinha do Brasil”. **Brazilian Journal of Development,** vol. 5, n. 10, 2019b.

MARANHÃO, R. A.; STORI, N. “Gestão de resíduos de serviço de saúde: um estudo de caso na construção do estaleiro e Base Naval da Marinha em Itaguaí”. **Brazilian Journal of Development**, vol. 5, n. 10, 2019a.

MARANHÃO, R. A.; TEIXEIRA, C. E. “Capacidades dinâmicas e sistema de gestão ambiental em organização militar da Marinha do Brasil”. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, vol. 14, n. 2, 2015.

MARANHÃO, R. A.; TEIXEIRA, C. E.; CAMPOS, F. S. P. “Construção e aplicação de um sistema de avaliação da gestão de resíduos de serviços de saúde”. **Anais do XVII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais**. São Paulo: FGV, 2014.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. “Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações”. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 11, n. 2, 2006.

PENATTI, F. E.; GUIMARÃES, S. T. L. G., SILVA, P. M. “Gerenciamento de resíduos químico sem laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratórios da área química”. **Anais do IV Fórum Ambiental da Alta Paulista**. Rio Claro: ANAP, 2008.

PEREIRA, A. R. A.; LOPES, A. N.; KUHN, A. V.; BORGES, R. P. “Auditoria Ambiental para Coleta de Resíduos Sólidos Reciclados no Bloco F da Universidade Santa Cecília”. **Anais do VIII Encontro Nacional de Pós-Graduação em Educação do MS**. Dourados: UFGD, 2019.

PIVA, A. L. “Auditoria ambiental: um enfoque sobre a auditoria ambiental compulsória e a aplicação dos princípios Ambientais”. **Anais do XVI Congresso Nacional do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito**. Belo Horizonte: COMPEDI, 2007.

SCHILLING, G. E. M.; ZENY, A. S.; BAPTISTA, M. V. S. “Auditoria de Redução de Resíduos”. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SILVA, K. V. “Auditoria ambiental: vantagens e desvantagens”. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, vol. 13, n. 7, 2018.

SILVA, R. G. Z. “A Gestão Ambiental em Exercícios de Artilharia: o Gerenciamento e a Minimização dos Impactos Ambientais Decorrentes de Exercícios de Artilharia”. **Anais do VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Resende: AEDB, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Editora Bookmam, 2005.

CAPÍTULO 9

*Gestão de Resíduos Sólidos Recicláveis:
Uma Análise de Iniciativas de Incentivos Econômicos
ao Cidadão nos Municípios de Curitiba (PR) e Canoinhas
(SC) para uma Política Pública de Resíduos Mais Eficiente*

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS: UMA ANÁLISE DE INICIATIVAS DE INCENTIVOS ECONÔMICOS AO CIDADÃO NOS MUNICÍPIOS DE CURITIBA (PR) E CANOINHAS (SC) PARA UMA POLÍTICA PÚBLICA DE RESÍDUOS MAIS EFICIENTE

Dandara Luísa Guedes Ronconi

Frederico Fonseca da Silva

Ricardo Massulo Albertin

Alexandre Machado Fernandes

A crise ambiental é um problema crescente e complexo, pois está interligada a diversos fatores econômicos, sociais e até mesmo culturais, preocupação essa já manifestada por Lima (1999).

Neste contexto, a Gestão de Resíduos, principalmente os sólidos e recicláveis é um tema central na Gestão Ambiental, pois cada vez mais as pessoas consomem em maiores quantidades gerando, conseqüentemente, mais resíduos, concordando com Campos e Oliveira (s/d) quando afirmam que a realidade atual mostra uma crescente aceleração na produção e no consumo de produtos eletrônicos.

As soluções atuais para o manejo desses resíduos ainda não satisfazem a necessidade, eis que a separação do lixo ainda é insuficiente nos lares brasileiros, gerando baixos índices de reciclagem e o destino incorreto de resíduos que poderiam ser reciclados, o que representa uma considerável perda de recursos.

Soares (2021), afirma que apenas 2,1% de tudo o que é coletado no Brasil é devidamente reciclado. Maurício e Foster

(2020), estimam que Brasil deixa de ganhar R\$ 14 bilhões com reciclagem de lixo. De fato, sob a ótica ambiental, global e, principalmente, na gestão pública, chega a ser até inadmissível estarmos em pleno século XXI e discutindo ainda os princípios elementares da separação dos resíduos.

O tema de fundo da presente pesquisa procura abordar a vantagens e ações da implementação de incentivos econômicos aos cidadãos para melhorar a gestão dos resíduos sólidos recicláveis. O tema é vital e urgente, posto que é extremamente necessário refletir sobre como podemos utilizar de ferramentas de incentivos reais e palpáveis para melhorar os índices de reciclagem pelos cidadãos nesse país.

METODOLOGIA

Utilizou-se inicialmente como metodologia para esse estudo a pesquisa bibliográfica (fontes constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas) e, posteriormente, a análise documental (utiliza fontes primárias, ou seja, dados e informações que ainda não foram tratados científica ou analiticamente), de acordo com Fonseca (2002).

A pesquisa bibliográfica explorou conceitos de gestão de resíduos envolvendo a literatura sobre gestão ambiental, resíduos urbanos recicláveis, economia circular, lixo e processos de reciclagem do lixo urbano.

A análise documental coletou dados de fontes disponíveis nos sites relacionados à órgãos públicos, materiais distribuídos à população, matérias publicadas em jornais e revistas, por meio da qual foram analisados dados de reciclagem, dentro de uma

abordagem descritiva. Por fim, procurou-se focar em exemplos desenvolvidos por duas cidades da região Sul do Brasil: Curitiba (PR) e Canoinhas (SC).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que tudo isso possa ocorrer é necessário melhorar os hábitos de gestão de resíduos na sociedade e não há melhor maneira que não ocorrendo a classificação e separação diretamente na origem, isto é, nas residências. Entretanto, como obter essa ideal separação na origem, de maneira competitiva?

O crescente aumento do descarte desenfreado e inconsciente é absolutamente insustentável (RECH, 2016). E o que tem sido feito até agora ainda não promoveu os resultados que as cidades precisam.

De acordo com Leal e Lima (2016), a educação ambiental possui um encargo que não lhe permite o luxo de ser estática: ou se adapta e evolui ou seus efeitos não serão suficientes. Como manter envolvido na reciclagem um cidadão conectado, atarefado, investidor financeiro até de criptomoedas, se as alternativas oferecidas têm como única arma um apelo a uma consciência ambiental? Segundo Waldman (2013), é momento de analogismos, de desenvolver a lixologia³, de dar um passo a mais na educação ambiental. É necessário mexer no bolso das pessoas. É necessária a implementação de incentivos palpáveis para melhorar a gestão de resíduos recicláveis.

Para tanto, o presente estudo está alicerçado em quatro pilstras que constituem os fundamentos teóricos, sendo: 1)

³ Termo adaptado da palavra inglesa *garbology*, junção de *garbage* (lixo) e *archeology* (arqueologia) e que consiste em estudar a arqueologia do lixo, como forma de melhor entender a busca de melhores soluções para as áreas urbanas.

Resíduos sólidos e seu manejo; 2) Resíduos sólidos urbanos; 3) Reciclagem; e, 4) Economia circular

Resíduos sólidos e seu manejo

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui uma Norma Técnica que estabelece os conceitos e classificações de resíduos sólidos. Trata-se da Norma Técnica n° 10.004/2004 (ABNT, 2004), a qual em seu item 3.1 define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Outro importante conceito definidor de Resíduos Sólidos está determinado na Lei Federal n° 12.305/2010 (BRASIL, 2010), normativa que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS):

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos

estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

A PNRS é o principal marco legal quando se trata de resíduos sólidos. Ao gestor público, cabe pautar as políticas públicas de reciclagem, coleta e separação de resíduos segundo seus preceitos (MAIELLO *et al.*, 2018). Cabe pontuar que, embora a PNRS tenha sido um importantíssimo marco legal, político e ambiental, doze anos após a sua promulgação os gestores públicos, todavia possuem consideráveis dificuldades na sua implementação (OTTO; LOPES, 2019).

Otto e Lopes (2019), ao estudar os nós-críticos que fragilizam a fiel execução da política nacional de resíduos sólidos, concluem que a Lei transferiu o grande peso de sua implementação, em maior parte, aos municípios, sendo estes os entes com menores recursos disponíveis.

Neste sentido, o artigo 10º da Lei 12.305 (BRASIL, 2010):

Art. 10. Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei (Destaque nosso).

Os municípios que conseguiram construir uma política municipal de resíduos sólidos bem-sucedida adotaram algumas

iniciativas específicas, como é o caso do município catarinense de Timbó, que se tornou referência em todo o Estado pela adoção do Ecoponto como um espaço de coleta dos resíduos (BREHMER, 2021).

Defende-se que iniciativas como a de Timbó (SC) devem ser meticulosamente estudadas pela Academia, a fim de contribuir com o conhecimento organizado e disponível para que os 5.568 municípios do Brasil possam se apropriar dele, e assim, aprimorar suas políticas de resíduos sólidos (TIMBÓ, 2018).

Ainda, a última parte do artigo 10º da Lei 12.305 (BRASIL, 2010) elenca que apesar de incumbir aos municípios a gestão dos resíduos, isto deve ser feito sem prejuízo da responsabilidade dos gerenciadores. A própria lei define quem são estes gerenciadores:

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

IX - Geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo

Verifica-se, assim, que não só as pessoas jurídicas possuem responsabilidade pelos seus resíduos gerados, mas as pessoas físicas também. Todos os cidadãos que produzem resíduos possuem responsabilidade compartilhada sobre eles (LIMA, 2018).

Ainda assim, mesmo diante da responsabilidade elencada por lei, a PNRS não logrou incutir uma efetiva mudança no comportamento da sociedade quanto aos resíduos. Para que alcance todos os efeitos almejados faz-se necessário que a gestão pública invista em coleta seletiva, reciclagem, logística reversa e demais

ferramentas para uma gestão de resíduos mais eficiente (LAVNITCKI *et al.*, 2018).

Resíduos sólidos urbanos e sua coleta

Conforme define a própria Norma da ABNT (ABNT, 2004), os resíduos sólidos podem ter origem tanto industrial, hospitalar, comercial, agrícola, etc., quanto origem doméstica. Embora os resíduos sólidos industriais também possam ser reciclados, no presente artigo enfoca-se nos resíduos sólidos urbanos, principalmente sob o viés doméstico.

De acordo com Lima (2018), um dos mecanismos para se garantir o controle ambiental se faz pelo controle de resíduos no meio ambiente, no que se relaciona ao impedimento ou minimização quanto à degradação e poluição ambiental; e, Sirvinskas (2009), complementa dizendo que [...] qualidade de vida está relacionada com a atividade contínua e ininterrupta das funções essenciais do meio ambiente. Milaré (2011), conclui afirmando que a qualidade ambiental é utilizada como valor referencial para o processo de controle ambiental.

Lavnitcki *et al.* (2018), afirmam que a gestão dos resíduos sólidos urbanos inicia dentro da residência de cada cidadão e não no aterro sanitário ou no centro de reciclagem. Para tanto, o descarte adequado e a coleta seletiva são essenciais para que ocorra a reciclagem ou mesmo a reutilização.

Um recente estudo sobre a PNRS na região sul do país demonstrou que o Brasil tem paulatinamente incrementado a porcentagem de reciclagem, mas um obstáculo para isso é a falta de integração entre os diferentes atores: cidadãos, empresas e poder

público. Outra problemática apontada é a falta de programas que reciclem todos os tipos de resíduos (LAVNITCKI *et al.*, 2018).

Reciclagem

Nascimento *et al.* (2015), afirmam que existe uma relação direta entre a produção de resíduos e a economia de um país, de forma que quanto maior a renda, maior é o consumo e, geralmente, maior é a produção de resíduos.

Essa característica transforma os resíduos sólidos em importantes indicadores socioeconômicos, tanto pela quantidade de geração quanto pela sua caracterização.

Observa-se uma escalada crescente de geração de resíduos com o passar dos anos. Campos (2012), afirma que a média da geração *per capita* entre 2002 a 2009 variou de 0,75 a 0,96 kg.habitante⁻¹.dia⁻¹, correspondendo a um aumento de 28% em 8 anos, enquanto o aumento populacional no período foi de apenas 8,3.

No ano de 2013, a população brasileira, mais de 201 milhões de habitantes, gerou 76.387.200 toneladas de RSU, sendo que a geração *per capita* foi, em média, 1,041 kg.habitante⁻¹.dia⁻¹ (ABRELPE, 2014). Estes valores são diferentes para cada região brasileira.

Em ordem crescente de geração *per capita* de resíduos sólidos estão: Sul com 0,76, Norte com 0,89, Nordeste com 0,95, Centro-Oeste com 1,11, e Sudeste com 1,20 kg.habitante⁻¹.dia⁻¹.

A PNRS também definiu o conceito de reciclagem em seu artigo 3º da Lei 12.305 (BRASIL, 2010):

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

Em dezembro de 2021 houve importante avanço na reciclagem no Brasil com a publicação da Lei Federal nº 14.260/2021 (BRASIL, 2021), a qual autorizou a constituição de Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecycle).

Entanto, foi totalmente vetada da Lei a implementação de incentivos e benefícios para projetos que estimulassem a cadeia produtiva da reciclagem, conforme se verifica de seus artigos 3º, 4º, 5º, 6º e 7º onde, inexplicavelmente, principalmente sob a ótica da Gestão Pública, todos foram vetados!

Economia circular

De acordo com Balanay e Halog (2016); Lewandowski (2016) e Barderi (2017), a estrutura que alicerça a economia circular pode ser chamada de resolve. Nesta estrutura, o “Re” quer dizer regenerar, que significa mudar para um modelo que utilize energias e materiais renováveis, possibilitando o retorno de recursos biológicos para a biosfera e recuperando a saúde dos ecossistemas.

O “S” trata de compartilhar, do inglês share, e busca a máxima utilização de produtos por meio do compartilhamento entre usuários. Ainda neste contexto, compartilhar pode incluir a reutilização de produtos quando viáveis tecnicamente, graças às

atividades de manutenção e reparação, que podem aumentar sua durabilidade.

A letra “Q” é de otimizar, ou seja, aumentar a eficiência de um produto e reduzir ao mínimo a geração de resíduos provenientes do processo produtivo e da cadeia de suprimentos. A otimização não precisa, necessariamente, de uma mudança de produto ou de tecnologia.

O “L”, do inglês loop, significa circular e visa manter componentes e materiais em circuitos fechados, priorizando os mais próximos como compartilhamento e manutenção, em vez de reciclagem, conforme apresentado na estrutura da Economia Circular.

O “V” é de virtualizar, ou seja, buscar a desmaterialização de produto, fornecendo utilidades particulares em vez de materiais. Por fim, o “E”, do inglês exchange, trata da substituição de materiais não renováveis por outros mais avançados, por meio da aplicação de tecnologias inovadoras para o desenvolvimento de novos produtos e serviços.

São numerosos os benefícios da gestão adequada de resíduos e da implementação de uma cultura de reciclagem. Szigethy e Antenor (2020), afirmam que o Brasil é um dos países que mais gera resíduos sólidos - materiais, substâncias e objetos descartados - cuja destinação final deveria receber tratamento com soluções economicamente viáveis.

A economia circular aplicada à gestão de resíduos recicláveis, se pauta em como utilizar eficazmente os recursos, recuperando matérias-primas, gerando a invenção de novos produtos, a criação de novos empregos, renda distribuída e, até mesmo, a produção de energia a partir de estratégias de reutilização de resíduos, tema esse já abordado por Pearce e Turner (1990), desde o final da década de 1980, do século passado.

Contudo, a economia circular pode e deve ser iniciada em qualquer momento e em qualquer escala. Ghiselini *et al.* (2016), asseguram que a Sua implementação pode ocorrer em todos os níveis, sejam em micro, meso ou macro escala.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse campo, se apresentará iniciativas de reciclagem com sistema de compensação ao cidadão. Para isso foram escolhidas quatro iniciativas a serem abordadas: duas pertencentes ao Poder Público e duas pertencentes à iniciativa privada.

São elas, respectivamente, representando ações públicas: 1) Programa Câmbio Verde, do Município de Curitiba (PR) e 2) Programa Ouro Verde, do Município de Canoinhas (SC). Representando a iniciativa privada, foram escolhidos os Programas 3) Soma + Vantagens (Curitiba), e, 4) Projeto Colmena (Curitiba).

Programa Câmbio Verde em Curitiba (PR)

O município de Curitiba possui em vigência um Programa denominado “Câmbio Verde”, no qual toda a população pode participar levando aos pontos de troca, em datas e horários pré-determinados, materiais recicláveis.

Os resíduos são pesados e trocados por produtos hortifrutis que, de acordo com a Prefeitura (PMC, 2022), os objetivos do Programa são os de Criar na população o hábito de separar o lixo reciclável; sensibilizar a comunidade para a correta destinação final dos resíduos; melhorar a qualidade da alimentação dos beneficiados pelo Programa, ao mesmo tempo em que promove o escoamento da

safras de produtos hortifrutis dos pequenos produtores de Curitiba e da Região Metropolitana.

O Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2022a), afirma que em 1991 sobreveio excedente de safra que afetou os pequenos produtores rurais, que não estavam conseguindo comercializar seus produtos pelo excesso de oferta.

A Prefeitura então, firmou convênio com a FEPAR - Federação Paranaense das Associações dos Produtores Rurais, e passou a adquirir o excedente da produção, o qual por sua vez, foi repassado aos cidadãos mediante a troca de seus resíduos urbanos recicláveis.

Segundo o chefe de serviço do Programa atualmente, em 2022, são atendidas, em média, 5.000 pessoas por mês e são coletados todos os tipos de materiais recicláveis, sem especificações ou limitações por determinados materiais. Ademais, o Programa também integraliza a Rede Curitiba de Soluções Urbanas Inovadoras (IPPUC, 2022b).

Programa Ouro Verde, do Município de Canoinhas (SC)

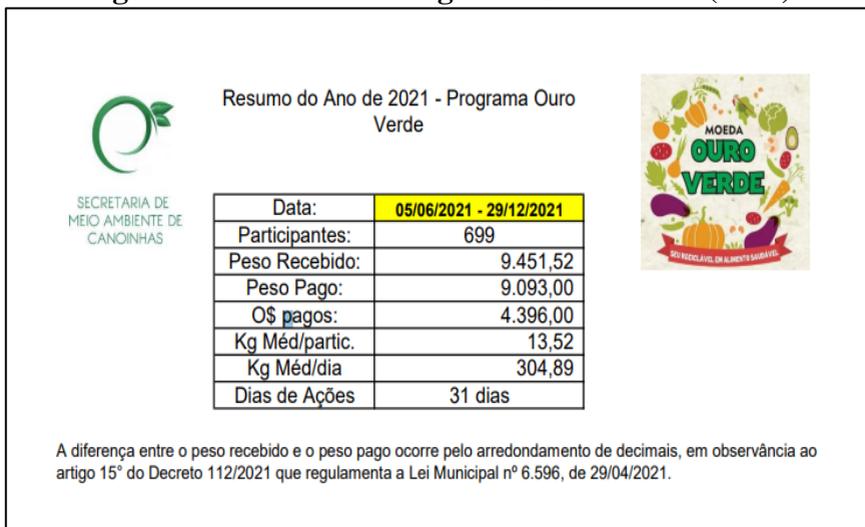
No município catarinense de Canoinhas foi recentemente instituído o Programa de troca de recicláveis por créditos, que podem ser utilizados para aquisição de produtos no Mercado Público da cidade. A iniciativa foi estabelecida por meio da Lei Municipal nº 6.596/2021 (CANOINHAS, 2021), e regulamentada pelo Decreto nº 2138651/2021 e recebeu o nome de “Ouro Verde”.

Diferentemente do Programa Câmbio Verde, do Município de Curitiba, esta proposta propõe uma forma mais elaborada de incentivo econômico à reciclagem, sendo que os cidadãos chegam a receber notas físicas criadas pelo programa em troca dos materiais

recolhidos, e que podem ser utilizadas para a realização de transações.

No modelo curitibano, a troca dos materiais é feita diretamente pelos alimentos na hora da pesagem dos resíduos, sem meio intermediário. Em seis meses do início da execução do Programa Ouro Verde (junho - dezembro 2021) foram pagos \$4.396,00 o que corresponde ao equivalente em reais (Figura 1).

Figura 1 - Resumo do Programa Ouro Verde (2021)



Fonte: Prefeitura Municipal de Canoinhas (2021).

Soma vantagens, Curitiba (PR)

No município de Curitiba também está em funcionamento outra iniciativa de recompensas pela reciclagem, denominada de Soma Vantagens. O modelo consiste no acúmulo de pontos que, por

sua vez, podem ser trocados por diversos benefícios, como, cursos, alimentos e até exames de saúde.

O Programa é gerenciado por uma empresa de direito privado, sediada em São Paulo, a qual afirma ser o primeiro programa de incentivo a atitudes socioambientais através da reciclagem.

A Soma atua por meio de parcerias tanto com o poder público quanto com a iniciativa privada, fornecendo a tecnologia por ela desenvolvida - um site e um aplicativo - que se constitui como um sistema para a gestão de resíduos domésticos recicláveis.

Os cidadãos interessados em juntar pontos no Programa por meio da entrega de seus recicláveis precisam efetivar uma adesão, após o que estarão habilitados a levarem seus resíduos nos Pontos de Recebimento (que, em Curitiba, funciona na Rua Lydio Paulo Bettega, 191). No local, são pesados e contabilizados os materiais entregues.

De acordo com o regulamento do Programa, os pontos não possuem valor monetário algum, não sendo negociáveis, representando, tão somente, um direito de troca do usuário (Figura 2).

A iniciativa já atingiu, em todo o Brasil, 18.634 famílias, com a economia de R\$ 302.663,00 (trezentos e dois mil e seiscentos e sessenta e três reais), pelas 1.574 toneladas recicladas.

Figura 2 - Cartaz em exposição no interior do EcoPonto Soma + Vantagens

so+ma

Não é brinde. Aqui valorizamos sua atitude de reciclar.

Cursos
Troque seus recicláveis por cursos de: *Gastronomia, Fotografia, Moda, Negócios, Computação e muito mais.*

Além de descontos em cursos de Graduação e Pós-Graduação.

Descontos em produtos e serviços
Material de construção, gás de cozinha, óticas e mais.

Produtos de higiene
Shampoo, condicionador, sabonete, entre outros.

Alimentos
Arroz, feijão, leite, farinha, açúcar e outros.

Doação
Você também pode doar seus créditos para uma instituição local e ajudar muita gente.

Saiba mais!
Acesse a lista completa de recompensas.

Fonte: Elaboração própria.

Projeto Colmena

O Projeto Colmena consiste em um sistema tecnológico de compensação econômica pela separação e entrega dos resíduos recicláveis pelo cidadão. O que distingue esta iniciativa das demais apresentadas é o uso intensivo da tecnologia para validar desde o processo de separação de resíduos, sua coleta e pesagem nos pontos

de recebimento dos materiais até o incentivo econômico pelo hábito da reciclagem, que se dá por intermédio de uma criptomoeda denominada *JellyCoin* (JYC).

Assim, como o aplicativo do Uber conecta pessoas que precisam de transporte a motoristas, a plataforma proposta pelo Projeto Colmena conecta pessoas que querem reciclar a coletores (popularmente denominados carrinheiros ou catadores de papel) e ainda, conecta estes coletores à indústria da reciclagem.

O contato entre estes atores ocorre pelo app Colmena, o qual está disponível para download na loja de aplicativos do Google. Segundo o fundador do projeto, Ivan Andrés Zubilewicz, o principal diferencial deste sistema de compensação econômica pelo resíduo consiste no uso da tecnologia da cadeia de blocos (*blockchain*) para garantir a traçabilidade dos resíduos, garantindo assim, de maneira transparente e confiável, a destinação correta dos materiais.

Segundo consta em seu site oficial, a Colmena:

Procura transformar a forma de gestão dos resíduos recicláveis, propondo uma alternativa de gestão colaborativa, digital e descentralizada que permite às famílias, empresas e instituições separar de seus resíduos os materiais solicitados pelas indústrias, registrá-los na plataforma e transportá-los até um ponto determinado, com a opção de coordenar com um terceiro a coleta porta-a-porta.

O projeto prevê um ciclo completo desde a reciclagem a partir da casa do participante até a validação final pelo resíduo feita por intermédio da criptomoeda *JellyCoin*, conforme esquema sintetizado na Figura 3.

Figura 3 - Resumo do Projeto Colmena



Fonte: Elaboração própria.

ANÁLISE DE DADOS

Observa-se que apesar da Prefeitura de Canoinhas ter disponibilizado R\$ 10.000,00 (dez mil reais) mensais para o programa (Artigo 6º da Lei nº 6.596/2021), dividindo-se o total pago aos cidadãos (R\$ 4.396,00) durante o semestre, obtém-se uma média de apenas R\$ 732,66 por mês de retribuição aos cidadãos pelo Programa, o que representa menos de 10% do valor mensal disponível para aplicação na iniciativa.

Revela-se, assim, que há um grande lastro ainda a ser percorrido em conjunto pelo órgão municipal e cidadãos. Segundo dados oficiais da Prefeitura, no primeiro semestre de funcionamento do Programa catarinense, houve aderência de 699 cidadãos, o que

representa 1,28% dos cidadãos da cidade, a qual possui população estimada em 2021 de 54.558 (IBGE, 2010).

Destaca-se que a utilização em pleno do montante disponibilizado mensalmente para a execução do Programa seria propulsora para a Economia Circular local, eis que incrementaria o poder de compra dos munícipes, os quais por sua vez são condicionados a utilizar este poder de compra na aquisição de bens e produtos locais, tudo a partir da destinação correta dos resíduos recicláveis, os quais por sua vez, uma vez bem destinados e condicionados, podem ser reinseridos no ciclo industrial.

Em análise ao Câmbio Verde, Ribeiro e de Paula (2019), afirmam que o programa pode ser considerado uma forma de comercialização dos produtos por meio não monetário, já que o meio de pagamento são os materiais recicláveis. Tal análise ratifica o conceito de que os resíduos possuem valor fortalecendo o binômio aqui defendido, de que “lixo é dinheiro”.

Ribeiro e de Paula (2019), ainda concluem que o Programa Câmbio Verde é inovador, eis que garante a complementação alimentar, incentiva a pequena produção rural e a reciclagem, o que gera um impacto positivo tanto nas comunidades onde está presente quanto no entorno rural. Acrescentamos ainda o impacto positivo ambiental, eis que evita que resíduos valorosos tenham o seu descarte incorreto.

Outra consideração a ser feita sobre o Programa Câmbio Verde é que ele não exige o prévio cadastro ou prévia adesão dos participantes, bastando, para participar do Programa, levar os recicláveis nos locais e horários indicados conforme Calendário divulgado pela Prefeitura.

A inexistência de qualquer burocracia confere ao Programa um caráter amplamente acessível que gera uma demanda espontânea dos cidadãos, notadamente os mais econômicos e socialmente

vulneráveis. Por outro lado, a prefeitura perde dados preciosos, métricas e informações sobre os cidadãos aderentes ao Programa, como idade, sexo, e fidelidade ao Programa.

O poder público municipal não tem como monitorar se os participantes são os mesmos toda semana ou quantas pessoas moram na casa na qual se levam os produtos alimentícios obtidos por intermédio da iniciativa. Tais informações poderiam ser estratégicas para conhecer melhor o perfil das pessoas atendidas pela iniciativa e possibilitaria traçar políticas públicas mais específicas para este público.

Quanto as iniciativas privadas aqui abordadas, Soma + Vantagens e Projeto Colmena, observa-se que as mesmas permitem maior poder de escolha do participante em relação ao benefício a ser obtido pelos seus resíduos reciclados.

Este poder de escolha para além de produtos alimentícios tem potencial para atrair um público mais diversificado para as iniciativas, albergando pessoas de poder aquisitivo maior, as quais se interessam por benefícios distintos que itens de alimentação básica, ofertados pelas iniciativas ligadas ao poder público.

A Soma + Vantagens possui um contorno híbrido, eis que tanto oferece itens alimentícios quanto itens de higiene pessoal, para além da realização de cursos com certificados. Tem-se que o escopo mais amplo de produtos repercute diretamente na seara social dos participantes, a exemplo de como a eventual disponibilização de absorventes como recompensa pela reciclagem combate à pobreza menstrual para as mulheres participantes do Programa.

Em outra ponta, outros participantes juntam os resíduos recicláveis como forma de solidariedade ao próximo, obtendo assim itens de alimentação que, posteriormente, são consumidos ou até mesmo doados.

Já o Projeto Colmena empreende passos ainda mais versáteis no tocante aos incentivos conferidos aos participantes. Isto pois nesta iniciativa, em particular, não há um leque de produtos pré-determinados de recompensas, como tampouco sequer há produto algum.

A iniciativa propõe, como benefício ao cidadão pela reciclagem, uma criptomoeda, a qual possui valor econômico variável conforme cotação e fluxo de mercado. Neste sentido, uma vez em posse de suas criptomoedas, os participantes do projeto podem trocá-las por quaisquer itens de seu interesse, sem restrições, nas lojas e estabelecimentos que a aceitem.

Um ponto a ser ressaltado da Colmena é que ademais de incentivar o hábito da reciclagem, trabalha-se também a educação financeira de seus participantes, na medida em que a moeda é um ativo digital variável assim como as ações da Bolsa de Valores. O participante que recicla seus resíduos pela Colmena pode optar em não trocar imediatamente o seu benefício por produtos, fazendo uma reserva financeira com as criptomoedas obtidas, as quais podem ir se valorizando com o decorrer do tempo.

Observa-se, assim, que as iniciativas pertencentes ao ramo privado são, sob certo aspecto, ainda mais arrojadas e emancipadoras em relação à conscientização do valor dos resíduos, eis que enquanto as iniciativas do poder público condicionam a utilização do benefício conforme o leque taxativo disponibilizado pela prefeitura (alimentos). Na iniciativa privada o participante escolhe a utilização de seus benefícios de maneira ainda mais livre.

A celebração de parcerias entre o Poder Público com iniciativas privadas com um método já desenvolvido de recompensa pela reciclagem pode e deve ser um caminho a ser mais e melhor explorado pelos Gestores Públicos, os quais podem se beneficiar da tecnologia já desenvolvida por estas iniciativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se o manejo de resíduos sólidos é uma responsabilidade integrada (Artigo 10º, PNRS), dividida entre Estado e seus cidadãos, considera-se salutar que iniciativas que vinculem e estimulem os geradores domésticos a separarem corretamente seus resíduos sejam incentivados, de forma a melhorar o índice de reciclagem atingido pela Gestão Pública.

Verifica-se que o governo tem agido cada vez mais neste sentido, a exemplo da publicação da Lei Federal nº 14.260, de 2021, a qual criou Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecycle). No entanto, os avanços, todavia, são modestos: o CAPÍTULO II, que versava sobre incentivo a projetos de reciclagem foi inteiramente vetado.

Projetos que concedam vantagens aos cidadãos pela reciclagem devem ser valorizados e vistos com atenção pelos Gestores Públicos, que podem optar pela criação de Programas Próprios (como o Câmbio Verde da Prefeitura de Curitiba ou Ouro Verde da Prefeitura de Canoinhas) ou então em celebrar parcerias e convênios com projetos da iniciativa privada que já tenham método próprio desenvolvido (a exemplo do Projeto Colmena e do Soma + Vantagens), bastando ao Gestor Público apenas implementá-lo em sua circunscrição.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BALANAY, R.; HALOG, A. "Charting Policy Directions for Mining's Sustainability with Circular Economy". **Recycling, Basel**, vol. 1, n. 2, 2016.

BARDERI, M. T. **Aplicação dos princípios da economia circular em uma indústria de veículos comerciais** (Dissertação de Mestrado em Administração de Empresas). São Paulo: FEI, 2017.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acessado em 13/07/2022.

BRASIL. **Lei n. 14.260, de 8 de dezembro de 2021**. Brasília: Planalto, 2021. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acessado em 13/07/2022.

BREHMER, A. **Gestão de resíduos sólidos de Timbó é referência em Santa Catarina**. Timbó: Prefeitura Municipal, 2021. Disponível em: <www.timbo.sc.gov.br>. Acessado em: 18/04/2022.

CAMPOS, F. L.; OLIVEIRA, M. "Gestão do resíduo tecnológico gerado pela tecnologia da informação". **DocPlayer**. Disponível em: <www.docplayer.com.br>. Acesso em: 13/07/2022.

CAMPOS, H. K. T. "Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, 2012.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Editora da UEC, 2002.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of

environmental and economic systems". **Journal of Cleaner Production**, vol. 114, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. "Brasil - Santa Catarina - Canoinhas - Panorama". **IBGE** [2010]. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 19/07/2022.

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. "Políticas Públicas". **Portal Eletrônico IPPUC** [2022a]. Disponível em: <www.ippuc.org.br>. Acesso em: 19/07/2022.

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. "Rede Curitiba de Soluções Urbanas Inovadoras". **Portal Eletrônico IPPUC** [2022b]. Disponível em: <www.ippuc.org.br>. Acesso em: 19/07/2022.

LAVNITCKI, L.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. "Política Nacional dos Resíduos Sólidos: abordagem da problemática no Brasil e a situação na Região Sul". **Revista Ambiente e Educação**, vol. 23, n. 3, 2018.

LEAL, D.; LIMA, I. B. "Boas práticas de educação ambiental no uso de resíduos sólidos: Estudo em um órgão público, no segmento de tecnologia, situado na região metropolitana do Recife - PE". In: GIOVANETTI EL-DEIR, S.; AGUIAR, E. J.; PINHEIRO, S. M. (orgs.). **Educação ambiental na gestão de resíduos sólidos 2016**. Recife: Editora da UFRPE, 2016.

LEWANDOWSKI, M. "Designing the Business Models for Circular Economy - Towards the Conceptual Framework". **Sustainability, Basel**, vol. 8, n. 1, 2016.

LIMA, C. A. V. **Os resíduos sólidos no meio ambiente de acordo com a Lei 12.305/10 e a importância dos aterros sanitários**

(Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Direito). Salvador: UFBA, 2018.

LIMA, G. C. "Questão Ambiental e Educação: contribuições para o debate". **Ambiente e Sociedade**, vol. 2, n. 5, 1999.

MAIELLO, A.; BRITTO, L. N. P.; VALLE, T. F. "Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos". **Revista de Administração Pública**, vol. 52, n. 1, 2018.

MAURÍCIO, T.; FOSTER, P. "Brasil deixa de ganhar R\$ 14 bilhões com reciclagem de lixo". **CNN Brasil** [2020]. Disponível em: <www.cnnbrasil.com.br>. Acesso em: 14/07/2022.

MILARÉ, É. **Direito do Ambiente**: a gestão ambiental em foco. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. "Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil". **Revista Ambiente e Água**, vol. 10, n. 4, 2015.

OTTO, H. R.; LOPES, J. C. J. **Nós-Críticos que fragilizam a fiel execução da política nacional de resíduos sólidos** (Dissertação de Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade). Campo Grande: UFMS, 2019.

PREFEITURA DE CANOINHAS. **Lei Municipal n. 6.596, de 29 de abril de 2021**. Canoinhas: Prefeitura Municipal, 2021. Disponível em: <www.pmc.sc.gov.br>. Acesso em: 19/07/2022.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Câmbio verde**. Curitiba: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, s. d. Disponível em:

<www.curitiba.pr.gov.br>. Acesso em: 19/07/2022.

PREFEITURA DE TIMBÓ. Lei Complementar n. 516, de 14 de dezembro de 2018. Timbó, Prefeitura Municipal, 2018. Disponível em: <www.leismunicipais.com.br>. Acesso em: 14/07/2022.

RECH, A. U. "A sociedade de consumo e o desenvolvimento sustentável". *Ini*: PEREIRA, A. O. P.; HORN, L. F. D. R. (orgs.). **Relações de consumo**: Meio ambiente. Caxias do Sul: Editora da UCS, 2016.

RIBEIRO, B. L.; PAULA, N. M. "Políticas públicas de saneamento e abastecimento e o Programa Câmbio Verde de Curitiba". **Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar**. Goiânia: ENPSSAN, 2019.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de Direito Ambiental**. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

SOARES, G. "Reciclagem no Brasil atinge apenas 2,1% de tudo que é coletado". **Poder 360** [2021]. Disponível em: <www.poder360.com.br>. Acesso em: 14/07/2022.

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil**: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Rio de Janeiro: IPEA, 2020.

WALDMAN, M. "Reciclagem, catadores e gestão do lixo: dilemas e contradições na disputa pelo que sobra". **Boletim Paulista de Geografia**, n. 93, 2013.

SOBRE OS AUTORES

SOBRE OS AUTORES

Adacto Benedicto Ottoni é professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Engenharia Oceânica. Doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública (ENESP). E-mail para contato: adactoottoni@gmail.com

Alexandre Machado Fernandes é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR). Mestre em Administração pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: alexandre.fernandes@ifpr.edu.br

Ana Carolina Barbosa Kummer é professora da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual (UNESP). E-mail para contato: ackummer@unicentro.br

Ana Claudia Andrade Alves é graduanda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Área de interesse de pesquisa: Estudo de Células Microbianas. E-mail para contato: anaandradealves@hotmail.com

Brandon Harrison Guerber Telles é graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Áreas de interesse de pesquisa: Resíduos Sólidos; e, Sustentabilidade. E-mail: brandon.hgtelles@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi é professora da Universidade Católica do Salvador (UCSal). Doutora em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail para contato: cristina.marchi@pro.ucs.br

Dandara Luísa Guedes Ronconi é graduanda em Tecnólogo de Gestão Pública pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR). E-mail para contato: dandaraguedesronconi@gmail.com

Elói Martins Senhoras é economista, cientista político e geógrafo. Doutor em Ciências. *Post-doc* em Ciências Jurídicas. Professor da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Pesquisador do *think tank* IOLEs. E-mail para contato: eloisenhoras@gmail.com

Eva Maria de Oliveira é especialista pós-graduado em Psicopedagogia. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Anhanguera (UNIDERP). E-mail para contato: evamariadeoliveirair@gmail.com

Frederico Fonseca da Silva é professor do Instituto Federal do Paraná (IFPR). Doutor em Irrigação e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail para contato: frederico.silva@ifpr.edu.br

SOBRE OS AUTORES

Juceleine Klanovicz é bacharel em Desenvolvimento Rural e Gestão Agroindustrial. Especialista em Gestão Ambiental pela Faculdades Integradas de Jaú (FIJ). E-mail para contato: juceleine.klanovicz@gmail.com

Kelly Geronazzo Martins é professora da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: kellym@unicentro.br

Lís Quarantini Souza Guimarães é professora no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/BA). Mestre em Planejamento Territorial de Desenvolvimento Social. E-mail para contato: lis.souza.03@gmail.com

Maick Meneguzzo Prado é graduado em Engenharia Química. Mestre e doutorando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail para contato: maickmeneguzzo@gmail.com

Maiza Karine Barcia é graduanda do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Áreas de interesse de pesquisa: Resíduos Sólidos; e, Sustentabilidade. E-mail para contato: maizabarcia@outlook.com

SOBRE OS AUTORES

Marina Moreno Amaral é graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Bolsista de Iniciação Científica. E-mail para contato: m.morenoamaral@gmail.com

Paulo Sergio Tonello é professor da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Graduado em Física. Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Doutor em Química. E-mail para contato: paulo.tonello@unesp.br

Pedro Henrique Gomes é graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Área de interesse de pesquisa: Gestão de Resíduos Sólidos. E-mail para contato: pedrogomescp98@gmail.com

Raphael dos Ramos Maranhão é graduando em Administração pela Universidade Estácio de Sá (UNESA). Áreas de interesse de pesquisa: Gestão de Operações e Sustentabilidade. E-mail para contato: raphael103021@gmail.com

Ricardo Massulo Albertin é professor e Pesquisador da Faculdade de Engenharias e Inovação Tecnológica (FEITEP). Doutor em Análise Ambiental pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail para contato: ricardomalbertin@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Romero de Albuquerque Maranhão é graduado em Ciências Militares. Mestre em Geografia. Doutor em Administração pela Universidade Nove de Julho (UNINOVE). E-mail para contato: romeroalbuquerque@bol.com.br

Stéphanie Fonseca é graduanda do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Áreas de interesse de pesquisa: Resíduos Sólidos; e, Sustentabilidade. E-mail para contato: stephanie.fonseca93@hotmail.com

Tatiane Bonametti Veiga é professora da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail para contato: tati.veiga@yahoo.com.br

Wagner França Aquino é diretor da Geométrodos Levantamentos Geofísicos Ltda (SP). Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). E-mail para contato: wagnergpr@gmail.com

NORMAS DE PUBLICAÇÃO



NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

A editora IOLE recebe propostas de livros autorais ou de coletânea a serem publicados em fluxo contínuo em qualquer período do ano. O prazo de avaliação por pares dos manuscritos é de 7 dias. O prazo de publicação é de 60 dias após o envio do manuscrito.

O texto que for submetido para avaliação deverá ter uma extensão de no mínimo de 50 laudas. O texto deverá estar obrigatoriamente em espaçamento simples, letra Times New Roman e tamanho de fonte 12. Todo o texto deve seguir as normas da ABNT.

Os elementos pré-textuais como dedicatória e agradecimento não devem constar no livro. Os elementos pós-textuais como biografia do autor de até 10 linhas e referências bibliográficas são obrigatórios. As imagens e figuras deverão ser apresentadas dentro do corpo do texto.

A submissão do texto deverá ser realizada em um único arquivo por meio do envio online de arquivo documento em Word. O autor / organizador / autores /organizadores devem encaminhar o manuscrito diretamente pelo sistema da editora IOLE: <http://ioles.com.br/editora>



CONTATO

EDITORA IOLE

Caixa Postal 253. Praça do Centro Cívico
Boa Vista, RR - Brasil
CEP: 69.301-970

@ <http://ioles.com.br/editora>

☎ + 55 (95) 981235533

✉ eloisenhoras@gmail.com



