

RESÍDUOS SÓLIDOS

Enfoques Setoriais

ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)

EDITORA

2022

RESÍDUOS SÓLIDOS

Enfoques Setoriais

RESÍDUOS SÓLIDOS

Enfoques Setoriais

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)

Se29 SENHORAS, Elói Martins (organizador).

Resíduos Sólidos: Enfoques Setoriais. Boa Vista: Editora IOLE, 2022, 227 p.

Série: Ciências Ambientais. Editor: Elói Martins Senhoras.

ISBN: 978-65-998357-3-5
https://doi.org/10.5281/zenodo.7190711

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

CDD–333.72

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)

Copyright © Editora IOLE
2022

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO | 09

CAPÍTULO 1 |
Destinação Final dos Resíduos da Construção Civil:
Desenvolvimento Sustentável e Educação 13

CAPÍTULO 2 |
Impactos no Entorno de Áreas de Deposição
de Resíduos da Construção Civil em Teresina (PI) 45

CAPÍTULO 3 |
Incorporação de Resíduos Sólidos da Construção Civil
em Argamassas de Revestimento: Uma Revisão de Literatura 83

CAPÍTULO 4 |
Viabilidade do Aproveitamento de
Resíduos Sólidos de Estação de Tratamento 111

CAPÍTULO 5 |
Resíduos de Serviços de Saúde:
Gerenciamento e Análise dos Custos de Destinação 141

CAPÍTULO 6 |
Resíduos de Serviços de Saúde: Uma Análise sobre
a Geração de Resíduos na Área de Estética e Cosmética 163

CAPÍTULO 7 |
Compostagem como Ferramenta de Gerenciamento
de Resíduos Sólidos no Auxílio de Práticas Agroecológicas 181

SOBRE OS AUTORES | 215

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Contando com a participação de vinte pesquisadoras e pesquisadores, oriundos de instituições públicas e privadas de ensino superior de distintos estados brasileiros, o presente livro foi construído com base nas contribuições científicas de uma rede nacional que esteve presente nas macrorregiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste do país.

As discussões apresentadas ao longo dos sete capítulos que compõem a presente obra demonstram a importância do trabalho construído a várias mãos por profissionais com diferentes formações acadêmicas e profissionais, propiciando assim uma genuína leitura multidisciplinar sobre os estudos sobre resíduos sólidos desenvolvidos *in loco*, em estados desde o Norte até o Sul do Brasil.

O objetivo desta obra, intitulada "Resíduos Sólidos: Enfoques Setoriais" é apresentar uma agenda de pesquisas em uma temática pouco estudada, preenchendo assim uma lacuna nos estudos de Ciências Ambientais, por meio de um conjunto de estudos de casos implementados empiricamente na complexa realidade brasileira.

Inserido neste recente contexto de crescente atenção social e científica sobre os resíduos sólidos, o livro oportuniza assim uma rica abordagem com base na expansão das fronteiras empíricas do conhecimento, sem perder de vista a necessidade de apresentar uma fluida abordagem didática combinada às exigências do rigor teórico-metodológico.

As pesquisas apresentadas em cada um dos capítulos deste livro foram construídas a partir de uma abordagem exploratória, descritiva e explicativa quanto aos fins e quali-quantitativa quanto aos meios, por meio de um convergente uso do método dedutivo e

de distintos marcos teórico-conceituais, bem como da combinação de diferentes procedimentos metodológicos de levantamento e análise de dados primários e secundários.

Devido às discussões levantadas e aos resultados apresentados, o presente livro se caracteriza como uma obra multidisciplinar recomendada para um amplo público, desde profissionais da área ambiental, estudantes em cursos de graduação e pós-graduação até mesmo para cidadão interessados pela temática, justamente por trazer novos conhecimentos e informações sobre a contemporânea realidade dos resíduos sólidos, fornecendo assim subsídios para a reflexão e para a melhoria do *policymaking*.

Em nome de todos os pesquisadoras e pesquisadores envolvidos neste livro, comprometidos com o desenvolvimento científico dos ambientais, convidamos você leitor(a) para explorar conosco, neste rico campo epistemológico, toda a riqueza empírica da realidade dos resíduos sólidos no Brasil, pois urge a necessidade de avançarmos com análises mais abertas ao debate multidisciplinar e à pluralidade teórico-metodológica.

Excelente leitura!

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras

(organizador)

CAPÍTULO 1

Destinação Final dos Resíduos da Construção Civil: Desenvolvimento Sustentável e Educação

DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO[1]

Chiara Gomes de Lima

Alexandra do Nascimento Passos

Com o crescimento da vida nas cidades, os problemas relacionados à geração de lixo atingem dimensões cada vez maiores. Desde a Revolução Industrial, com a produção e consumo de produtos em larga escala, o homem caminhou, gradativamente, rumo à era dos descartáveis, na qual a maior parte dos produtos é inutilizada e jogada fora com muita rapidez (RODRIGUES; GRAVINATTO, 2002). O desenvolvimento urbano, o aumento populacional e a desenfreada produção de resíduos possuem relação direta e o problema se agrava, pois, quanto mais intensificado é esse processo de urbanização, mais escassas são as áreas disponíveis para destiná-los (RODRIGUES, 2004 *apud* PEIXOTO; CAMPOS; D'AGOSTO, 2005).

O setor da construção civil exerce importante papel no desenvolvimento econômico do país, por absorver significativo percentual de mão de obra nacional. No entanto, o setor contribui para o esgotamento dos recursos naturais e é uma das principais fontes de degradação ambiental, sendo também responsável por vários problemas relacionados ao saneamento municipal (MARQUES NETO, 2004). Cabe ressaltar que o entendimento acerca do que é desenvolvimento transformou-se ao longo dos anos.

[1] Uma versão prévia do presente capítulo foi publicada em LIMA, C. G.; PASSOS, A. N. "A destinação final dos resíduos da construção civil: o Desenvolvimento Sustentável e a Educação". ***Brazilian Journal of Development***, vol. 8, n. 5, 2022.

Por muitas vezes ele foi associado apenas ao crescimento econômico, que tente a ser insustentável devido ao alto consumo de energia e recursos naturais.

Dessa forma, "a fragilidade e a inconsistência teórica das abordagens macroestruturais implicaram na (*sic*) revisão dos conceitos e críticas às concepções clássicas, surgindo assim o conceito de desenvolvimento local" (FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 2).

Fragoso (2005, p. 64) define o desenvolvimento local como sendo a "possibilidade das (*sic*) populações poderem expressar uma ideia de futuro num território visto de forma aberta e flexível, onde esteja ausente a noção do espaço como fronteira, concretizando ações que possam ajudar a (re)construção desse futuro".

O autor afirma que se trata de um processo coletivo que deve ter ampla participação da comunidade aliada a medidas educativas com o objetivo de "promover a melhoria da qualidade de vida das pessoas, bem como aumentar os seus níveis de autoconfiança e organização" (FRAGOSO, 2005, p. 64). Esse pensamento é completado por Fagundes e Fagundes (2019, p. 2) ao afirmarem que:

> O novo olhar sobre os conceitos de desenvolvimento é uma mudança nas referências teóricas as quais traziam uma abordagem estruturalista e economicista. As referências baseadas em contextos macroeconômicos de intervenção do Estado são gradativamente substituídas por uma referência baseada no ator ou no agente de promoção do desenvolvimento. Trata-se de um processo endogenamente construído, baseado nas condições e recursos locais orientados de baixo para cima.

Assim, ao compreender a geração e destinação dos RCCs tomando como referência as distinções espaciais e socioeconômicas, será possível propor ações mitigadoras e incentivar iniciativas com vistas ao desenvolvimento local. Pois, "nessa perspectiva, o desenvolvimento é percebido como moderador das vocações locais para além da mensuração econômica" (FAGUNDES, 2010 *apud* FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 2).

A metodologia utilizada para a construção deste referencial teórico fundamentou-se na pesquisa bibliográfica narrativa a partir do levantamento de artigos nas bases de dados da *Scientific Electronic Library online* (SciELO) tomando como referência as seguintes palavras-chave: expansão urbana; resíduos da construção civil; e educação e desenvolvimento local. Foram pesquisados também livros, dissertações e teses, com o objetivo de estabelecer reflexões teóricas que permitissem compreender o objeto proposto.

Este artigo foi organizado em seções. A primeira aborda a globalização e seus impactos no local. Na sequência são discutidos o desenvolvimento sustentável e a indústria da construção civil. Essa discussão possui estreita relação com a crescente segregação socioespacial e a degradação ambiental, fenômenos relacionados à urbanização e à indústria da construção civil.

As seções seguintes apresentam os resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD): o que são, sua caracterização, bem como as normas, legislações e resoluções relativas à sua geração e destinação.

Por fim, as duas últimas seções tratam da importância da educação na construção desse processo, bem como do desenvolvimento local como perspectiva para além do desenvolvimento econômico.

A URBANIZAÇÃO NO BRASIL: ENTRE O GLOBAL E O LOCAL

As cidades refletem em seu espaço físico as manifestações e desejos do homem, adequando-se ao surgimento de novas funções e novos valores. “Em busca sempre de uma condição necessária, mas nunca suficiente. A cidade torna-se um reflexo da própria insatisfação humana” (CANAN, 2014, p. 16).

O processo de urbanização não se refere apenas ao crescimento das cidades, mas sim a “um conjunto de mudanças que irão se expressar tanto na paisagem urbana da cidade como no comportamento e estilo de vida das pessoas” (SILVA; MACÊDO 2009, p. 3). Nesse sentido, ao longo dos anos, as diversas transformações sociais podem ser percebidas nas cidades, que, ao se expandir, sofrem intervenções que têm como objetivo readequar seus espaços. Conforme Canan (2014, p. 6), “a cidade é um espaço transformado por ações humanas, especificada por suas características físicas, dentro de um contexto histórico e ligado às aspirações sociais e à possibilidades de informação”.

Grande parte das mudanças implementadas no espaço urbano busca responder às exigências do mercado, em consonância com o pensamento neoliberal. No Brasil, como em outros países subdesenvolvidos, a urbanização ocorreu, assim como nos demais países capitalistas, impulsionada pela industrialização. Iniciado na década de 1910, o crescimento das cidades foi intensificado após a Segunda Guerra Mundial. A aceleração do processo de urbanização também se relaciona posteriormente ao desenvolvimento técnico-científico informacional e à globalização.

O termo globalização foi utilizado ainda na década de 1980 para designar “um mundo sem fronteiras, com a predominância de um sistema internacional autônomo e socialmente sem raízes, onde

os mercados de bens e serviços se tornam crescentemente globais" (LASTRES *et al*., 1998, p. 2). O processo de globalização criou novas relações em função das mudanças na organização interna das cidades.

Percebe-se que um dos efeitos da globalização é a crescente exclusão social, processo que, segundo Marisco (2003), está associado a perdas gradativas dos direitos fundamentais a todo ser humano. A autora preleciona que "o impacto da globalização sob os processos de reestruturação da economia e no padrão de estruturação das cidades vem acentuando a segregação socioespacial, resultando em um tecido urbano cada vez mais fragmentado" (MARISCO, 2003, p. 2). Essas questões já haviam sido levantadas por Ferreira (2000, p. 14) ao afirmar que:

> [...] no contexto urbano, a contradição estrutural das economias de desenvolvimento desigual e combinado se traduz pela incompatibilidade entre os bairros "globalizados" da cidade formal e os assentamentos ditos "subnormais", que configuram a tipologia majoritária da cidade real, nas zonas periféricas abandonadas pelo capital e pelo poder público.

Os últimos 50 anos foram marcados pelas discussões sobre a urbanização e seus impactos negativos, como, por exemplo, "a segregação espacial, tanto étnica quanto social, nas grandes concentrações urbanas [...] decorrentes de uma postura predadora em relação à natureza e seus recursos" (CANAN, 2014, p. 27). No entanto, cabe destacar que:

> [...] o acelerar das tendências globais parece implicar o reavivar de outras, que teimam em apresentar-nos o local como uma forma de resistência ao global. E,

> neste sentido, muitos dos acontecimentos e fenômenos que encontraríamos a (*sic*) nível local representariam uma estratégia consciente dos atores sociais em resistir aos impactos inegáveis da globalização sobre as comunidades (FRAGOSO, 2005, p. 77).

O processo de urbanização brasileiro iniciado em meados do século XX foi marcado por acelerado crescimento. Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2010) revelam que, em 1950, a população urbana correspondia a 36,2% do total de habitantes do país. Já em 2010 esse número chegou a 84,4%. Oliveira e Oliveira (2017, p. 51) alertam que "essa rápida urbanização não se deu de maneira homogênea em todo o território, pelo contrário, a mesma é marcada por profundas desigualdades socioespaciais". Os mesmos autores acrescentam:

> Com o crescimento da urbanização e agravo da desigualdade socioespacial nas cidades, a problemática socioambiental tem se estabelecido não apenas nas grandes metrópoles e capitais brasileiras, se tornou também um fenômeno crescente nas pequenas e médias cidades do país (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017, p. 52).

As transformações no contexto urbano exigem a construção de propostas que tenham como pressuposto a qualidade do ambiente da cidade. Nesse sentido, cabe repensar as intervenções nas cidades, elaboradas por meio de um planejamento que considere as diversas formas de apropriação do espaço urbano e que tenha como premissa a qualidade de vida dos grupos que vivem na cidade. No entanto, "segregação socioespacial que tem se desenvolvido com a falta de planejamento urbano e de políticas públicas voltadas para as classes

de menor poder aquisitivo tem trazido graves consequências ambientais" (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017, p. 59).

Lima, Lopes e Façanha (2019) salientam que a atual crise ambiental é também um reflexo da busca incessante pelo crescimento econômico, pois, grande parte das vezes, a expansão urbana implica a ocupação irregular de áreas de preservação permanente, em córregos e lagoas aterradas, no desmatamento e no acúmulo de resíduos. Dessa forma, "o planejamento e a gestão ambiental devem considerar o equilíbrio entre o homem e seu ambiente como sistemas que interagem de forma complexa, em uma teia de interligação que afeta todo o conjunto" (LIMA; LOPES; FAÇANHA, 2019, p. 13). O lixo urbano é um desses problemas ambientais, que crescem junto com a urbanização, sendo a disposição desses resíduos um grande desafio.

> No Brasil, somente no século XIX começaram a surgir as primeiras alternativas para os problemas do lixo urbano capazes de atender aos aspectos sanitários e econômicos. Desde então passaram a ser adotadas medidas para a regulamentação dos serviços e procedimentos de limpeza (PEIXOTO; CAMPOS; D'AGOSTO, 2005, p. 3).

Marques Neto (2004) enfatiza que um dos principais desafios da administração pública não é somente gerenciar o representativo volume de resíduos produzidos, mas também fiscalizar o descarte destes em áreas inadequadas, o que gera diversos problemas ao meio urbano. Uma vez descartados de forma incorreta e em locais inapropriados, os resíduos causam degradação ambiental e contribuem para a proliferação de vetores e de doenças. Peixoto, Campos, D'Agosto (2005, p. 3) opinam:

> Nos últimos anos, nota-se uma tendência mundial de reutilização e de reaproveitamento dos produtos lançados no lixo para a fabricação de novos objetos, através dos processos de reciclagem, o que representa economia de matéria-prima e de energia obtidas do meio ambiente. Assim, o conceito de lixo vem sendo modificado, podendo ser entendido como "algo que pode ser útil e aproveitável pelo homem".

Desse modo, há que se pensar em minimizar os danos causados pela geração de resíduos, o que impactaria positivamente na redução da degradação do meio ambiente, mas também na economia de material, uma vez que estes poderiam ser reaproveitados.

RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RSCD): GERENCIAMENTO, PERDAS E RECICLAGEM

Caracterizar os resíduos sólidos constitui uma etapa de fundamental importância no gerenciamento destes. Segundo a norma brasileira (NBR) 10004, de 2004: "Resíduos sólidos – classificação", resíduos sólidos são:

> Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade 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 técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004, p. 13).

Devido à heterogeneidade dos diversos tipos de resíduos que são gerados em uma municipalidade, é essencial definir primeiramente sua composição qualitativa e suas características físicas, químicas e bacteriológicas, antes de se optar por qualquer solução, seja para a coleta, o transporte, o tratamento ou para o destino final.

A composição qualitativa ou gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos constitui a porcentagem em peso dos diversos constituintes do lixo urbano e é um dado fundamental no adequado gerenciamento destes. A composição gravimétrica é variável segundo vários fatores que influenciam a geração de resíduos sólidos, destacando-se: a natureza da comunidade; a situação socioeconômica da população geradora; os hábitos e o padrão de vida da população; a época do ano, entre outros (MARQUES NETO, 2004).

A determinação e a especificação dos diversos constituintes dos resíduos sólidos urbanos irão depender da metodologia empregada e do interesse econômico no reaproveitamento de cada elemento constituinte.

Os resíduos da construção civil têm sua gestão disciplinada a partir de 2002, com a publicação da Resolução 307, de 05/07/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Tecnicamente, o RSCD é conceituado como sendo um resíduo proveniente de construções, reformas, manutenções e demolições de obras de construção civil e da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos, cerâmica, concreto, rocha, madeira, gesso,

pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e outros (CONAMA, 2002).

A Resolução CONAMA 307 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, classificando os RSCDs em quatro diferentes classes, a saber:

> • Classe A – inclui os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: - De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; - De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto; - Do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras.
>
> • Classe B – inclui os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papelão/papel, metais, vidros, madeira e outros.
>
> • Classe C – inclui os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias e aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.
>
> • Classe D – inclui os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros (CONAMA, 2002, p. 572).

A quantidade de resíduos em cada obra é variável, pois depende da tipologia da obra, do projeto arquitetônico, do processo

construtivo adotado, da equipe de executores, da fiscalização da equipe de gerenciamento e do cronograma da obra (PINTO; GONZALES, 2005).

A publicação de leis, resoluções e normas acerca dos resíduos sólidos da construção civil que incluem regras para gerenciar sua coleta, transporte e disposição ambientalmente adequados é recente, sendo as mais expressivas aquelas datadas do início desta década. Isso se deve, em parte, ao descaso do poder público, à falta de incentivo e fiscalização dos gestores municipais e à falta de iniciativa por parte do setor privado (PINTO; GONZALES, 2005).

Rocha (2006) comenta que, ao mesmo tempo em que se reclama dos males que foram causados pelos resíduos da construção civil, as nações vão percebendo a importância de preservá-lo ou mesmo diminuir a intensidade de sua geração, fazendo com que vários países criem e adotem políticas específicas que tratam da reciclagem e do desenvolvimento sustentável. Marques Neto (2004, p. 33) observa que "o RSDC, comumente chamado de entulho, tem características bastante peculiares, já que se trata de um resíduo produzido por um setor com enorme gama de técnicas e metodologias de produção".

Carneiro, Brum e Cassa (2001 *apud* MARQUES NETO, 2004, p. 33) realçam que muitas variáveis irão interferir nas características, na qualidade e na composição desses resíduos, como:

- Nível de desenvolvimento da indústria da construção civil local;
- Qualidade e treinamento da mão de obra disponível;
- Técnicas de construção e demolição empregadas;
- Adoção de programas de redução de perdas e desperdício e da melhora da qualidade;

- Adoção de processos de reciclagem com reutilização dos materiais nos canteiros;
- Tipos de materiais predominantes disponíveis na região;
- Desenvolvimento de obras de arte na região (metrô, estações de tratamento de esgoto, restaurações de centros históricos, entre outras);
- Desenvolvimento econômico e tecnológico da região;
- Demanda por novas construções.

Dessa forma, quanto mais se conhece cada uma das variáveis citadas, melhor será o controle sobre a geração dos resíduos, o que permite que os gestores ou responsáveis técnicos pelas obras possam diagnosticar os pontos mais críticos para realizarem medidas mitigadoras do processo.

As possibilidades de reciclagem de resíduos, dentro do próprio processo responsável por sua geração, são limitadas ou, muitas vezes, de alto custo. A resolução CONAMA 307 estabelece que os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas, já que fazem parte de uma categoria específica e devem ter atenção especial.

> A cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta; no Japão corresponde a cerca de 50% dos materiais que circulam na economia e nos EUA, o consumo de mais de dois bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais circulantes (JOHN, 2000, p. 84).

Os resíduos sólidos de construção e demolição, dependendo da sua classificação, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; ou deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (CONAMA, 2002).

Pinto e Gonzales (2005) mostram que após a resolução CONAMA 307 a quantidade de usinas instaladas cresceu, mas elas ainda utilizam um sistema simples de reciclagem. O custo do controle de qualidade é baixo. Os autores ressaltam também que esse controle de qualidade precisa ser implantado com o intuito de se reduzir a variabilidade do agregado reciclado.

No Brasil, as primeiras pesquisas científicas envolvendo o uso de agregados reciclados de resíduos de construção civil (RCC) foram realizadas por Pinto (1986) e Levy (1997) em argamassas, Bodi (1997) em pavimentos e Zordan (1997) em concretos. Pinto e Gonzales (2005) relatam que as primeiras usinas de reciclagem foram instaladas pelas Prefeituras de São Paulo, SP (1991), de Londrina, PR (1993) e de Belo Horizonte, MG (1994).

A reciclagem de resíduos de construção e demolição no país, apesar de ser uma atividade recente, tem se desenvolvido mais significativamente desde a última década, mas ainda existe pouca informação sistematizada sobre o estado nacional do gerenciamento e controle desses resíduos.

A reciclagem primária, definida como a reciclagem do resíduo dentro do mesmo processo que o originou, é muito comum e tem grande importância na produção do aço e do vidro, embora seja, muitas vezes, técnica ou economicamente inviável, como relatado por John (1988). Já a reciclagem secundária, definida como a reciclagem de um resíduo em outro processo produtivo, diverso

daquele que o originou, apresenta inúmeras possibilidades, particularmente no macrocomplexo da construção civil. Assim, a reciclagem secundária dos resíduos é alternativa que deve ainda ser explorada.

A viabilidade financeira é certamente fundamental em todas as etapas, e deve ser avaliada em função do valor de mercado do produto, dos custos do processo de reciclagem e do custo da disposição em aterro. Uma metodologia específica precisa ser desenvolvida. A importância desse aspecto é facilmente percebida pela verificação de que muitos produtos, tecnicamente viáveis e plenamente desenvolvidos, nunca chegam ao mercado.

No processo construtivo, o planejamento da minimização de RCC deve ter início já nas primeiras etapas, na fase de projeto, no memorial descritivo da futura obra, com a especificação dos materiais a serem usados buscando-se características como durabilidade e reciclabilidade futura (SCHNEIDER, 2003).

A participação de profissionais capacitados durante o planejamento e em todas as etapas da obra pode fazer com que a geração do resíduo seja minimizada, o que traz não só economia, mas também contribui para um desenvolvimento mais sustentável.

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Gohn (2006) categoriza a educação de três maneiras: formal, informal e não formal. A educação formal é aquela regulamentada, desenvolvida nas instituições de ensino. Já a educação informal é o modo como os indivíduos aprendem durante o processo de socialização com familiares, amigos, vizinhos e colegas. Esse tipo de educação é “carregada de valores e culturas próprias, de

pertencimento e sentimentos herdados" (GOHN, 2006, p. 60). Por fim, "a educação não formal é aquela que se aprende 'no mundo da vida', via processos de compartilhamento de experiências, principalmente por intermédio de espaços e ações coletivas cotidianas" (GOHN, 2006, p. 60).

Gomes, Brasileiro e Caeiro (2020) mencionam que nas últimas décadas cresceu a preocupação mundial com as questões relativas à sustentabilidade ambiental, essencial na formação de todos os profissionais. No Brasil, a Constituição Federal de 1988 preconiza que a educação ambiental é responsabilidade do poder público, abrangendo todos os níveis de ensino. Os autores aduzem que "a universidade tem um papel importante na formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade socioambiental" (GOMES; BRASILEIRO; CAEIRO, 2020 p.75575).

Na linha de pensamento de Jacob (2003, p. 196), "[...] a educação ambiental deve ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social", com o desafio de formular uma educação crítica e inovadora em dois níveis: formal e não formal. Sobretudo no setor da construção civil, onde se tem a presença de profissionais graduados, como é o caso dos arquitetos e engenheiros, mas também de profissionais como ajudantes, pedreiros e mestres de obras, que aprendem o ofício no próprio canteiro de obras sem muitas vezes terem passado por algum tipo de especialização formal.

> A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar (JACOB, 2003, p. 190).

A inclusão da educação ambiental (EA) na formação do cidadão fundamenta-se na Lei nº 9.795/1999 e na Resolução Conselho Nacional de Educação/ Código Penal (CNE/CP) nº 2/2012. Essas duas legislações consideram a Política Nacional da EA e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN). Dessa forma, entende-se que a EA deve estar presente em todos os níveis de ensino, compreendendo, portanto, a educação básica (educação infantil, ensino fundamental e médio) e a educação superior.

Os cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo e as Engenharias são os que formam parte dos profissionais que irão lidar diretamente com a questão dos RCCs. A DCN em vigor para os cursos de Arquitetura e Urbanismo é a Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010 e para os cursos de Engenharia é a resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. As duas resoluções citadas trazem em seu texto as competências e habilidades que devem constar no projeto pedagógico de cada curso.

Ao analisar a DCN do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, nota-se que, ao abordar as habilidades e competências que devem ser trabalhadas pelas instituições durante a formação dos profissionais, as questões relacionadas ao meio ambiente aparecem apenas em dois momentos: no 1º parágrafo do art. 3º e no art. 5º inciso II:

> Art. 5º O curso de Arquitetura e Urbanismo deverá possibilitar formação profissional que revele, pelo menos, as seguintes competências e habilidades: [...]
>
> II - a compreensão das questões que informam as ações de preservação da paisagem e de avaliação dos impactos no meio ambiente, com vistas ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento sustentável [...]
>
> § 1º A proposta pedagógica para os cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo deverá

> assegurar a formação de profissionais generalistas, capazes de compreender e traduzir as necessidades de indivíduos, grupos sociais e comunidade, com relação à concepção, à organização e à construção do espaço interior e exterior, abrangendo o urbanismo, a edificação, o paisagismo, bem como a conservação e a valorização do patrimônio construído, a proteção do equilíbrio do ambiente natural e a utilização racional dos recursos disponíveis (BRASIL, 2010).

Já na DCN dos cursos de Engenharia as questões ambientais aparecem de forma mais pontual no art. 4º ao abordar as competências gerais de que as instituições devem proporcionar aos seus egressos, ao longo de sua formação:

> [...] ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;
>
> [...] realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;
>
> [...] ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente (BRASIL, 2010).

Observa-se que ambos os textos extraídos das duas DCNs são genéricos em relação à EA, que trazem a importância de se discutir tais questões durante o curso, mas não especificam os RCCs. Assim, cabe às instituições de ensino superior determinar a importância que a EA terá nas estruturas curriculares. Reis (2001, p. 34) informa que os cursos de graduação estão formando, "mesmo que de forma

assistemática, profissionais que atuarão direta ou indiretamente como educadores ambientais". Assim, a educação superior, por ser provedora de reflexões e geradora de conhecimentos, deve assumir mais responsabilidade pela formação desses profissionais, propiciando "fundamentos teórico-práticos indispensáveis para compreender, analisar, refletir e reorientar seu fazer profissional numa perspectiva ambiental" (MORALES, 2009, p. 186).

> A educação sistematizada tem papel sociocultural relevante e indissociável às práticas sociais. Esta sistematização, porém, não obedece à lógica formal - racional -, mas à sistematização de conhecimentos, valores e atitudes de conteúdos culturais ambientais, sociais e políticos que contribuam para a construção não só de uma relação mais equilibrada entre o homem e a natureza, mas também de uma relação equilibrada entre os homens. Assim, os conhecimentos técnico-científicos sobre os processos ambientais só têm sentido como conteúdos educativos da educação ambiental se ligados de forma indissociável aos significados humanos e sociais desses processos (REIS, 2001, p. 42).

Jacob (2003) argumenta que a educação ambiental, assim como outras áreas de conhecimento, deve buscar, sobretudo, um aprendizado social, que pode ter origem dentro ou fora da sala de aula, por meio das experiências de cada indivíduo, transformando-se "no espaço em que o aluno terá condições de analisar a natureza em um contexto entrelaçado de práticas sociais, parte componente de uma realidade mais complexa e multifacetada" (JACOB, 2003, p. 198).

Silva, Freitas e Souza (2018, p. 162) assim se posicionam: "Na educação formal, alunos e corpo docente são sujeitos que

exercem importantes papéis e que podem construir experiências significativas no fortalecimento da participação e no empoderamento dos sujeitos", o que contribui para o desenvolvimento local. Mas é também por meio da educação não formal que se realçam "os processos participativos na promoção do meio ambiente, voltados para a sua recuperação, conservação e melhoria, bem como para a melhoria da qualidade de vida" (JACOB, 2003, p. 194).

A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO LOCAL

Grande parte das discussões que envolviam o entendimento acerca do desenvolvimento estava, em um primeiro momento, relacionada apenas às questões econômicas, atrelada à geração de emprego e renda. Entretanto, as leituras acerca do desenvolvimento por distintas áreas de conhecimento ensejaram novas perspectivas, que não se restringem apenas ao crescimento econômico. E sim em "constituir um desenvolvimento humano e social, que implica a participação de todos os atores da sociedade civil e do tecido socioeconômico local como condição indispensável para a sustentabilidade do desenvolvimento" (SENHORAS, 2007, p. 6). Nesse sentido:

> É cada vez mais importante descobrir alternativas criativas de fazer o desenvolvimento local numa versão crítica e política, que possa realmente colocar as pessoas no centro da ação, na iniciação e controle dos processos, entre outras coisas (FRAGOSO, 2005, p. 80).

Cabe destacar que o desenvolvimento local é algo efêmero e, ainda que as tais iniciativas possam não solucionar o problema em si, elas podem contribuir para minimizar algumas questões e por isso devem ser incentivadas. Isso "porque as poucas pessoas que conseguem modificar as suas vidas através deste trabalho contam como pessoas na sua integridade e dignidade e não como estatísticas amorfas" (FRAGOSO, 2005, p. 81). Entende-se, portanto, que "parte da estratégia de desenvolvimento é a construção de um sistema local autônomo, porém mais integrado às redes globais" (SENHORAS, 2007, p. 7). Assim:

> O desenvolvimento local baseia-se na execução de políticas de fortalecimento e qualificação das estruturas internas de um território, visando à consolidação de um desenvolvimento genuinamente local e criando condições sociais, políticas e econômicas para a geração e atração de novas atividades produtivas e fortalecimento dos laços orgânicos de solidariedade local (SENHORAS, 2007, p. 8).

Dessa forma, contata-se que a participação efetiva da comunidade é fundamental para a construção do desenvolvimento local "cuja centralidade está no ser humano como sujeito, com as mais diversas possibilidades de realização quanto à forma, organização, mas tem na cooperação um princípio fundamental" (FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 7). Segundo esses autores, ao se analisar qualquer atividade de longo prazo, observa-se que aquelas que têm mais chance de se tornarem sustentáveis são aquelas cujos princípios condizem com o conceito de desenvolvimento local.

A expressão "desenvolvimento sustentável" foi utilizada pela primeira vez em 1983, na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente

e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, essa comissão propôs que o desenvolvimento econômico fosse integrado à questão ambiental, estabelecendo-se, assim, o conceito de desenvolvimento sustentável (BRUNDTLAND, 1987; 2019, p. 2).

> A sustentabilidade dos projetos locais são, (*sic*) também, os que apresentam maior dinamismo na distribuição da renda entre os atores dessa atividade em maior sinergia com as outras atividades no entorno. Os projetos sustentáveis privilegiam os "saberes locais", despertam o conhecimento, valorizam a cultura e aproximam as comunidades da natureza. Seja pela atividade industrial, pela atividade agrícola ou pelos serviços; a dinâmica de geração de emprego e renda leva em consideração o relacionamento entre cultura, meio-ambiente e sociedade.

Percebe-se que o desenvolvimento sustentável leva em consideração a viabilidade econômica e ecológica, pois valoriza o uso racional dos recursos disponíveis e se preocupa com a geração de resíduos e seus impactos. Para Jacob (2003, p. 195):

> Além disso, a ênfase no desenvolvimento deve fixar-se na superação dos déficits sociais, nas necessidades básicas e na alteração de padrões de consumo, principalmente nos países desenvolvidos, para poder manter e aumentar os recursos-base, sobretudo os agrícolas, energéticos, bióticos, minerais, ar e água. Assim, a ideia de sustentabilidade implica a prevalência da premissa de que é preciso definir limites às possibilidades de crescimento e delinear um

> conjunto de iniciativas que levem em conta a existência de interlocutores e participantes sociais relevantes e ativos por meio de práticas educativas e de um processo de diálogo informado, o que reforça um sentimento de corresponsabilidade e de constituição de valores éticos.

Tendo como referência a expansão urbana desordenada e o fato de que hoje a maior parte da população reside em meio urbano, é necessário refletir sobre algumas mudanças comportamentais em relação às questões ambientais, pois estas acarretam inúmeros problemas, entre os quais a geração de resíduos, inserindo-se os resíduos da construção civil. "A geração de entulho é diretamente proporcional ao crescimento e ao desenvolvimento econômico de uma sociedade" (TEIXEIRA, 2010, p. 14). Nesse sentido, a destinação desse grande volume de resíduos se constitui em uma questão fundamental para a qualidade de vida nas cidades, pois, além de se transformarem em vetores de doenças, os locais para destiná-los estão cada vez mais escassos.

> Outro aspecto que podemos constatar é que, além do uso da terra e dos riscos de contaminação, o descarte desses resíduos representa um grande desperdício de matérias-primas, as quais uma vez otimizados os processos podem gerar sua reutilização, cortando custos e, portanto, gerando mais-valia primária (TEIXEIRA, 2010, p. 15).

Os caminhos para se atingir o desenvolvimento sustentável empregando resíduos na construção civil devem contemplar a reciclagem. Essa metodologia deve ser criteriosa e cautelosa. Ao se analisar, porém, a reciclagem de resíduos na construção civil brasileira, percebem-se falhas no processo de pesquisa e

desenvolvimento. Embora muitos pesquisadores se dediquem ao tema, as ações são limitadas e apresentam problemas na etapa de caracterização dos materiais, o que dificulta todo o processo.

Tendo em vista a atual crise energética, juntamente com a utilização irresponsável dos recursos naturais e o rápido crescimento populacional, estamos diante de um processo que acelera cada vez mais a escassez desses recursos que são essenciais para a sobrevivência humana, como a água potável, ar e alimentos. Dessa forma:

> As políticas ambientais e os programas educativos relacionados à conscientização da crise ambiental demandam cada vez mais novos enfoques integradores de uma realidade contraditória e geradora de desigualdades, que transcendem a mera aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis (JACOB, 2003, p. 1996).

Assim, a garantia da qualidade de vida das futuras gerações só será possível mediante ações de controle e planejamento para a exploração dos recursos naturais, princípios básicos do desenvolvimento sustentável.

Pode-se então "entender o desenvolvimento local sustentável como ferramenta para alcançar todas as liberdades e promover, através do envolvimento de todos, um crescimento contínuo" (FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 12).

Uma política de desenvolvimento sustentável não pode ignorar o local "nem as dimensões culturais nem as relações de poder existentes e muito menos o reconhecimento das limitações ecológicas, sob pena de apenas manter um padrão predatório de desenvolvimento" (JACOB, 2003, p. 1995).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão de desenvolvimento relacionado a estratégias exclusivamente econômicas acarretou, como observado ao longo da história, a limitação dos avanços sociais, uma vez que, segundo essa visão, tais avanços são consequência direta do crescimento econômico por meio da geração de emprego e renda. Ao restringir o crescimento econômico de um país como a única premissa para se alcançar o desenvolvimento, minimizam-se outros fatores fundamentais para que seja alcançada essa condição. O modelo de desenvolvimento adotado por um país está relacionado a uma decisão política, e junto a essa decisão estão relacionadas também as implicações sociais. Enquanto para certos grupos o desenvolvimento está ligado unicamente ao crescimento econômico, para outros está atrelado ao estado de bem-estar social (MATOS, 2020).

A compreensão do desenvolvimento em sentido mais amplo extrapola as questões econômicas e "coloca nas mãos dos seus beneficiários, os atores locais, a responsabilidade de desenhar e pôr em marcha estratégias sustentáveis de inclusão social" (SENHORAS, 2007, p. 6).

De acordo com Jacob (2003), a educação ambiental deve buscar uma perspectiva holística de ação, de ser um ato político com foco na transformação social, pois "a educação é a chave para emancipação dos sujeitos com vistas à construção e reconstrução de uma sociedade mais justa, mais igualitária, mais solidária e com maior qualidade de vida, a todos" (BORGES; BERNARTT, 2010, p. 12).

É necessário avançar em relação à gestão dos resíduos da construção civil. Ainda que se observem mudanças, ainda há muito o que ser feito para que se alcance um desenvolvimento sustentável, a partir do uso mais racional dos recursos disponíveis, de mais

conscientização de toda a população, de adequada gestão dos resíduos e, sobretudo, de uma mudança de comportamento de toda a sociedade.

A promoção do desenvolvimento é orientada pelas necessidades e vontades dos atores locais. A observância das potencialidades de cada região ou território pretende articular inovações que promovam ações coletivas de melhoria na renda e nas condições de bem-estar. Fator determinante para criar condições de liberdade para as comunidades (FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 6), "o desenvolvimento local deve ser visto como um diálogo contínuo de busca para resolução de problemas a partir de política de participação e envolvimento social" (FAGUNDES; FAGUNDES, 2019, p. 7).

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BORGES, G. S.; BERNARTT, M. L. "Educação e desenvolvimento local". **Famper** [2010]. Disponível em: <www.famper.com.br>. Acesso em: 15/05/2021.

BRASIL. **Resolução n. 02, de 17 de junho de 2010**. Brasília: Ministério da Educação, 2010. Disponível em: <www.mec.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. **Resolução n. 02, de 24 de abril de 2019**. Brasília: Ministério da Educação, 2019. Disponível em: <www.mec.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRUNDTLAND, G. H. **Our common future**: the World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University, 1987.

CANAN, L. F. **Leitura da paisagem urbana da cidade de Montes Claros**: análise das transformações do "coração do núcleo urbano (Dissertação de Mestrado em Geografia). Belo Horizonte: PUC-MG, 2014.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 01, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1986. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/02/2020.

FAGUNDES, J. P.; FAGUNDES, L. Z. "O desenvolvimento local e a economia sustentável: estudo de caso de uma cooperativa". **Anais do IX Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2019.

FERREIRA, J. S. W. "Globalização e urbanização subdesenvolvida". **São Paulo em Perspectiva**, vol. 14, n. 4, 2000.

FRAGOSO, A. "Contributos para o debate teórico sobre o desenvolvimento local: um ensaio baseado em experiências investigativas". **Revista Lusófona de Educação**, vol. 5, n. 05, 2005.

GOHN, M. G. "Educação não formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas". **Ensaio**: **Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, vol. 14, n. 50, 2006.

GOMES, L. A.; BRASILEIRO, T. S. A.; CAEIRO, S. S. F. S. "Educação ambiental e educação superior: uma revisão sistemática da literatura". **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n. 10, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de Montes Claros, Minas Gerais, 2010**. Montes Claros: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01/05/2020.

JACOB, P. "Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade". **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, 2003.

JOHN, V. M. "Custos de manutenção". **Anais do Seminário sobre Manutenção de Edifícios Escolas, Postos de Saúde, Prefeitura e Prédios Públicos em Geral**. Porto Alegre: UFRGS, 1988.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento (Tese de Livre Docência em Engenharia Civil). São Paulo: USP, 2000.

LASTRES, H. *et al*. **Globalização e inovação localizada**: experiências de sistemas locais no âmbito do Mercosul e proposições de políticas de C&T. Rio de Janeiro: Editora IBIC, 1998.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. "Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade". **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 11, 2019.

MARISCO, L. M. O. **A norma e o fato**: abordagem analítica da segregação sócio-espacial e exclusão social a partir dos instrumentos urbanísticos (Tese de Doutorado em Ciências e Tecnologia). São Paulo: UNESP, 2003.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição**. São Carlos: Editora RIMA, 2004.

MATOS, E. E. C. **A implantação da Usina Hidrelétrica de Irapé no Vale do Jequitinhonha**: a gestão social, o desenvolvimento local

e as memórias como perspectiva para a mitigação de impactos sociais (Dissertação de Mestrado Profissional em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Local). Belo Horizonte: UNA, 2020.

MORALES, A. G. M. "A formação dos profissionais educadores ambientais e a universidade: trajetórias dos cursos de especialização no contexto brasileiro". **Educar em Revista**, n. 34, 2009.

OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, J. S. "Segregação socioespacial e meio ambiente: o caso de Marechal Deodoro-AL". **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa: CONGESTAS, 2017.

PEIXOTO, K.; CAMPOS, V. B. G.; D'AGOSTO, M. A. "A coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos". **Portal IME** [2005]. Disponível em: <www.ime.eb.br>. Acesso em: 04/05/2020.

PINTO, T. P.; GONZALES, J. (coords.). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**: manual de orientação - como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: Caixa, 2005.

REIS, M. F. C. T. Educação Ambiental: referências teóricas no ensino superior. **Interface Comunicação, Saúde e Educação**, vol. 5, n. 9, 2001.

ROCHA, E. G. A. **Os resíduos sólidos de construção civil e demolição**: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no distrito federal. Brasília: Editora da UnB, 2006.

RODRIGUES, F. L.; GRAVINATTO, V. M. Lixo: de onde vem? Para onde vai? **Slideshare** [2002]. Disponível em: <www.slideshare.net>. Acesso em: 01/07/2020.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo** (Dissertação de Mestrado em Saúde Pública). São Paulo: USP, 2003.

SENHORAS, E. M. "Caminhos bifurcados do desenvolvimento local: as boas práticas de gestão pública das cidades entre a competição e a solidariedade". **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, vol. 3, n. 2, 2007.

SILVA, K. B.; FREITAS, S. J. P.; SOUZA, S. J. "Educação ambiental, transformação e desenvolvimento local: análise de uma experiência pedagógica." **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, vol. 13, n. 1, 2018.

SILVA, R. C. N.; MACÊDO, C. S. **A urbanização mundial**. Natal: Editora da UFRN, 2009.

TEIXEIRA, C. A. G. **"Jogando limpo"**: estudo das destinações finais dos resíduos sólidos da construção civil no contexto urbano de montes claros (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Social). Montes Claros: UNIMONTES, 2010.

CAPÍTULO 2

Impactos no Entorno de Áreas de Deposição de Resíduos da Construção Civil em Teresina (PI)

IMPACTOS NO ENTORNO DE ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TERESINA (PI)

Wilza Gomes Reis Lopes

Amannda Menezes de Oliveira

Karenina Cardoso Matos

O processo de urbanização modificou a paisagem dos centros urbanos rapidamente e, na maioria dos casos, sem o devido planejamento. Está atrelado principalmente ao fator populacional, possui outros aspectos que são determinantes para sua caracterização, como distribuição de renda e de serviços. A indústria da construção civil tem papel fundamental no desenvolvimento econômico e espacial das cidades, em que a transformação do espaço impacta o ambiente urbano, seja pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Para Andrade e Silva (2010), o deslocamento da população do campo para as cidades em um curto espaço de tempo, contribuiu para a existência de vários problemas, destacando-se entre eles a geração de resíduos sólidos, que representa, atualmente, um dos mais preocupantes problemas ambientais.

Segundo Ferreira, Noschang e Ferreira (2009), para que a construção civil ocorra é exigido um gasto de energia e a execução de processos que, na maioria, possuem características muito impactantes ao meio ambiente. Outro aspecto importante citado pelos autores é o fato dos resíduos, decorrentes dessa atividade, serem responsáveis por uma parcela significativa do volume total de resíduos sólidos urbanos, observando-se ainda, na maioria dos

centros urbanos, que esses resíduos são dispostos de forma arbitrária, sem nenhum tipo de estudo prévio da área de disposição.

Souza *et al.* (2004) afirmaram que o interesse pela temática tem ocasionado discussões relacionadas à questão ambiental, já que o mau uso de materiais é equivalente ao desperdício de recursos naturais, colocando a indústria da construção como foco do desenvolvimento sustentável, uma vez que, em suas atividades, possuem grande contribuição nesse desperdício. Ainda de acordo com os citados autores, outro fator que causa inconvenientes, para a população em geral e a demanda de investimentos financeiros, é a escassez de locais para a destinação final dos Resíduos da Construção Civil (RCC) nos centros urbanos.

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos necessitou que houvesse um destino final ambientalmente adequado. A disposição inadequada de tais resíduos representa um dos principais problemas nas áreas urbanas, já que provoca impactos nos âmbitos ambientais, sociais, econômicos e de saúde pública (GONÇALVES *et al*., 2010). Neste sentido, Ângulo *et al.* (2011, p. 99) ressaltaram que as "disposições irregulares e os aterros clandestinos, ocasionados pela falta de gerenciamento, tornaram-se uma realidade no território nacional".

Os impactos ambientais que mais se destacam no setor construção civil referem-se à geração de resíduos, devido a alguns fatores, tais como, o volume que é gerado diariamente, em escala mundial, acarretando efeitos, tanto no ambiente natural como no urbano, escassez de áreas adequadas para disposição final e, ainda, falta de controle e de fiscalização do Poder Público (FEIJÃO NETO, 2010).

Segundo Bourscheid e Souza (2010, p. 33), os impactos relacionados à disposição irregular desses resíduos, tem consequências concretas como:

> A morte de vegetação, criação de animais nocivos, pela combinação do lixo orgânico, pois o entulho serve de abrigo para espécies animais como aranhas, cobras, ratos e outros. Ainda podem ocorrer: a obstrução da drenagem, pela colocação junto a cursos d'água e prejuízo da paisagem pelo mau aspecto que os depósitos de resíduos possuem.

Dessa forma, é importante a realização de estudos voltados para conhecer a realidade de áreas em que esses resíduos estão dispostos e, ainda, como podem impactar as áreas circunvizinhas. Neste trabalho, apresenta-se a análise do entorno de áreas de disposição final de resíduos de construção, na cidade de Teresina, considerando os aspectos ambientais e sociais.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram seguidas algumas etapas, baseadas em procedimentos metodológicos adotados por Karpinski *et al.* (2008), e Tessaro, Sá e Scremin (2012). Foram realizadas entrevistas com os agentes envolvidos na coleta e destinação dos RCC, como a Associação de Empresas Coletoras de Entulho e a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH), ligada à Prefeitura Municipal de Teresina, utilizando-se a técnica de entrevista não estruturada. Foi feita coleta de informações na Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitacional (SEMDUH), que é o órgão responsável, em Teresina, sobre resíduos sólidos urbanos, desde a coleta até disposição final. Buscou-se obter dados relacionados às áreas de disposição, regulares e irregulares, dos RCC e quais as medidas utilizadas nessa etapa de gerenciamento, para verificar os procedimentos referentes à coleta e destinação final do RCC no município e quais agentes envolvidos. Também, foi realizado levantamento de dados referentes às movimentações de carga, tratamento oferecido, destinação final, tipos de equipamentos utilizados, dentre outras informações.

Foi realizada, ainda, a identificação e mapeamento dos pontos de disposição irregular, de caráter mais significativo, ou seja, os que apresentaram maior representatividade em volume de resíduos na área. Após identificados, foram capturados pontos cartográficos para a confecção de mapa temático georreferenciado. Também, foi realizado mapeamento de áreas de disposição privada, tendo como critério os dados obtidos durante o levantamento na administração pública e empresas coletoras. Em seguida, foi realizada a descrição e a análise do entorno, com o auxílio dos mapas georreferenciados, registros fotográficos e informações obtidas em campo, para conhecimento da realidade local, levando em consideração aspectos ambientais e sociais.

Este capítulo está composto, além da Introdução, em que é apresentado o tema, o objetivo e a metodologia do trabalho, pela seção intitulada "Resíduos de Construção Civil (RCC) em áreas urbanas", em que são abordadas algumas questões inerentes aos problemas da deposição de Resíduos de Construção Civil (RCC) nas cidades, respaldada em trabalhos científicos.

Na terceira seção, denominada "Locais de deposição de Resíduos de Construção Civil (RCC) em Teresina", são trazidos os resultados da pesquisa, apresentando-se a discussão dos impactos gerados e a descrição dos locais e dos entornos dos pontos de deposição de RCC, encontrados na cidade de Teresina, com a utilização de mapas, fotos aéreas e dos locais estudados. Na quarta seção, intitulada "Considerações Finais", são apresentadas as principais ponderações acerca da deposição e da gestão de Resíduos de Construção Civil, na cidade de Teresina. E por fim, nas Referências, são listados os autores citados no texto.

RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM ÁREAS URBANAS

A partir do crescimento das cidades, consequência do aumento populacional, houve elevada demanda por materiais utilizados na indústria da construção civil (KEMERICH *et al*., 2012). Para Ferreira, Noschang e Ferreira (2009), não vai ser possível a nenhuma sociedade alcançar o desenvolvimento sustentável sem antes executar mudanças no setor da construção civil, abordando aspectos econômicos, sociais e culturais para a existência de uma "construção sustentável".

Klug (2005) traz a ideia de que para legitimar a ação antrópica sobre o espaço urbano, os termos "cidade sustentável" e "sustentabilidade urbana" são considerados temas, que despertam disputas nos âmbitos intelectual e político, por se tratar de conceitos abertos, em que para sua definição é necessário a composição de vários atores sociais.

Conforme Azevedo, Kiperstok e Moraes (2006), a geração de resíduos ocorre em, praticamente, todas as atividades da construção civil, que são conhecidos como entulho ou, ainda, como resíduos da construção civil (RCC). Para Dias e Dornelas (2007), a geração dos RCC é uma realidade resultante de diversas etapas do processo construtivo, como as fases de planejamento e projeto de determinada edificação, qualidade de materiais e técnicas construtivas utilizadas, falta de conscientização e deficiência de recursos humanos.

Segundo Menezes *et al*. (2009, p. 263), os resíduos da construção civil são "compostos por fragmentos ou restos de tijolos, argamassas, concretos, aço, madeiras, gesso, etc", podendo muitas vezes serem reaproveitados na fabricação de outros materiais. Por exemplo, ao serem moídos e combinados a outros componentes,

estes resíduos apresentam propriedades cimentantes, que favorecem sua reutilização na construção civil (FIGUEIREDO; SILVA; NEVES, 2011).

A respeito dos impactos ambientais, Costa *et al.* (2007), destacam um fator importante refere-se ao aumento da geração dos resíduos de construção. No ponto de vista ambiental, o fato da sua deposição irregular acaba onerando, financeiramente, as administrações já que estas têm que se responsabilizar pela remoção e disposição. Feijão Neto (2010) aponta que dentre os impactos causados pela construção civil no meio urbano, a poluição é o que apresenta maiores conflitos, uma vez que estas podem ser desencadeadas, de forma isolada ou conjunta, no solo, ar e água, ainda podendo ocorrer de forma visual e sonora.

Destaca-se, ainda, a carência de áreas nas cidades, para a destinação final dos RCC, problema que afeta diretamente à população e requer a aplicação de altos recursos. Bourscheid e Souza (2010) relataram que, os aterros e lixões eram utilizados como soluções para estes problemas, entretanto, essas áreas apresentam inconvenientes ambientais e se tornam caras devido à manutenção do espaço. Além disso, a disposição de entulho sem um tratamento prévio acaba desperdiçando um material com grande potencial de reutilização e reciclagem, podendo ter um destino mais nobre quando submetido a tratamento prévio.

Com isso, devido às exigências impostas ao setor da construção civil, atividades que relacionam o beneficiamento e utilização posterior dos RCC são vistas como métodos para encerrar o seu ciclo produtivo (CARMO; MAIA; CESÁR, 2012). De acordo com Costa *et al.* (2007), estudos abordando a gestão dos RCC e sua reciclagem são cada vez mais relevantes, uma vez que, estes podem ser apoio tanto para o Poder Público como para empresários na elaboração e programas de gestão de RCC voltados para cada realidade regional.

Segundo Silva e Brito (2006), dos resíduos coletados em Belo Horizonte, cerca de 42% são oriundos da construção civil. A cidade tornou-se a pioneira na implantação do plano de gestão de RCC e na prática de beneficiamento de resíduos Classe A (entulho), que consiste na reciclagem dos agregados os quais esses resíduos são compostos com a finalidade de fazê-los retornar para as atividades da construção civil

Alguns autores, como Roth e Garcias (2009), Ulsen *et al*. (2010) e Figueiredo, Silva e Neves (2011), por meio de estudos realizados no tocante ao gerenciamento eficaz dos RCC, constataram que o primeiro direcionamento para uma gestão eficaz nos municípios seria um diagnóstico amplo, abrangendo aspectos como: geração, identificação do volume total gerado e principais características e propriedades.

Neste sentido, Bernardes *et al.* (2008, p. 66) afirmam que "a estimativa da quantidade gerada ao longo do tempo, considerando eventual sazonalidade, é de extrema importância na determinação da estrutura necessária para gerir o processo e realizar a reutilização e/ou a reciclagem dos resíduos". Relacionado à obrigação das empresas construtoras, a gestão dos RCC deve ter como foco principal a redução e reutilização desses materiais nos canteiros de obras, bem como, a responsabilidade de direcionar manejo e disposição adequados, "possibilitando, assim, uma redução nos custos de construção e também nos impactos ambientais causados por essa atividade" (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012, p. 122).

Na visão de Leal (2021, p. 461), na construção civil, nas diversas etapas da obra, desde o início na preparação do terreno até a finalização do projeto, são utilizados vários tipos de materiais, como:

> colas, concreto, tintas, resinas, madeira, plástico, vidro, dentre outras recursos. Todos esses materiais, quando não estão mais em uso, acabam sendo descartados, muitas vezes, de forma incorreta e indevida, podendo ocasionar a contaminação do solo. É fundamental conhecer os métodos de descarte que servem não apenas evitar tal situação, como também para diminuir o desperdício de todo o material que sobra ou que não serve mais.

Quaglio e Arana (2020, p. 469) reforçam a importância do conhecimento da realidade local e de uma boa gestão, afirmando que "a partir do diagnóstico da situação é possível a criação e planejamento de ações e propostas direcionadas à formalização de um sistema de gestão diferenciado, baseado na redução, reutilização, reciclagem, fiscalização eficiente e disposição final ambientalmente correta."

A restrição de áreas para destinar os RCC, de forma ambientalmente adequada, é uma realidade comum entre muitos municípios brasileiros. Por meio de aspectos como desenvolvimento tecnológico, políticas públicas, iniciativas privadas, dentre outros, algumas alternativas para a destinação foram criadas com o intuito de combater tal realidade, como a produção de areia e brita por meio da reciclagem de resíduos Classe A (EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010).

Dada à complexidade de aplicar uma gestão efetiva, é necessário realizar um planejamento, que deve ocorrer, antes mesmo da geração desses resíduos. Para Carvalho e Abdallah (2012, p. 391), devem ser observados aspectos como:

> O processo, que envolve descarte, coleta e processamento, é desenvolvido por meio de diversos

> atores, de modo que o tratamento meramente técnico dessas questões tem apresentado resultados pouco animadores. Além disso, há problemas com a disponibilização de recursos financeiros, pois o descarte de materiais é cada vez maior por causa do aumento da aglomeração urbana, sendo necessários grandes investimentos para a aquisição de equipamentos, treinamento, capacitação, controle e custeio de todo o sistema de manejo dos resíduos sólidos.

O Poder Público do município de São Paulo investiu, entre 1993 e 2002, cerca de 263 milhões de reais para a remoção de RCC de pontos irregulares na cidade, contudo, tal receita se mostrou insuficiente para solucionar o problema urbano, já que o volume de, aproximadamente, oito milhões de toneladas foram depostos, também, entre 1993 e 2002, nos aterros públicos de Itatinga e Itaquera (SCHNEIDER; PHILLIPI JR, 2004). Já em Fortaleza, desde o ano de 2006, existe o Plano de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC), em que são listadas as empresas licenciadas, que estão habilitadas para prestarem serviços de coleta, além de determinar os locais para descarte (OLIVEIRA *et al*., 2011).

A cidade de Teresina não dispõe de áreas para deposição exclusiva dos RCC. Até agosto de 2014, as empresas licenciadas, para coleta e transporte desses materiais, destinavam cerca de 60% do total coletado para o aterro controlado do município, e a quantidade restante era destinada a áreas privadas, que eram alugadas ou cedidas para esse fim. Destaca-se que os resíduos ao chegarem a esses locais para deposição final, não recebiam nenhum tipo de tratamento.

Com a Portaria N° 05 de 08 de agosto de 2014, lançada pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH), não será mais permitida a deposição de resíduos da

construção civil no aterro controlado de Teresina. Contudo, percebem-se brechas em relação ao que se classifica de pequenos e grandes geradores e, também, da forma que estes podem apresentar o pedido para deposição desses resíduos, o que poderia resultar na facilidade em burlar o estabelecido na portaria citada.

Embora o número de empresas que atuam no setor da construção civil não seja exato, de acordo com o Conselho de Engenharia e Agronomia do Piauí (CREA-PI), Superintendências de Desenvolvimento Urbano de (SDU) e imobiliárias, em Teresina atuam, aproximadamente, 147 empresas no setor da construção civil, sendo estas voltadas para os mais diversos processos construtivos, desde pequenas reformas a obras de grandes proporções. O crescimento da atividade de construção civil, em Teresina, trouxe como consequência grande volume de resíduos gerados. Tal fato exige que a gestão municipal esteja estruturada com áreas para a deposição final e tratamento desses RCC.

LOCAIS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM TERESINA

Teresina, capital do Piauí, estado da região Nordeste, apresentava, em 2010, população de 814.230 pessoas e densidade de 584,94 hab/km^2, enquanto a população estimada, para 2021, foi de 871.126 pessoas (IBGE, 2021). A indústria em Teresina "detém aproximadamente 17% do PIB e 16% da população ocupada, este desempenho se deve de modo considerável à indústria da construção civil, que é a que tem mais crescido ultimamente" (TERESINA, 2010).

No decorrer de pouco mais de seis décadas, a paisagem urbana de Teresina foi transformada. É possível perceber que as

edificações horizontais deram lugar para as edificações verticais, mudando a paisagem do local, com a construção de muitos edifícios e consequente aumento da geração de RCC.

Até o ano de 2014, a Prefeitura de Teresina utilizava receita anual de, aproximadamente, 900 mil reais para a remoção de resíduos de áreas irregulares, materiais que estão relacionados a diversas origens, contudo, cerca de 70% deste material removido era referente aos resíduos de construção.

Segundo Oliveira e Lopes (2019, p. 267), "os resíduos classe A, como os blocos cerâmicos e concreto são materiais oriundos de rasgos de alvenaria. Já, os resíduos relacionados à classe B, como a madeira, é proveniente da retirada de formas utilizadas no processo para concretagem de pilares e vigas [...]", estando, dessa forma, relacionados a etapas diferenciadas da obra. Em pesquisa realizada em Teresina, os citados autores estimaram o volume gerado para resíduos Classe A, de 866.250 kg por dia, o que correspondia à produção de 1,06 kg por habitante, ao dia, na cidade.

Os resíduos da construção civil não possuem ainda discriminação no que diz respeito à sua deposição final, sendo esta realizada em conjunto com os demais Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No entanto, a Prefeitura de Teresina não dispõe de áreas suficientes para a destinação de todo volume de RCC gerado, tendo como consequência, o surgimento de áreas de deposição irregular ou clandestina, não havendo controle da quantidade de locais em que os RCC são depostos, de forma inadequada.

As empresas coletoras, segundo Associação de Empresas Coletoras de Entulho, destinam resíduos coletados para duas áreas privadas. A primeira, pertence a um grupo empresarial de Teresina, enquanto a segunda está localizada na Central de Tratamento de Resíduos (CTR), no município de Nazária. Foi observado, ainda, que deve haver outros locais as quais os RCC são destinados, já que,

levando-se em consideração o volume gerado diariamente, a demanda por áreas é bem maior do que as apresentadas nesses locais.

Embora a SEMDUH realize a coleta de resíduos colocados em áreas irregulares, esta secretaria não tem conhecimento de todas as áreas em que esses materiais são depostos. Com isso, os pontos em que há coleta são considerados "fixos", ou seja, há periodicidade na limpeza dessas áreas. Então, para o estudo, como não existe o controle dessas áreas, foram identificados os principais pontos de deposição irregular, com o auxílio da secretaria responsável e, também, foi feito levantamento em campo. A escolha dos "principais" pontos teve como parâmetro a representatividade, em termos de volume, de resíduos dispostos nessas áreas.

Foi observado que a maior incidência de deposição nos pontos irregulares está relacionada a pequenos geradores, responsáveis por reformas, ampliação, pequenas obras, dentre outros, identificados, principalmente, pela atividade de "carroceiros" no transporte e destinação desses resíduos, que também foi constatado em pesquisa desenvolvida por Farias (2014). Entretanto, ressalta-se que, em alguns pontos, foi observada, também, a atividade de caminhões e até mesmo de caçambas estacionárias, pertencentes a empresas coletoras de entulho.

No Quadro 1, está apresentada a localização dos pontos de deposição irregular considerados os mais significativos e das áreas de deposição privadas, devidamente referenciados, com as coordenadas geográficas.

Quadro 1 - Pontos de disposição irregular

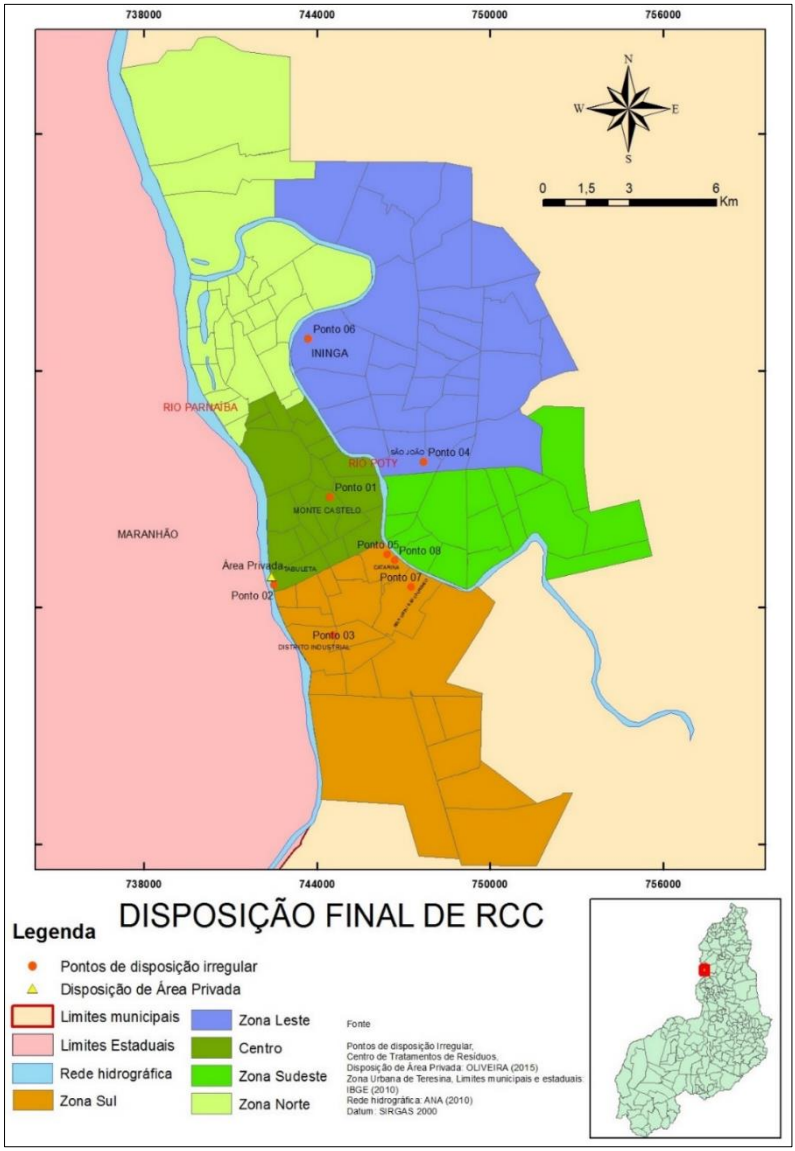
Ponto	Local	Coordenadas Geográficas
01	Rua Esmeraldo Freitas, bairro Monte Castelo	5° 6’ 4.68’’ S 42° 47’ 40.73’’ O
02	Avenida Maranhão, bairro Tabuleta	5° 7’ 39.80’’ S 42° 48’ 46.58’’ O
03	Distrito Industrial, bairro Saci	5° 8’ 39.85’’ S 42° 47’ 38.47’’ O
04	Rua Cinco, bairro São João	5° 5’ 28.96’’ S 42° 45’ 58.33’’ O
05	Rua Celso Pinheiro, bairro Catarina	5° 7’ 7.41’’ S 42° 46’ 37.58’’ O
06	Rua Elesbão Veloso, bairro Planalto Bela Vista	5° 3’ 10.74’’ S 42° 48’ 6.49’’ O
07	Avenida Raul Lopes, bairro Ininga, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella	5° 7’ 43.17’’ S 42° 46’ 10.04’’ O
08	Estrada Milton Brandão (estrada da alegria), bairro Catarina	5° 7’ 13.64’’ S 42° 46’ 28.62’’ O
Área privada	Avenida Maranhão, bairro Santa Luzia	5° 7’ 33.19’’ S 42° 48’ 45.59’’ O
CTR - Teresina	Comunidade Salobro, km 6, Nazária – Piauí.	5° 19’ 31.50’’ S 42° 46’ 58.99’’ O

Fonte: Amannda Oliveira (2014).

Na Figura 1, é possível visualizar o mapa com a localização dos pontos de deposição irregular considerados mais significativos e das áreas de disposição privadas.

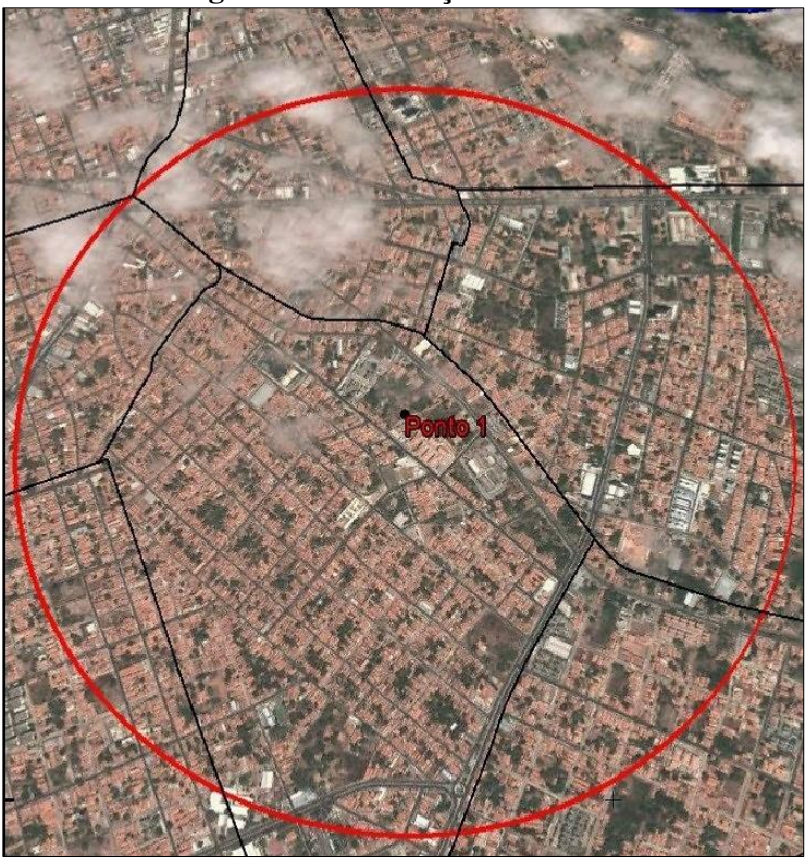
A cidade de Teresina está dividida em cinco zonas administrativas, a zona Norte, a zona Leste, a zona Centro, a zona Sudeste e a zona Sul. Foram identificados pontos de deposição na zona Leste, na zona Sudeste e na zona Sul.

Figura 1 - Pontos de Deposição de RCC, na cidade de Teresina, Piauí



O Ponto 01 usado para deposição de RCC está localizado no bairro Monte Castelo, zona Sul de Teresina (Figura 2). Trata-se de área predominantemente residencial, situada em local sem pavimentação entre dois condomínios residenciais. Destaca-se que além do condomínio, há outras residências, repartição pública, uma praça e posto de saúde.

Figura 2 - Localização Ponto 01



Fonte: Google Earth (2015).

Embora houvesse sinalização da Prefeitura proibindo a disposição de "lixo" no local, foram identificados resíduos de construção e, também, de poda (Figura 3). Levando em consideração o estado de ressecamento no qual se encontravam os resíduos de poda, pode-se afirmar que a disposição dos materiais não era recente. Os resíduos de construção eram, na sua maioria, pertencentes a classe A, com pouca quantidade referente a outras classes. O ambiente é propício para abrigo de animais, como roedores, oferecendo riscos a população residente próximo ao local.

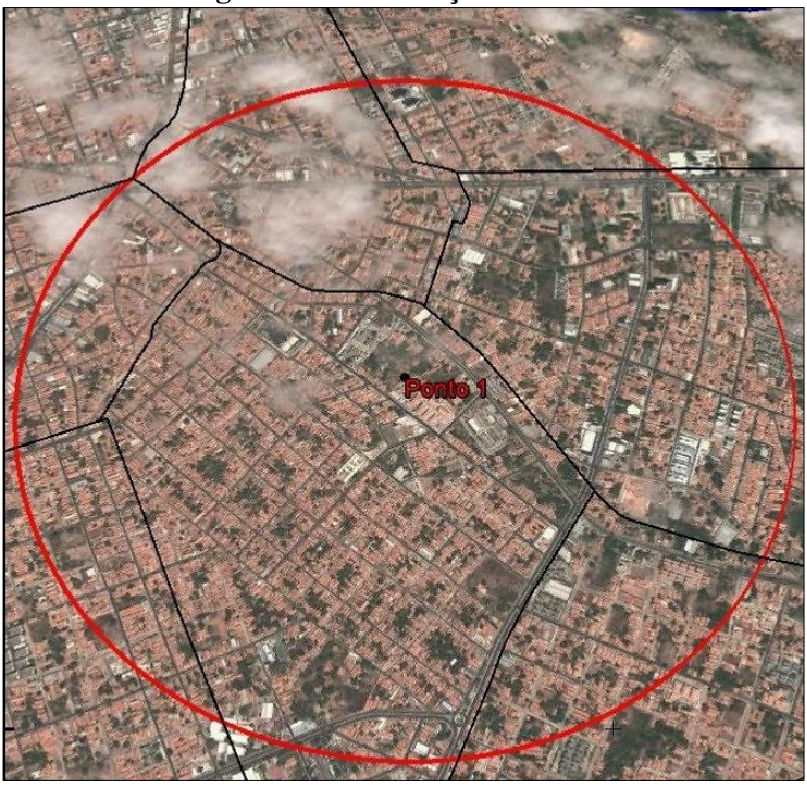
Figura 3 - Fotos de deposição irregular do Ponto 01, no bairro Monte Castelo, Teresina



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

O segundo ponto estudado (Figura 4) está localizado na Avenida Maranhão, às margens do Rio Parnaíba. Nas proximidades da área não há muitas residências, entretanto, há grande fluxo de pessoas que transitam durante todo o dia na região.

Figura 4 - Localização Ponto 02



Fonte: Google Earth (2015).

Neste local do ponto 02 (Figura 5), foram identificados, principalmente, resíduos Classe C (gesso), os quais não são muito aproveitados para reciclagem, pois não apresentam, ainda, meios eficazes, em relação a custo-benefício. Esse tipo de resíduo necessita de tratamento específico, devido à presença de componentes, que causam riscos ao meio ambiente. Após a deposição no terreno, a composição do solo pode ser alterada, devido ao contato direto com

esse material, refletindo assim, principalmente, na vegetação da área, neste caso na mata ciliar pertencente ao Rio Parnaíba.

Figura 5 - Fotos de deposição irregular no Ponto 02

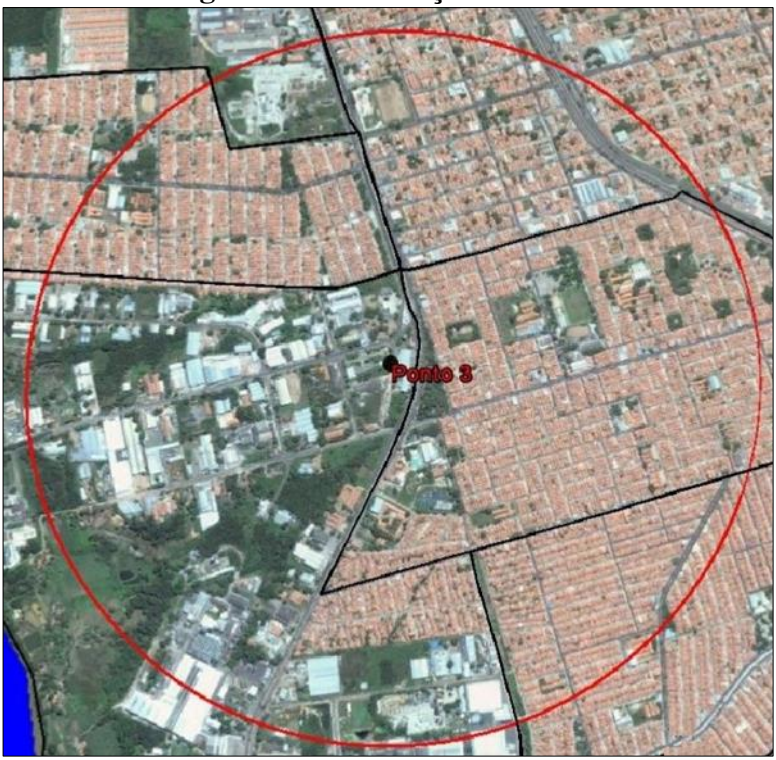


Fonte: Amannda Oliveira (2014).

Inserida na Área de Proteção Permanente (APP) do Rio Parnaíba, a deposição desses resíduos ocasiona impactos ambientais. Segundo Código Florestal (BRASIL, 2012), não é permitida nenhuma atividade nessas áreas, salvo àquelas previamente licenciadas que possuam caráter sustentável. O acúmulo de resíduos nessa região gera odores desagradáveis e presença de animais vetores de doenças, embora não haja muitas residências no entorno, a população que circula ou trabalha na vizinhança pode sofrer com impactos indiretos.

O Ponto 03 (Figura 6) está situado no Distrito Industrial, no bairro Saci, local com presença de fábricas de diversos setores, inclusive voltados para alimentação. A área de deposição está localizada em via de tráfego moderado de veículos e pessoas durante todo o dia. No entorno é possível encontrar residências, hospital e estabelecimentos comerciais.

Figura 6 - Localização Ponto 03



Fonte: Google Earth (2015).

No Ponto 03 (Figura 7), foram observados resíduos orgânicos (restos de podas, restos de alimentos), sendo que os RCC aparecem em maior quantidade, principalmente, os de Classe A e Classe B (madeira e tubulações). O acúmulo de resíduos propicia a proliferação de animais vetores de doenças, que podem causar risco à saúde pública. Também, ocasionam odores desagradáveis, poluição visual e riscos de acidentes para a população que circula pela área.

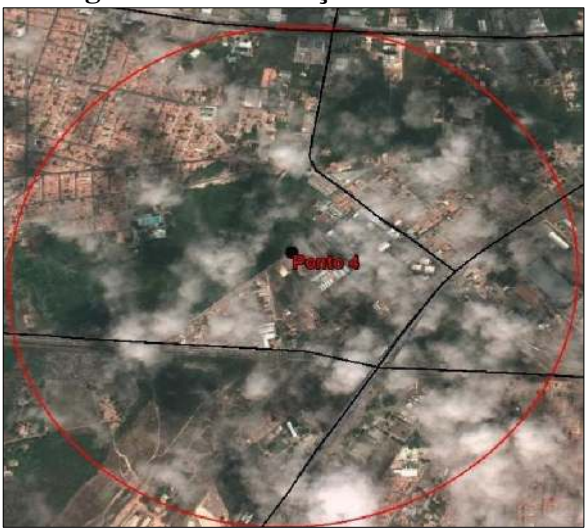
Figura 7 - Fotos de deposição irregular no Ponto 03



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

Localizado na zona Leste de Teresina, no bairro São João, o Ponto 04 (Figura 8), embora seja caracterizado como "terreno baldio", no entorno há instituição de ensino superior, casas de show, estabelecimentos comerciais e residências, o que torna o tráfego de veículos e populares constante.

Figura 8 - Localização do Ponto 04



Fonte: Google Earth (2015).

No Ponto 04, dentre os resíduos identificados no local, destaca-se a presença de entulho, embalagens plásticas e resíduos de poda (Figura 9). Foi observado que o acúmulo desses materiais não era de caráter recente, já que havia vegetação se desenvolvendo sobre os resíduos. Os impactos causados pela disposição irregular são de caráter indireto, como a proliferação de animais vetores de doenças, odores desagradáveis, poluição visual, dentre outros.

Figura 9 - Imagens de deposição irregular no Ponto 04



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

O Ponto 05 (Figura 10) está localizado na Avenida Celso Pinheiro, às margens do Rio Poti. Nas proximidades da área não há muitas residências, entretanto, há grande fluxo de pessoas que transitam durante todo o dia, pelo local.

No Ponto 05, foram identificados resíduos Classe A (entulho), Classe C (gesso) e resíduos domiciliares (Figura 11). Inclusive, durante a pesquisa de campo foi observada a presença de um caminhão despejando resíduos de construção. Semelhante ao ocorrido no Ponto 02, devido à proximidade da Área de Proteção Permanente (APP) do Rio Poti, a deposição irregular desses resíduos ocasiona riscos ambientais.

Figura 10 - Localização do Ponto 05



Fonte: Google Earth (2015).

Figura 11 - Fotos do local de deposição irregular do Ponto 05



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

O acúmulo de resíduos orgânicos e sua a decomposição geram odores desagradáveis e atraem a presença de animais vetores

de doenças, embora não haja muitas residências no entorno, a população que circula ou trabalha na vizinhança pode sofrer com impactos indiretos, além da poluição visual.

Situado no bairro Planalto Bela Vista, o Ponto 06 (Figura 12), embora localizado em bairro residencial, possui várias áreas "ociosas" no seu entorno, o que ocasiona a deposição de resíduos nesses locais. A área em que são depostos os resíduos está localizada em via de tráfego moderado de veículos e pessoas durante todo o dia. No entorno há residências, hospital, área comercial.

Figura 12 - Localização do Ponto 06



Fonte: Google Earth (2015).

Foi observado que os resíduos são despostos ao lado de uma residência, em terreno "desnivelado", concluindo-se que esse material está sendo disposto com o intuito de nivelar a área, porém, é sabido que, devido a variabilidade de composição e formato, o resíduo de construção não é indicado para utilização em aterros, exceto após passar por processo de trituração que uniformiza suas características. Outro fator percebido, foi que no local havia caçambas estacionárias de uma determinada empresa de coleta de entulho.

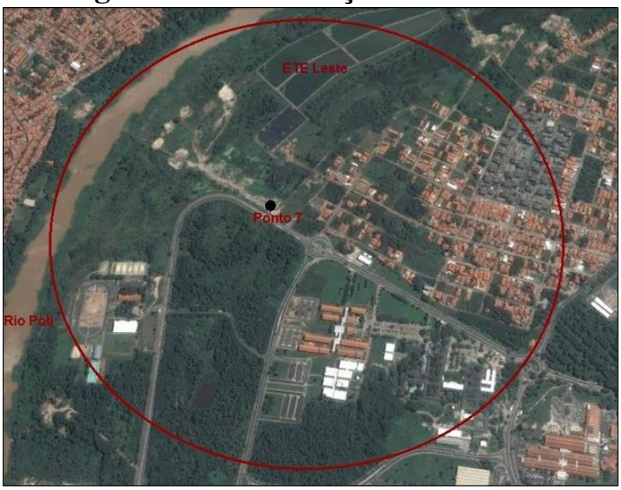
Figura 13 - Fotos do local de deposição irregular do Ponto 06



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

A área está em via pública, em que há acesso de pessoas e veículos diariamente, inclusive em frente funciona o ponto final de transporte público do bairro. O acúmulo de resíduos propicia a proliferação de animais vetores de doenças, causando risco a saúde pública. Poluição visual e riscos de acidentes para a população de trafega pela área.

Figura 14 - Localização do Ponto 07



Fonte: Google Earth, 2015.

O Ponto 07 está localizado no Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, entre o Centro de Tecnologia e o Setor Esportivo (Figura 14), tratando-se de uma via de fluxo contínuo, principalmente, de estudantes da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

No Ponto 07, os resíduos encontrados eram, em sua maioria, oriundos de construção, mas observou-se também a presença de resíduos orgânicos, como restos de poda e resíduo domiciliar (Figura 15). Além da poluição visual, o acúmulo de resíduos orgânicos e sua decomposição são responsáveis por gerar odores desagradáveis, além de contribuir para a presença de animais vetores de doenças, fator agravante já que o entorno é caracterizado por ser área residencial. Dessa forma, a população que circula, reside e/ou trabalha na vizinhança pode sofrer com impactos diretos e indiretos.

Figura 15 - Fotos do local de deposição irregular do Ponto 07



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

O Ponto 08 (Figura 16) está localizado na Estrada Milton Brandão, popularmente conhecida como “Estrada da Alegria”, às margens do Rio Poti, o entorno não é caracterizado como área

residencial, entretanto, nas proximidades funciona a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Sul.

Figura 16 - Localização do Ponto 08



Fonte: Google Earth, 2015.

No local do Ponto 08, onde os resíduos estão depostos, foi constatado constatou-se o fluxo de entrada e saída de caçambas estacionárias de determinada empresa coletora, podendo ser concluído que o imóvel em questão se trata de um estabelecimento comercial. Ao investigar sobre a situação da empresa para atuar na coleta desses materiais, teve-se conhecimento que tal empresa não está licenciada para esta atividade. Outro agravante é que, semelhante ao Ponto 02, o local pertence a Área de Proteção Permanente (APP) do Rio Poti, em que a deposição irregular desses resíduos ocasiona riscos ambientais. Neste local (Figura 17) foram identificados resíduos de Classe A (entulho) e de Classe C (gesso).

Figura 17 - Local de deposição irregular do Ponto 08



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

Assim como observado por Schneider e Philippi Júnior (2004), constatou-se que o transportador, principalmente de pequenos geradores, tende a depositar em áreas irregulares, para minimizar custos, tanto de transporte como de deposição regular, situação que possibilita a atuação com preços inferiores às empresas coletoras licenciadas.

Alguns aspectos, observados nesta pesquisa, corroboram com o exposto por Farias (2014), em relação ao fato desses pontos estarem localizados, principalmente, em ruas sem pavimentação e/ou ter relação com terrenos baldios. Há um ciclo, em que as áreas acumulam resíduos até a intervenção da Prefeitura, que realiza limpezas nessas áreas as tornando "livres" para, mais uma vez, tornarem-se ponto de deposição irregular. Com isso, tem-se que as

medidas adotadas são paliativas, não solucionar o problema de forma definitiva.

Com relação a primeira área de deposição privada (Figura 18), não foi possível ter acesso ao local em que os resíduos eram depostos, contudo, observou-se que a área estava localizada, praticamente, em frente ao Ponto 02 de deposição irregular, sendo separadas apenas pela Avenida Maranhão.

Figura 18 - Localização de RCC em Área Privada



Fonte: Google Earth (2015).

O entorno dessa área privada é composto por fábricas, algumas residências e na frente, encontra-se o Rio Parnaíba. Como não houve acesso para saber as reais condições de deposição dos resíduos dentro do terreno, tomou-se por base a estrutura externa do local, que em toda sua dimensão era cercada por muros, o que dava a impressão da área ser utilizada somente para esse fim.

Com relação aos aspectos ambientais, é válido ressaltar que não se tem conhecimento de quais procedimentos de prevenção e combate a riscos são realizados dentro área, contudo, recomenda-se a aplicação de medidas preventivas para tratamento desses resíduos devido a sua proximidade com a Área de Proteção Permanente do Rio Parnaíba.

A Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Teresina (Figura 19) está situada na Comunidade Salobro, entre as cidades de Teresina e Nazária, tratando-se de um empreendimento privado, que atua na destinação final de resíduos sólidos urbanos. Possui estrutura de aterro sanitário, contendo célula para resíduo domiciliar, estação de tratamento de efluentes, célula de resíduos inertes e célula para resíduos industriais.

Figura 19 - Fotos da Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Teresina



Fonte: Amannda Oliveira (2014).

A célula de resíduos inertes é a destinada para recebimento dos RCC, que são depostos pelas empresas coletoras de entulho em Teresina, sendo que, atualmente, oito empresas depositam resíduos no local. Ainda, não há reciclagem desses resíduos na CTR, pelo fato de a demanda ser pequena e não corresponder a toda estrutura do maquinário necessário.

A área em que a CTR está situada passou por processo de licenciamento ambiental, em que foram apresentados os respectivos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), portanto, a área tem toda estrutura necessária para destinação e tratamento dos Resíduos de Construção Civil (RCC).

Entre as áreas de deposição irregulares analisadas, foi percebido alguns pontos em comum, descritos a seguir:

- Os RCC com maior representatividade são os pertencentes Classe A;
- A maioria dos pontos identificados e dos analisados localizam-se em área sem "uso aparente", como terrenos baldios e ruas sem pavimentação;
- Constatou-se que os resíduos depositados nessas áreas são oriundos, principalmente, de reformas e/ou pequenas obras;
- Não se exclui a deposição de RCC por empresas coletoras, contudo, os principais atores são carroceiros e caminhões contratados para este fim;
- O principal risco refere-se a saúde pública, por estes locais terminam por se transformar em abrigos de animais vetores de doenças.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de resíduos oriundos construção presentes nessas áreas era maior que os de outras origens, confirmando assim os dados fornecidos pela Prefeitura. Foi observado, também, que não há nenhum tipo de preocupação, seja no aspecto ambiental como social, da forma que esses materiais são depostos e com os riscos que eles podem ocasionar.

A ausência de locais para destinação final dos RCC pode ser considerada como um dos fatores principais para o surgimento de áreas de deposição irregular em Teresina. Uma característica similar dos pontos analisados são que estes, geralmente, pertencem a "terrenos baldios" ou sem nenhuma utilidade aparente.

Com relação as deposições em locais privados, a primeira área ofereceu um pouco de resistência ao repassar informações acerca do tratamento oferecido aos resíduos destinados ao local, em contrapartida, a CTR Teresina dispôs de todos os dados necessários no tocante ao tratamento realizado aos RCC, quando chegam ao local.

Constatou-se que além da ausência de áreas para a deposição, a falta de fiscalização é um forte contribuidor para o atual panorama existente em Teresina, uma vez que não há nenhum tipo de medida preventiva e/ou corretiva que seja aplicada, visando contribuir de forma eficaz, para tentar solucionar a realidade da cidade, no que diz respeito à destinação e tratamento desses resíduos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. R.; SILVA, C. E. "Analysis of sustainability in solid waste management in the city: the case of Paripiranga, Brazil".

Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, vol. 3, n. 2, 2011.

ÂNGULO, S. C. *et al*. "Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 16, n. 3, 2011.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. "Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 1, n. 1, 2006.

BERNARDES, A. *et al*. "Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS". **Revista Ambiente Construído**, vol. 8, n. 3, 2006.

BOURSCHEID, J. A.; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo**. Florianópolis: IFSC, 2010.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília: Planalto, 2012. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. "Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, 2012.

CARVALHO, A. C.; ABDALLAH, P. R. "Análise da Gestão de Resíduos Sólidos no Terminal Porto Novo do Porto do Rio Grande, Brasil". **Revista da Gestão Costeira Integrada**, n. 12, 2012.

COSTA, N. *et al*. "Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise

multivariada". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 12, n. 4, 2007.

DIAS, J. F.; DORNELAS, R. C. "A construção e o desenvolvimento sustentável". **Revista Em Extensão**, vol. 6, 2007.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. "Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras". **Revista Ambiente Construído**, vol. 10, n. 3, 2010.

FARIAS, I. P. **Proposta de Modelo de Gestão de Resíduos da Construção Civil para a Zona Leste da Cidade de Teresina-PI** (Tese de Doutorado em Geografia). Rio Claro: UNESP, 2014.

FEIJÃO NETO, F. G. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de Parnaíba-PI** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio Claro: UNESP, 2010.

FERREIRA, D. D. M, NOSCHANG, C. R. T; FERREIRA, L. F**.** "Gestão de resíduos da construção civil e de demolição: contribuições para a sustentabilidade ambiental". **Anais do V Congresso Nacional de Excelência em Gestão: Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade**. Niterói: UFF, 2009.

FIGUEIREDO, S. S.; SILVA, C. G.; NEVES, G. "A. Durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil". **Revista Escola de Minas**, vol. 64, n. 3, 2011.

GONÇALVES, M. S. *et al.* "Gerenciamento de resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão". **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 15, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Panorama Teresina". **IBGE** [2021]. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18/05/2022.

KARPINSKI, L. A. *et al*. "Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo - RS". **Revista Estudos Tecnológicos em Engenharia**, vol. 4, n. 2, 2008.

KEMERICH, P. D. C. *et al.* "Avaliação de impactos ambientais na implantação e operação de olaria". **Revista Engenharia Ambiental**, vol. 8, n. 1, 2011.

KLUG, L, B. "A Vitória do Futuro: uma análise do discurso da sustentabilidade urbana em Vitória (ES)". **Anais do XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**. Salvador: ANPUR, 2005.

LEAL, A. P. "Resíduos da construção civil: uma revisão sobre as possiblidades de aplicação". **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, vol. 7, n. 6, 2021.

MENEZES, R. R. *et al*. "Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas". **Revista Cerâmica**, São Paulo, vol. 55, n. 335, 2009.

OLIVEIRA, A. M.; LOPES, W. G. R. "Características de resíduos em obras de edificação vertical com fins residenciais, na cidade de Teresina, Piauí". *In*: BARROS, R. F. M. *et al.* (orgs.). **Rede PRODEMA em Ação nas Ciências Ambientais**. Teresina: Editora Criação, 2020.

OLIVEIRA, M. E. D. *et al*. "Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE". **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 16, n. 3, 2011.

QUAGLIO, R. S.; ARANA, A. R. A. "Diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana". **Revista Sociedade e Natureza**, vol. 32, 2020.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. "Construção civil e degradação ambiental". **Revista Desenvolvimento em Questão**, vol. 7, n. 13, 2009.

SCHNEIDER, D. M; PHILIPPI JÚNIOR, A. "Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo". **Revista Ambiente Construído**, vol. 4, n. 4, 2004.

SILVA, P. J.; BRITO, M. J. "Práticas de gestão de resíduos da construção civil: uma análise da inclusão Social de carroceiros e cidadãos desempregados". **Revista Gestão e Produção**, vol. 13, n. 3, 2006.

SOUZA, U. E. L. *et al*. "Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva". **Revista Ambiente Construído**, vol. 4, n. 4, 2004.

TERESINA. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo. **Perfil de Teresina**: Econômico, Social, Físico e Demográfico. Teresina: SEMDEC, 2010

TERESINA. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação de Teresina. **Portaria n. 05, de 08 de agosto de 2014**. Teresina: SEMDUH, 2014.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, J. B. "Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS". **Revista Ambiente Construído**, vol. 12, n. 2, 2012.

ULSEN, C. *et al*. "Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo". **Revista Escola de Minas**, vol. 63, n. 2, 2010.

CAPÍTULO 3

Incorporação de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Argamassas de Revestimento: Uma Revisão de Literatura

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: UMA REVISÃO DE LITERATURA[2]

Ana Paula Sturbelle Schiller

Ariela da Silva Torres

Charlei Marcelo Paliga

A crescente conscientização da sociedade em relação a finitude dos recursos naturais faz com que a sustentabilidade seja um dos assuntos mais comentados na atualidade (HAUBRICK; GONÇALVES, 2020). De acordo com Zina, Blumenschein e Durante (2021), um dos principais desafios a serem enfrentados no século XXI são as mudanças climáticas atreladas ao aumento da emissão dos gases de efeito estufa, em especial do dióxido de carbono (CO_2).

A construção civil, não somente pela emissão de gases poluentes, mas também, através da extração de matérias-primas, do gasto de energia para extração, da fabricação e transporte dos recursos naturais, da contaminação da água por processos industriais e geração de resíduos em sua cadeia produtiva, é um dos setores que mais impactam o meio ambiente (VALPORTO; AZEVEDO, 2016).

Em relação aos resíduos de construção e demolição (RCD), dados do panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais [ABRELPE] (2021) indicam que no ano de 2020 foram coletados 47 milhões de toneladas de

[2] Uma versão prévia deste capítulo foi publicada originalmente em: SCHILLER, A. P. S.; PALIGA, C. M.; TORRES, A. S. "Revisão literária - Argamassas com incorporação dos resíduos de construção civil". *Research, Society and Development*, vol. 11, e11011628866, 2022.

RCD. Devido à expressiva quantidade de resíduos produzidos pelo setor da construção civil e pelos impactos causados ao meio ambiente, a gestão destes sedimentos é regulamentada em vários países (SÁ; MALHEIROS; SANTANA, 2018). No Brasil, a resolução nº 307 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos quanto à gestão dos resíduos de construção civil, ficando sob responsabilidade dos geradores a disposição final ambientalmente adequada desses rejeitos.

Sendo assim, é de extrema relevância que o setor da construção civil busque alternativas sustentáveis para priorizar a diminuição de seu impacto ambiental. Uma das possibilidades é a substituição parcial dos materiais de construção convencionais por resíduos, sejam oriundos da construção civil ou não, reduzindo, então, a demanda de insumos não renováveis e a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte desses (SILVA *et al*., 2018).

As argamassas são materiais de construção amplamente utilizados na construção civil. Desta forma, a incorporação dos resíduos de construção civil como insumo para a produção desse material construtivo é uma alternativa viável e vem sendo testada por diversos autores.

No estudo de Andrade, Squiavon e Ortulan (2018), os autores testaram o efeito da substituição do agregado natural por dois tipos de resíduos, um resíduo cerâmico e outro misto. O traço de referência foi confeccionado com as proporções 1:5 (cimento e areia) e as substituições do agregado natural pelo material alternativo ocorreram nos teores de 25, 50, 75 e 100%. O teor de água das misturas variou de forma que todos os traços atingissem o índice de consistência de 260±5 mm. Os resultados indicaram que a substituição do agregado natural proporcionou redução nas propriedades mecânicas e aumento na profundidade de carbonatação. Além disso, os autores verificaram que a densidade de

massa das misturas diminuiu à medida que se aumentou o teor de resíduo incorporado e que a absorção de água aumentou proporcionalmente ao teor de resíduo incorporado.

Já no estudo de Carasek, Girardi, Araújo, Angelim e Cascudo (2018), os autores testaram a influência do resíduo cimentício e do resíduo misto (50% cimentício e 50% cerâmico) como substituinte total do agregado natural em argamassas. Considerando que o agregado reciclado apresenta teor elevado de finos, os autores utilizaram como parâmetro para a definição dos traços o teor de finos de 28±1%. Desta forma, os traços que utilizaram o resíduo de construção civil (RCC) em sua composição foram moldados com o traço 1:5,8 (cimento e agregado reciclado). Já para o traço com areia natural, foi necessário adicionar cal na mistura para aumentar o teor de finos, resultando na proporção 1:1:5,8 (cimento, cal e areia). Os resultados indicaram que apesar da composição distinta dos resíduos, através do mesmo processo de beneficiamento é possível obter-se materiais com características granulométricas similares, no entanto, apesar disso, a origem do material irá influenciar nas propriedades finais das argamassas.

Outra possibilidade de incorporação desses resíduos na indústria da construção civil é como substituinte do aglomerante em argamassas. Schiller, Paliga e Torres (2021) testaram o efeito da substituição do cimento Portland CP IV por dois resíduos cimentícios, um proveniente da demolição de um prédio industrial (RCD), e o outro, proveniente de uma fábrica de artefatos cimentícios (RIPM). Neste experimento os autores utilizaram como traço de referência as proporções 1:2:8 (cimento, cal e areia) e testaram os teores de substituição de 5, 10 e 15% do cimento por RIPM e RCD. O teor de água/aglomerante das misturas mudou de forma a atender o índice de consistência de 260±5 mm. Os resultados encontrados foram promissores, uma vez que a substituição do cimento por RIPM com teores de substituição de até 15%

proporcionaram confecção de argamassas de revestimento sustentáveis, com desempenho mecânico e físico equivalente ao traço de referência na idade de 28 dias. Já no RCD, o teor de 5% apresentou resistência mecânica proporcional ao traço de referência aos 28 dias e os demais traços necessitaram de um período maior para equivalerem-se.

Desta forma, considerando a relevância do tema, este artigo tem o objetivo de realizar uma revisão da literatura, analisando o tipo de cimento, traço, teor de substituição, ensaios realizados e resultados obtidos em argamassas com incorporação dos resíduos de construção civil como substituinte do agregado e/ou aglomerante.

METODOLOGIA

Para elaboração deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão integrativa de literatura buscando estudos que testassem a incorporação de resíduos de construção e demolição em argamassas. De acordo com Botelho, Cunha e Macedo (2011), este método tem como objetivo analisar, através de pesquisas anteriores, o conhecimento já construído sobre um determinado tema, permitindo a construção de novos conhecimentos embasados nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores.

A busca por artigos de periódicos, dissertações e teses ocorreu no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), base de dados SciELO e Google acadêmico. O procedimento de revisão utilizado consistiu na compilação de duas pesquisas distintas. A primeira compôs-se na busca de artigos que utilizassem o resíduo de construção civil como substituinte do agregado em argamassas. Em seguida, pesquisou-se as publicações que realizaram a substituição do aglomerante por resíduo de construção civil.

Tabela 1 - Etapas do processo de revisão integrada de literatura

1ª Etapa	**Identificação do tema de pesquisa:** busca por estudos que testassem a incorporação de resíduos de construção e demolição em argamassas; **Base de dados:** portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), base de dados SciELO e Google acadêmico; **Tipos de estudos:** artigos de periódicos, dissertações e teses.
2ª Etapa	**Critérios de inclusão:** estudos que utilizassem resíduos de construção e demolição; **Critérios de exclusão:** incorporação de outras tipologias de resíduos (cerâmica vermelha, rochas ornamentais, agrícola, etc).
3ª Etapa	**Pré - seleção dos estudos:** a partir da leitura dos títulos e resumos; **Seleção dos estudos:** a partir da leitura criteriosa do estudo; **Organização dos estudos selecionados**.
4ª Etapa	**Síntese dos dados:** Elaboração de planilha contendo a característica dos materias de construção utilizados, teores de substituição, parâmetros e resultados obtidos.
5ª Etapa	**Análise e interpretação dos resultados.**
6ª Etapa	**Apresentação dos resultados obtidos na revisão integrativa de literatura.**

Fonte: Elaboração própria.

Considerando que ainda são escassos os estudos sobre o assunto, principalmente no que tange a substituição do aglomerante por resíduos em argamassas, considerou-se para a análise o período de 2009 até 2021. Após a busca, os dados foram escolhidos a partir da leitura do título e do resumo e quando congruente passaram por uma análise crítica. Desta forma, foram selecionados 19 estudos que investigaram a substituição do agregado por resíduos de construção civil. Já em relação a substituição do aglomerante por resíduos foram selecionados nove trabalhos. A Tabela 1 apresenta um resumo das etapas realizadas para a construção da revisão de literatura integrativa aplicada neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta alguns dos estudos utilizando os resíduos de construção civil como agregados em argamassas que é uma alternativa para economizar os recursos naturais utilizados como matéria-prima e reduzir o volume final de resíduos que serão descartados.

Tabela 2 - Estudos referentes à argamassa com substituição do agregado por RCC

Autor	Características	% da substituição	Parâmetros testados	Resultados
Paula (2010)	Cimento CP II Z 32 RCD misto com partículas < 2,36 mm Traço1:6 a/c=0,60	25, 50, 75 e 100%	Absorção e Compressão.	Através dos ensaios concluiu-se que os teores de substituição não afetam as resistências mecânicas. Observou-se que quanto maior o teor de substituição dos agregados, maior a absorção dos blocos.
Kim e Choi (2012)	Cimento Comum Traço 1:2,45 a/c= 0,55	15,30 e 45%	Cisalhamento compressão e absorção por capilaridade.	Os ensaios mostraram que a substituição do resíduo reduziu a resistência ao cisalhamento e à compressão das argamassas. Em relação à absorção por capilaridade das argamassas, observou-se um acréscimo proporcional ao teor de resíduo incorporado.
Jochem (2012)	Cimento CP II F 32 RCD misto com partículas < 0,15 mm Traço 1:7,5	7, 13, 20, 27, 33 e 40%	Influência da molhagem prévia do agregado, absorção por imersão e porosidade, absorção por capilaridade, permeabilidade ao vapor, compressão, tração na flexão, módulo de elasticidade e aderência à tração.	Os ensaios mostraram que os traços confeccionados com material de curva granulométrica média apresentaram os melhores resultados. Os agregados reciclados apresentam maior teor de absorção, independentemente de sua granulometria. A molhagem prévia dos agregados finos propicia o acréscimo do teor de ar incorporado e retenção de água. Em relação à resistência mecânica, a molhagem prévia dos agregados reciclados, aumentou a resistência à tração e a resistência à compressão.
Araújo (2014)	Cimento CP II Z 32 RS Partículas entre 1,2 e 2,4 mm Traço 1:8 e 1:2:8 IC= 260 ± 5 mm	20, 40, 60, 80 e 100%	Densidade de massa, módulo de elasticidade, compressão, tração na flexão, absorção por capilaridade, absorção por imersão e índice de vazios.	As argamassas com agregados reciclados apresentaram valores menores de densidade de massa e módulo de elasticidade dinâmico, assim como um incremento nos índices de absorção e porosidade. Em relação ao desempenho mecânico, observou-se que as argamassas hidráulicas apresentaram resistência superior ao traço de referência. Já as argamassas mistas demonstraram redução nessa propriedade.
Morales (2015)	Cimento CP II F 32 Partículas de RCD < 4,8 mm Traço 1:1:5,1	20%	Influência da molhagem, compressão, tração na flexão, módulo de elasticidade dinâmico,	Constatou-se que a molhagem prévia do agregado influenciou na melhora das propriedades mecânicas. Observaram-se reduções na absorção por capilaridade, no índice de vazios e na absorção por imersão.

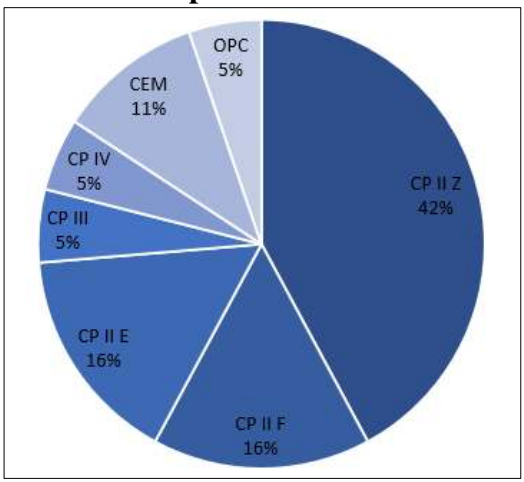
	a/c=1,25		retração por secagem, perda de água por evaporação, fissuração, absorção por capilaridade, absorção por imersão, índice de vazios e aderência.	Verificou-se aumento do efeito de retração por secagem e redução da aderência no substrato.
Ferreira, Bruno e Anjos. (2016)	Cimento CP II-Z-RS Traço 1:1:6 IC=260 mm	70, 90 e 100%	Consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado, absorção por imersão e capilaridade, densidade de massa, compressão e tração na flexão.	A partir dos resultados, foi possível inferir que as substituições estudadas obtiveram desempenhos aceitáveis em comparação aos parâmetros determinados em norma para utilização como argamassa de revestimento, sendo a substituição de 70% a que apresentou melhor desempenho mecânico, porém absorve mais água por capilaridade em função do elevado teor de finos.
Monte Junior (2016)	Cimento CP II Z 32 RCC cimentício Partículas < 4,75 mm Traços 1:2:8 e 1:4,5 Relação ligante/agregado (1/3) em volume	30, 60 e 100%	Consistência, compressão, tração, absorção por imersão, absorção por capilaridade, densidade de massa aparente, resistência de aderência, absorção pelo método de cachimbo, fissuras visíveis.	A presença de finos melhorou a trabalhabilidade em ambos os traços e reduziu a densidade de massa aparente. Em relação à resistência mecânica, verificou-se que as substituições não afetaram o desempenho das misturas. Observou-se que a absorção pelo método do cachimbo apresentou acréscimo no teor de absorção proporcional ao teor de substituição. Em relação à absorção por capilaridade, ambas às argamassas apresentaram melhor desempenho para o teor de substituição de 30%.
Martínez, Cortina, Martinez e Sanchez (2016)	Cimento CEM 11 / B - L 32.5 N e CEM IV / B (V) 32,5 N RCC misto com partículas<0,6 mm Traços 1:3 e 1:4 IC=175 ±10 mm	50, 75 e 100%	Densidade de massa úmida, absorção por capilaridade, resistência à flexão e compressão utilizando três tipos de resíduos de construção (cerâmico, mistos e cimentício) e dois tipos de cimentos CEM II/B e CEM IV/B.	Na absorção por capilaridade, verificou-se que o teor de absorção aumentou proporcionalmente ao teor de resíduo na mistura. Os resultados de resistência à flexão indicaram redução mediante o acréscimo de resíduos na composição. Já em relação à compressão, os ensaios mostraram que as argamassas confeccionadas com traço 1:3 apresentaram melhor desempenho comparado ao traço 1:4. Em ambos os traços constataram-se que o melhor índice de desempenho foi obtido pelas argamassas produzidas com o resíduo cimentício e com cimento CEM IV/B em sua composição.
Ferreira (2017)	Cimento CP II Z RS RCC misto com partículas < 4,75 mm Traço 1:1:6 IC=260 mm	25, 50, 75 e 100%	Compressão, tração na flexão, aderência e fissuração	As argamassas alternativas apresentaram maior consumo de água, menor densidade de massa e teor de ar incorporado. Na resistência mecânica as argamassas com resíduos apresentaram maior resistência. Observou-se redução no desempenho da aderência ao substrato e acréscimo de fissuras.
Carasek *et al*. (2018)	Cimento CP II Z-32 RS RCC misto e RCC cimentício com partículas < 3,15 mm Traço 1:5,8 relação água/materiais secos em (22,5±2,5)%	100%	Densidade de massa, retração, resistência à compressão e à tração na flexão.	Os resultados mostraram que as argamassas com resíduos apresentaram redução na densidade de massa e acréscimo na retração. Em relação à resistência mecânica observou-se que as misturas com resíduos reciclados, apresentaram resultados ligeiramente inferiores.
Aguiar *et al*. (2018)	Cimento CPII E 32 Traço 1:2:8 IC=260 ± 5 mm	25 e 50%	Tração na flexão, compressão axial e coeficiente de capilaridade.	Os resultados indicaram pequeno ganho de resistência à tração e à compressão com a incorporação do resíduo (RCC) em substituição à areia. No que diz respeito a

				absorção por capilaridade, o menor índice de absorção foi com substituição de 25% da areia por agregado miúdo.
Andrade *et al*. (2018)	Cimento CP IV RCC misto e RCC cerâmico com partículas < 4,75 mm Traço 1:5 IC=260 ± 5 mm	25, 50, 75 e 100%	Compressão, flexão, aderência, porosidade, absorção de água, densidade aparente e carbonatação.	Os resultados mostraram redução nas propriedades mecânicas e aumento na profundidade de carbonatação. A porosidade e a absorção de água das argamassas aumentaram proporcionalmente ao teor de resíduo incorporado na mistura. Já densidade de massa apresentou comportamento contrário.
Pimentel, Pissolato Junior, Jacintho e Martins (2018)	Cimento CP III Partículas <2,4 mm Traços 1:6,1 e 1:2:5,9 IC=260 ± 5 mm	30 e 60%	Compressão, tração na flexão, absorção por capilaridade, densidade de massa aparente.	Os resultados mostraram acréscimo na capacidade de retenção de água e redução nas propriedades mecânicas proporcionais ao aumento do teor de agregado reciclado. Em relação à absorção por capilaridade, verificou-se que houve redução deste coeficiente entre as argamassas hidráulicas. Já as argamassas mistas demonstraram comportamento contrário.
Rocha (2018)	Cimento CP II E 32 RCC misto com partículas <2,4 mm Traço 1:2:9 IC=260 ± 5 mm	50 e 100%	Tração na flexão e compressão.	Os ensaios demonstraram que às substituições ocasionaram melhoramento nas propriedades mecânicas estudadas.
Jesus, Maia, Farinha, Brito e Veiga (2019)	Cimento CEM II/ B-L RCC misto com partículas < 0,15 mm Traço 1:5,7 IC=160 ± 3 mm	10, 15 e 20% (Resíduo misto e cimentício)	Compressão, flexão, aderência à tração, módulo de elasticidade, comportamento de fissuras, durabilidade e absorção por capilaridade.	A incorporação dos resíduos melhorou o desempenho mecânico e o módulo de elasticidade das argamassas. Houve redução da porosidade e do coeficiente de absorção. Observou-se que apenas o traço com substituição de 20% do resíduo cimentício apresentou fissuração.
Ghellere, Thomé e Oliveira (2019)	Cimento CP II Z 32 RCC cerâmico e cimentício Traço 1:2:8 a/c = 2,25 a 2,45	15, 25 e 50%	Tração na flexão, compressão, aderência à tração, módulo de elasticidade, absorção por capilaridade e exposição às altas temperaturas.	O estudo mostrou que as argamassas apresentaram melhor desempenho à tração na flexão e compressão. No entanto, houve redução da aderência à tração proporcional ao teor de substituição. As argamassas com resíduos apresentaram módulo de elasticidade mais elevado, maior teor de absorção por capilaridade e tiveram menor influência da temperatura em seu desempenho.
Azevedo *et al*. 2020	Cimento CP II E 32 Partículas < 4,8 mm Traço 1:1:6 IC=260 ± 5 mm	25, 50 e 100%	Compressão e absorção por capilaridade.	O estudo mostrou que a substituição da areia por resíduo proporcionou melhor desempenho mecânico. Observou-se que quanto maior o teor de substituição dos agregados, maior a absorção por capilaridade das argamassas.
Kruger, Kossute, Chinelatto e Pereira. (2020)	Cimento CP II F 32 RCC misto com partículas < 4,8 mm Traço 1:3	12, 20 e 30%	Índice de consistência, densidade de massa, compressão e absorção.	Os resultados mostraram que a adição de finos reduziu a trabalhabilidade das misturas, diminuiu a densidade de massa e elevou o teor de ar incorporado. Além disso, a incorporação de finos aumentou a absorção e reduziu a resistência à compressão das argamassas.
Souza e Leite (2020)	Cimento CP II Z 32 RCC misto Traço 1:4 IC=260 ± 5 mm	15 e 30%	Índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado, retenção de água, compressão e tração na flexão	Os resultados mostraram que a incorporação do resíduo reduziu a trabalhabilidade e a densidade de massa, aumentando o teor de ar incorporado e a retenção de água. Em relação ao desempenho mecânico, observa-se que os traços sem adição de água para manter a trabalhabilidade com resíduos apresentaram acréscimo de resistência em relação ao traço de referência.

Fonte: Elaboração própria.

Considerando que a natureza, o tipo e o número de aglomerantes irão influenciar o desempenho final das misturas, o Gráfico 1, apresenta um resumo com o percentual de cada um dos cimentos utilizados.

Gráfico 1 - Tipos de cimentos testados

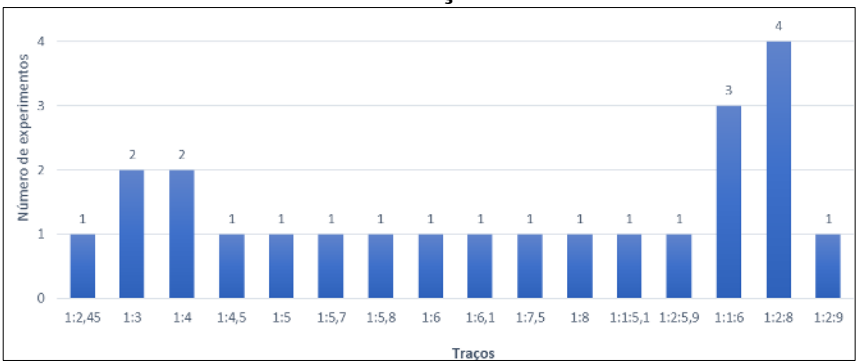


Fonte: Elaboração própria.

Nota-se, no Gráfico 1, que o tipo de cimento mais utilizado foi o cimento Portland composto (CP II), sendo que oito estudos, o que corresponde 42%, utilizaram o cimento Portland composto com pozolana (CP II Z). Já o cimento Portland composto com material carbonático (CP II F) e o cimento Portland composto com escória granulada de alto forno (CP II E), foram testados em três estudos.

Outro aspecto que pode influenciar no desempenho das argamassas é a proporção dos elementos que constituem as misturas. Desta forma, o Gráfico 2 apresenta os traços utilizados nos estudos selecionados.

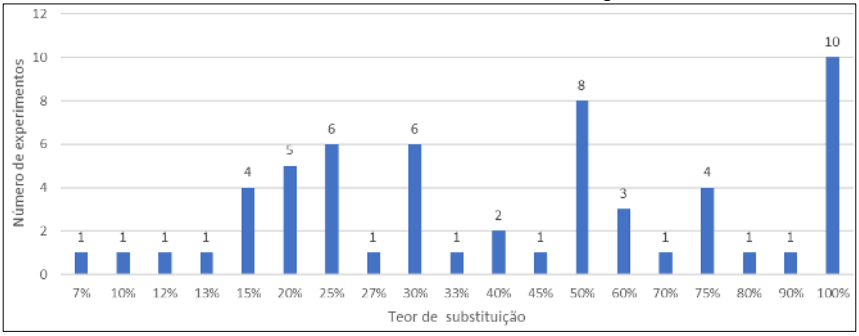
Gráfico 2 - Traços estudados



Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se, no Gráfico 2, que foram testados onze traços hidráulicos e cinco traços mistos. Entre estes, destaca-se que a proporção 1:2:8 (cimento, cal e areia) foi utilizada em quatro estudos e o traço 1:1:6 (cimento, cal e areia) foi testado em três trabalhos. Outro importante fator a ser avaliado é o teor de substituição do agregado natural por material alternativo, visto que as características dos agregados irão exercer influência nas propriedades das misturas. Desta forma, o Gráfico 3 exibe um resumo dos teores de substituição utilizados nos estudos escolhidos.

Gráfico 3 - Teor de substituição

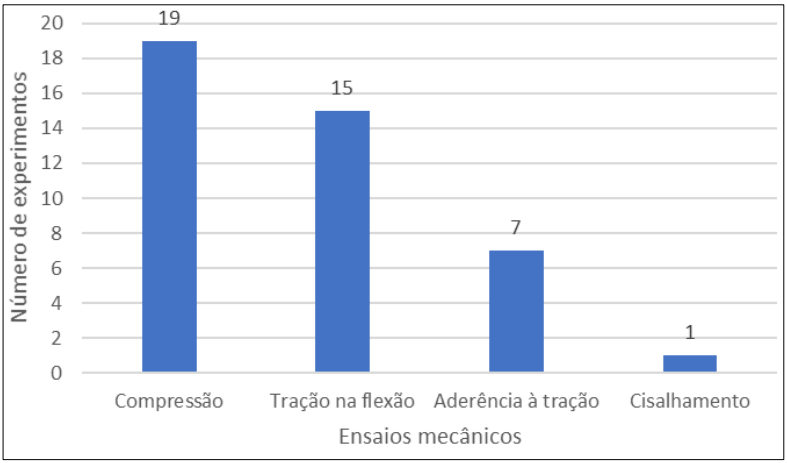


Fonte: Elaboração própria.

Através dos dados expostos no Gráfico 3, é possível perceber que o teor de substituição com maior incidência de estudo é o de 100%, testado em dez trabalhos. Na sequência, o teor de 50%, utilizado em oito trabalhos e os teores de 30 e 25% examinados em seis pesquisas.

Para testar os efeitos da substituição do agregado natural por resíduo, as argamassas passaram por ensaios físicos e mecânicos. Deste modo, o Gráfico 4 apresenta os ensaios mecânicos e, na sequência, o Gráfico 5 expõem os ensaios físicos que foram realizados pelos autores selecionados.

Gráfico 4 - Ensaios mecânicos

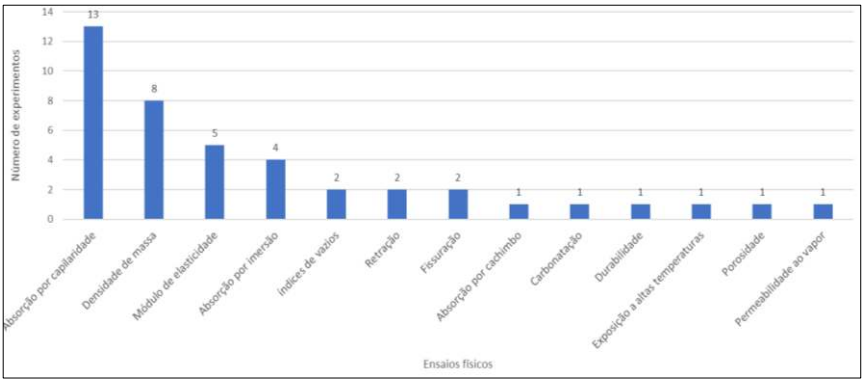


Fonte: Elaboração própria.

Entre os ensaios mecânicos, verificou-se que o ensaio de resistência à compressão foi realizado por todos os autores selecionados. Já o ensaio de resistência à tração na flexão foi executado em 15 experimentos e a resistência de aderência à tração

foi testado em sete estudos. Já entre os ensaios físicos, apresentados no Gráfico 5, nota-se que o parâmetro com maior incidência de ocorrência é o ensaio de absorção por capilaridade, executado em 13 estudos. Outros indicadores, como densidade de massa, módulo de elasticidade e a absorção por imersão foram verificados por oito, cinco e quatro trabalhos, respectivamente.

Gráfico 5 - Ensaios físicos



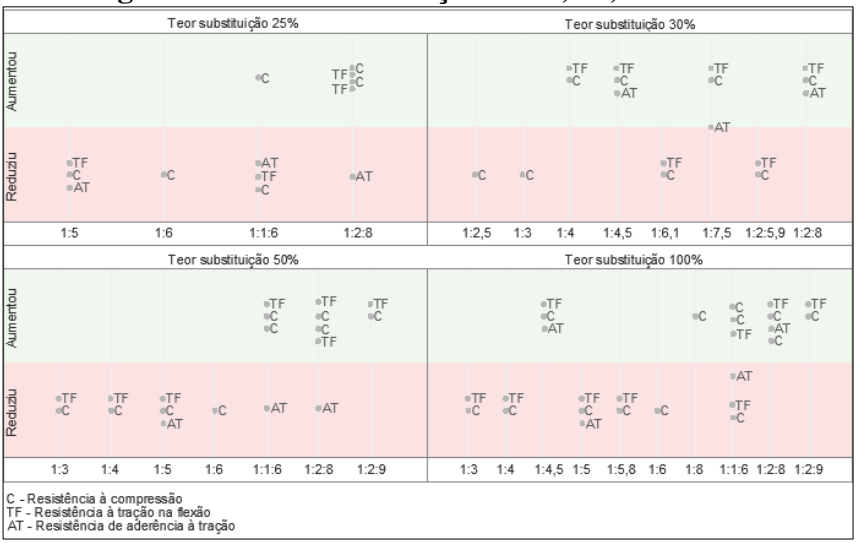
Fonte: Elaboração própria.

Para analisar a influência da substituição do agregado por resíduos no desempenho mecânico das argamassas, selecionou-se os quatro teores mais estudados (25, 30, 50 e 100%) e verificou-se o comportamento das argamassas no ensaio de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e resistência de aderência à tração. O resultado dessa análise é apresentado no Gráfico 6.

Com base nos dados expostos no Gráfico 6, é possível verificar entre as argamassas hidráulicas que os traços 1:4 (cimento e areia), com substituição de 30%, e 1:4,5 (cimento e areia), com substituições de 30 e 100%, apresentaram aumento na resistência mecânica. Já entre as argamassas mistas, observa-se que os traços

1:2:8 e 1:2:9 (cimento, cal e areia) apresentaram melhor resistência à compressão e tração na flexão nos quatro teores analisados.

Gráfico 6 - Comportamento mecânico das argamassas com substituição de 25, 30, 50 e 100%



Fonte: Elaboração própria.

Já em relação aos parâmetros físicos dos estudos selecionados, verifica-se que a utilização do agregado reciclado contribui para o aumento da absorção de água e reduziu a densidade de massa das misturas, esse comportamento pode estar relacionado ao fato do agregado reciclado ser mais poroso que o agregado reciclado.

Outra possibilidade para a reciclagem dos resíduos de construção civil é incorporá-los como substituintes parciais de aglomerantes em argamassas. Desta forma, na Tabela 3 serão apresentados alguns estudos utilizando resíduos como substituintes parciais dos aglomerantes em argamassas.

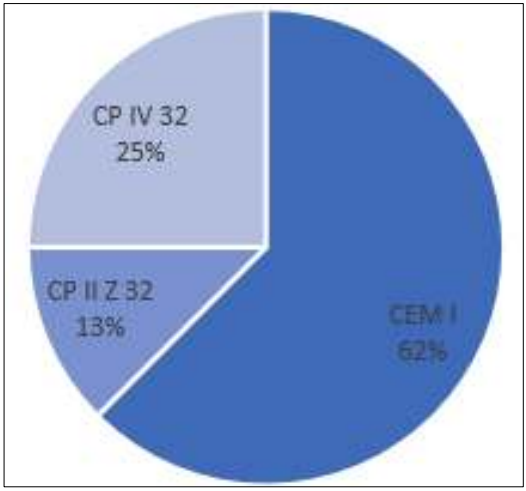
Tabela 3 - Estudos referentes à argamassa com substituição do aglomerante por RCC

Autor	Características	% da substituição	Parâmetros testados	Resultados
Menezes, Farias Filho, Ferreira, Neves e Ferreira (2009)	CP II Z 32 Resíduo serragem de granito e RCC cerâmico com partículas < 0,074 mm Traço 1:3 a/c=0,48	25, 35 e 50%	Índice de atividade pozolânica, compressão.	Os ensaios verificaram que o resíduo utilizado não apresenta atividade pozolânica. Em relação ao comportamento mecânico, os resultados mostraram que as argamassas com 25% de substituição apresentaram o mesmo desempenho que a argamassa de referência, e as argamassas com substituição de 35 e 50% aumentaram significativamente a resistência aos 28 dias.
Hongzheng (2012)	Resíduo de concreto e pó de calcário com partículas < 75 µm Traço 1:3	100%	Difração de raio X, compressão.	A difração de raio X mostrou que o cimento reciclado apresenta uma quantidade maior de cálcio e óxido de magnésio comparado ao cimento industrial. O ensaio de resistência mecânica das argamassas produzidas com cimento reciclado apresentaram valores de 12,1 MPa e 38,2 MPa, para as idades de 3 e 28 dias, respectivamente.
Pereira (2015)	Cimento CEM I 42,5 R Resíduo cerâmico e cimentício com 90% das partículas < 16,34 µm Traço 1:3 a/c=0,5	5 e 10%	Trabalhabilidade, compressão, tração na flexão, carbonatação, absorção por capilaridade e penetração de cloretos.	O estudo mostrou que a incorporação dos resíduos proporcionou melhor trabalhabilidade e um ligeiro aumento da profundidade de carbonatação. Já o ensaio de penetração de cloretos indicou que as argamassas com substituição apresentaram maior resistência à penetração. Além disso, observou-se um pequeno acréscimo nas propriedades mecânicas das argamassas com resíduos.
Alonso (2016)	Cimento CEM I 42,5 R RCC misto com partículas médias < 7,19 µm Traço 1:3 a/c=0,28	5 e 10%	Trabalhabilidade, resistência, compressão e flexão, absorção por capilaridade.	Neste estudo verificou-se que a substituição do cimento por resíduo não influenciou na trabalhabilidade das argamassas. No entanto, os teores de substituição influenciaram na resistência de compressão, onde os valores foram inferiores aos das argamassas de referência. No que diz respeito à absorção por capilaridade, observou-se que todas as argamassas apresentaram comportamento semelhante.
Rocha (2016)	Cimento CEM I 42,5 R RCC misto com 90% das partículas < 30 µm Traço 1:3 a/c=0,28	5 e 10%	Índice de consistência, resistência à compressão, flexão, carbonatação acelerada, absorção por capilaridade e penetração acelerada de cloretos.	As argamassas com substituição apresentaram melhor trabalhabilidade. Verificou-se uma redução na resistência mecânica das argamassas com substituição por resíduo, principalmente na resistência inicial das mesmas. Constatou-se também que o teor de substituição dos resíduos influenciou na absorção por capilaridade das argamassas. Quanto à penetração de cloretos não houve diferenças significativas entre as argamassas de referência e as argamassas com 5% de substituição.
Silva (2016)	Cimento CEM I 42,5 R RCC misto com partículas médias < 7,13 µm Traço 1:3	5 e 10%	Ensaio de trabalhabilidade, resistência à compressão, resistência à tração, resistividade, reação alcali-sílica, resistência ao ataque por sulfatos, penetração de cloretos e carbonatação acelerada.	Os ensaios mostraram que as argamassas com teor de substituição de 10% apresentaram maior trabalhabilidade comparado ao traço de referência. Os resultados de resistência à flexão e compressão das argamassas com resíduos foram ligeiramente inferiores ao traço de referência e quando comparados os dois teores de substituição, o traço de 10% apresentou melhor desempenho.
Wizchrowska, Kazberuk e Pawluczuk (2019)	Cimento CEM I 42,5 R Resíduo com partículas < 250 µm Traço 1:3 a/c=0,5	25%	Índice de consistência, resistência à compressão, resistência à flexão e absorção.	Verificou-se que as argamassas com resíduos apresentaram menor índice de consistência, no entanto, manteve-se a trabalhabilidade realizando mais tempo de mistura, sem ser necessário adicionar água. Os ensaios de resistência à compressão indicaram que as temperaturas de calcinação mais elevadas, acima de 650 ºC (tratamento realizado para remover a reatividade antiga dos resíduos) apresentaram melhor desempenho, alcançando resistência de até 30MPa. O mesmo foi evidenciado para a resistência à flexão das argamassas e capacidade de absorção.
Formigoni, Godinho, Junca e Antunes (2019)	Cimento CP IV 32 Resíduo de placas cerâmicas esmaltadas de corpo vermelho com partículas < 100 µm Traço 1:0,25:5,5 a/aglom=0,88	5, 12 e 20%	Índices de consistência, absorção da água, índice de vazios, massa específica, resistências à tração na flexão e resistência à compressão axial.	Os autores verificaram que os teores de substituição de 5 e 12% ocasionaram diminuição da porosidade dos corpos de prova. Eles também observaram que as argamassas com resíduos apresentaram melhores rendimentos na resistência à tração na flexão. Entretanto, os testes de resistência à compressão axial apresentaram um decréscimo de 0,9% e 2,5% para as substituições de 5 e 12%.
Schiller *et al.* (2021)	Cimento CP IV 32 Resíduos cimentícios (um de demolição e outro de uma indústria de pré-moldados) Partículas passantes na peneira 0,15mm retidas na peneira 45µm Traço 1:2:8	5, 10 e 15%	Resistência à compressão axial, tração por flexão, absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão e índices de vazios	Os autores verificaram que o resíduo proveniente da indústria de pré-moldados apresentou resistência à compressão axial similar ao traço de referência, na idade de 7 dias. Já aos 28 e 63 dias, observa-se que o resíduo de demolição apresentou equivalência estatística com o traço de referência, enquanto que as misturas com resíduos de pré-moldados obtiveram resistência inferior. O ensaio de tração por flexão indicou que com exceção do teor de substituição de 5% do resíduo de pré-moldado, que apresentou resistência superior ao traço de referência, os mais teores dos dois resíduos empregados melhoraram o desempenho das argamassas. Em relação aos parâmetros físicos analisados, os ensaios não evidenciaram diferença estatística entre as misturas analisadas.

Fonte: Elaboração própria.

Analisando os estudos encontrados, percebe-se que ainda são poucos os trabalhos utilizando resíduos cimentícios como componentes de argamassas, principalmente quando se trata da utilização deles como substituintes dos aglomerantes. No Gráfico 7 apresenta-se os tipos de cimento que foram utilizados nos estudos selecionados.

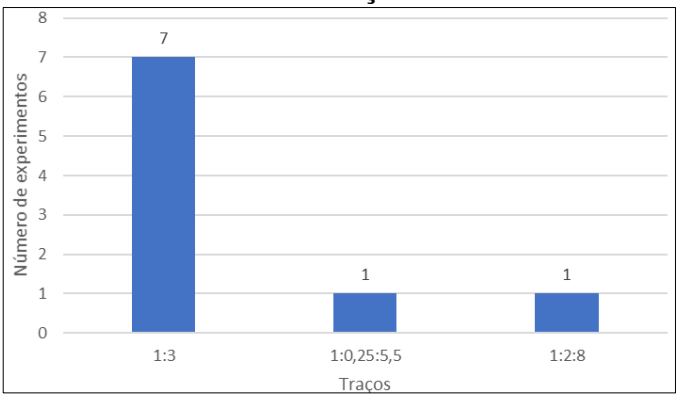
Gráfico 7 - Tipos de cimentos testados



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se entre os estudos selecionados que seis dos nove trabalhos são internacionais e utilizaram como aglomerante o cimento CEM I. Outro fato que cabe destacar é que sete pesquisas testaram a influência em argamassas hidráulicas com traço de referência desenvolvido nas proporções 1:3 (cimento e areia), conforme observa-se no Gráfico 8.

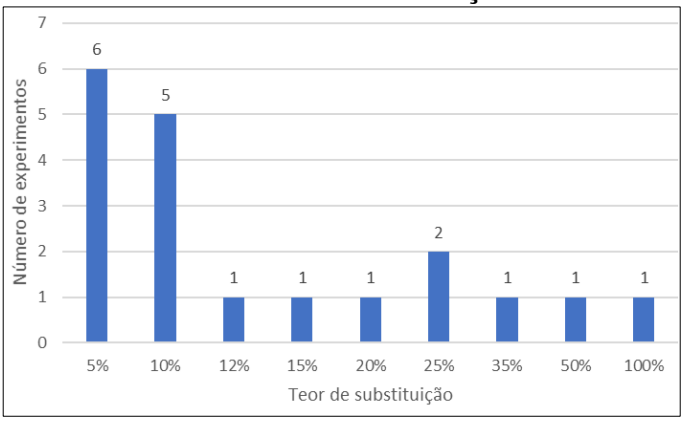
Gráfico 8 - Traços testados



Fonte: Elaboração própria.

Os teores de substituição aplicados nos trabalhos apresentados na Tabela 3 variaram de 5% a 100%. No entanto, verifica-se, no Gráfico 9, que os teores de 5 e 10% foram os mais aplicados entre os experimentos avaliados.

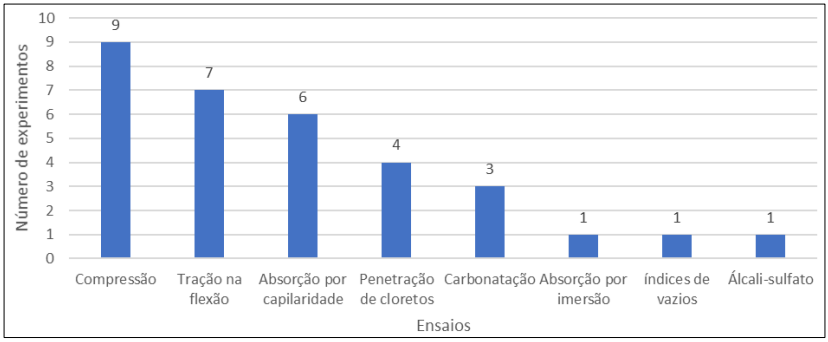
Gráfico 9 - Teores de substituição testados



Fonte: Elaboração própria.

Para verificar a influência da substituição do cimento por resíduo, as misturas foram testadas por ensaios mecânicos e físicos. No Gráfico 10 são apresentados os ensaios realizados. Nota-se que todos os estudos foram testados mecanicamente quanto a resistência à compressão. Já entre os parâmetros físicos, o ensaio de absorção por capilaridade foi o que apresentou maior números de experimentos.

Gráfico 10 - Ensaios realizados



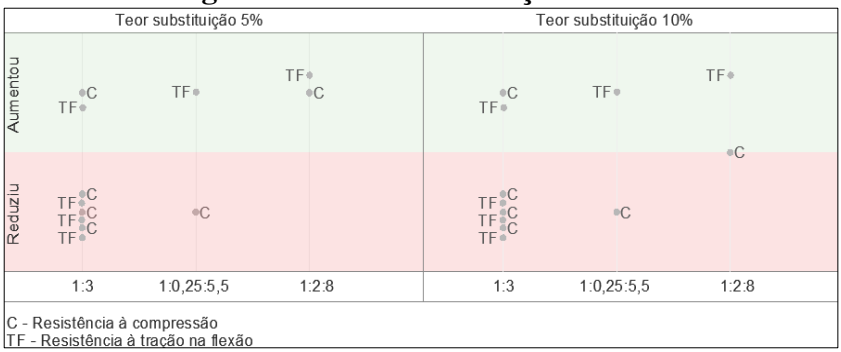
Fonte: Elaboração própria.

Para verificar a influência da substituição do aglomerante por resíduos no desempenho mecânico das argamassas, selecionou-se os dois teores mais testados (5 e 10%) e analisou-se o comportamento das argamassas no ensaio de resistência à compressão e resistência à tração na flexão. O resultado dessa análise é apresentado no Gráfico 11.

Os resultados, apresentados no Gráfico 11, demonstram que 75% dos estudos que utilizaram a proporção 1:3 (cimento e areia) apresentaram resistência inferior ao traço de referência para os dois teores de substituição testados, tanto para resistência à compressão quanto para resistência à tração na flexão. Além disso, observa-se

que o traço misto 1:0,25:5,5 (cimento, cal e areia) não apresentou diferença de comportamento entre os teores de substituição de 5 e 10%. Já no traço 1:2:8 (cimento, cal e areia), identifica-se que o teor de 5% melhorou o desempenho mecânico das misturas e o teor de 10% não interferiu na resistência à compressão delas.

Gráfico 11 - Comportamento mecânico das argamassas com substituição de 5 e 10%

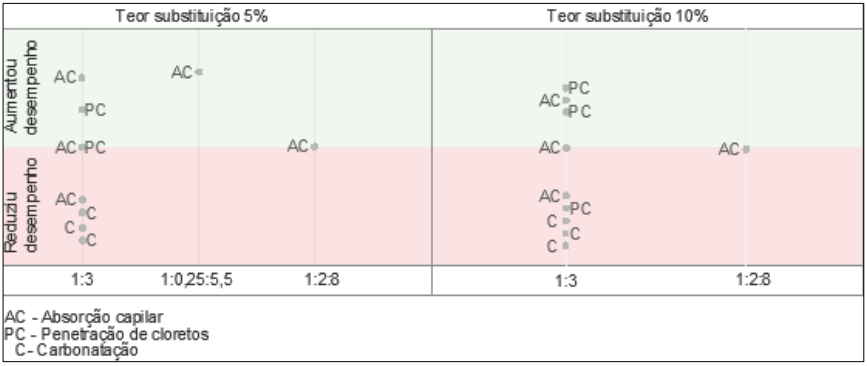


Fonte: Elaboração própria.

Da mesma forma, os três parâmetros físicos com maior incidência de experimentos foram analisados, sendo eles: absorção de água por capilaridade, penetração de cloretos e carbonatação. O Gráfico 12 traz o resumo desta análise.

Os dados do Gráfico 12 indicam que os três estudos, que testaram a profundidade de carbonatação das misturas, apresentaram acréscimo de área carbonatada, demonstrando que os teores de substituição de 5 e 10% reduziram o desempenho da argamassa frente à carbonatação. Já com relação à penetração de cloretos, observa-se que a adição dos resíduos melhora o desempenho das misturas. Por fim, no que diz respeito à absorção de água por capilaridade, nota-se um comportamento variado entre os estudos.

Gráfico 12 - Comportamento físico das argamassas com substituição de 5 e 10%



Fonte: Elaboração própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da relevância do tema, nota-se, diante das informações apresentadas, que ainda são poucos os estudos que testam a incorporação de resíduos de construção civil em argamassas, principalmente quando se trata da substituição do aglomerante. Isso reforça a importância do desenvolvimento de estudos acerca dessa temática.

Considerando os estudos selecionados, é notável que o aglomerante mais utilizado nas pesquisas nacionais é o cimento Portland CP II. Já em relação aos traços utilizados, percebe-se uma variada relação de proporções testadas, sendo que os traços com maior incidência de experimentos foram as frações 1:3 e 1:2:8, para as misturas hidráulicas e mistas, respectivamente. Já com relação aos teores de substituição, verificou-se que o menor percentual testado foi de 5% e o maior foi de 100%. Com relação aos ensaios realizados

para testar o desempenho das misturas, constata-se que o ensaio de resistência à compressão foi realizado em todos os trabalhos.

Analisando os dados dos ensaios das pesquisas selecionadas, observa-se que os resultados obtidos foram diversificados. Entre as argamassas com substituição do agregado, verifica-se que a utilização do resíduo contribui para o aumento da absorção de água e redução da densidade de massa das misturas. Além disso, nota-se que os traços 1:4, 1:4,5, 1:2:8 e 1:2:9 apresentaram aumento na resistência mecânica. Já as argamassas que testaram a substituição do aglomerante por resíduos apresentaram resultados heterogêneos para os parâmetros físicos e tendência de redução do desempenho mecânico nos traços hidráulicos.

Por fim, considerando a importância de pesquisas que busquem alternativas para minimizar os impactos ambientais causados pela indústria da construção civil, sugere-se, como tema para futuras pesquisas, uma revisão integrativa de literatura que busque os efeitos da incorporação de resíduos de outros segmentos industriais, como por exemplo: resíduos agrícolas, resíduos de cerâmica vermelha e resíduos de rochas ornamentais.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021”. **ABRELPE** [2021]. Disponível em: <www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 04/04/22.

AGUIAR, N. C. *et al*. “Utilização de resíduo de construção civil (RCC) na produção de argamassas”. **Anais do 73º Congresso Anual da ABM – Internacional**. São Paulo: ABM, 2018.

ALONSO, A. M. J. **Resíduos de vidro e resíduos de construção e demolição no cimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Porto: UP, 2016.

ANDRADE, J. J. O; SQUIAVON J. Z.; ORTULAN, T.L. P. "Evaluation of mechanical properties and carbonation of mortars produced with construction and demolition waste". **Construction and Building Materials**, vol. 161, 2018.

ARAÚJO, N. N. **Desempenho de argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da Grande Natal-RN** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Natal: UFRN, 2014.

AZEVEDO, A. R. G. *et al*. "Analysis of the compactness and properties of the hardened state of mortars with recycling of construction and demolition waste (CDW)". **Journal of Materials Research and Technology**, vol. 9, n. 3, 2020.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. "O método da revisão integrative nos estudos organizacionais". **Revista Gestão e Sociedade**, vol. 5, n. 11, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 307, de 05 de julho de 2002**. Brasília: CONAMA, 2002. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acessado em: 04/04/2022

CARASEK, H. *et al*. "Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e revestimento". **Revista Cerâmica**, vol. 64, n. 370, 2018.

FERREIRA, R. L. S. **Efeitos da incorporação de areia reciclada de resíduos de construção e demolição (RCD) em argamassas mistas de revestimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Natal: UFRN, 2017.

FERREIRA, R.; BRUNO, G.; ANJOS, M. A. S. "Caracterização e estudo comparativo entre dosagens de argamassas para revestimento, utilizando resíduos da construção civil (RCC) oriundos da Grande Natal/RN". **Anais do II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**. João Pessoa: CLBMCS, 2016.

FORMIGONI, W. F. *et al*. "Substituição do cimento Portland por resíduo de placa cerâmica em argamassa". **Revista Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, vol. 16, n. 1, 2019.

HAUBRICK, S. C. O. P.; GONÇALVES, J. R. M. R. "Medidas de redução de geração de resíduos sólidos na construção civil como atendimento dos requisitos de sustentabilidade do PBQP-H/SIAC". **Revista Augustus**, vol. 25, n. 50, 2020.

HONGZHENG, L. *et al*. "Properties of mortar with recycled cement". **Applied Mechanics and Materials**, vol. 193, 2012.

JESUS, S. *et al*. "Rendering mortars with incorporation of very fine aggregates from construction and demolition waste". **Construction and Building Materials**, vol. 229, 2019.

JOCHEM, L. F. **Efeito do agregado reciclado dos resíduos de construção e demolição na retenção dos metais pesados em processos de solidificação e estabilização** (Tese de Doutorado em Engenharia Civil). Florianópolis: UFSC, 2017.

JOCHEM, L. F. **Estudo das argamassas de revestimento com RCD** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Florianópolis: UFSC, 2012.

KIM, Y. J.; CHOI, Y. W. "Utilization of waste concrete powder as a substitution material for cement". **Construction and Building Materials**, vol. 30, 2012.

KRUGER, P. *et al*. "Influência do teor de material pulverulento (<75 μm) do agregado miúdo de resíduos de construção e demolição em argamassas de cimento Portland". **Revista Cerâmica**, vol. 66, 2020.

MARTINEZ, P. S. *et al*. "Comparative study of three types of fine recycled aggregates from construction and demolition waste (CDW), and their use in masonry mortar fabrication". **Journal of Cleaner Production**, vol. 118, 2016

MENEZES, R. R. *et al.* "Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas". **Revista Cerâmica**, vol. 55, n. 335, 2009.

MONTE JÚNIOR, I. V. **Influência do agregado reciclado de concreto no comportamento de argamassas mistas para uso em revestimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Natal: UFRN,2017.

MORALES, B. R. S. C. **Avaliação da Influência das Frações de Agregado Reciclado nas Propriedades das Argamassas de Revestimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Florianópolis: UFSC, 2015.

PAULA, P. R. F. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**

(Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Recife: UNICAP, 2010.

PEREIRA, C. I. S. **Resíduos de construção e demolição como substituto parcial do cimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Porto: UP, 2015.

PIMENTEL, L. L. *et al*. "Argamassa com areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil – avaliação de características físicas e mecânicas". **Revista Matéria**, vol. 23, n. 1, 2018.

ROCHA, A. S. C.; REZENDE, K. S. "Análise da viabilidade de reutilização do material de demolição da construção civil voltada à produção de argamassas para revestimento". **UniScientiae**, vol. 1, n. 1, 2018.

ROCHA, T. S. V. **Resíduos de construção e demolição como substituto parcial do cimento**: efeito na durabilidade em materiais cimentícios (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Porto: UP, 2016.

SÁ, M. V.; MALHEIROS, A. J. A.; SANTANA, C. G. "A importância da resolução CONAMA 307 para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil". **DocPlayer** [2018]. Disponível em: <www.docplayer.com.br>. Acesso em: 02/01/2022.

SCHILLER, A. P. S.; PALIGA, C. M.; TORRES, A. S. "Estudo da potencialidade da substituição parcial do cimento por resíduos da construção civil em argamassa de revestimento". **Research, Society and Development**, vol. 10, n. 8, 2021.

SILVA, A. F. C. **Resíduos de mármore e resíduos de construção e demolição no cimento** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Porto: UP, 2016.

SILVA, L. S. *et al*. "Incorporação de resíduos de polimento de placas de mármore e granito em argamassas colantes industrializadas AC-I". **Revista de Ciência e Tecnologia**, vol. 4, n. 7, 2018.

SOUZA, J. S.; LEITE, M. B. "Avaliação da produção e comportamento de argamassas com agregados reciclados de resíduo da construção e demolição". **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n. 10, 2020.

VALPORTO, M. S.; AZEVEDO, S. "Gestão do design na identificação dos fatores de impactos ambientais da construção civil". **Estudos em Design**, vol. 24, n. 1, 2016.

WICHROWSKA, K. K.; KAZBERUK, M. K.; PAWLUCZUK, E. "The properties of composites with recycled cement mortar used as a supplementary cementitious material". **Materials Research**, vol. 13, n. 64, 2020.

ZINA, C. M.; BLUMENSCHEIN, R. N.; DURANTE, L. C. "Atributos de desempenho ambiental: um estudo sobre as potencialidades, dificuldades e soluções para o futuro". Anais do IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Florianópolis: UFSC, 2020.

CAPÍTULO 4

Viabilidade do Aproveitamento de Resíduos Sólidos de Estação de Tratamento de Água na Produção de Blocos Cerâmicos

VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS

Elísio Luís Gonzaga da Silva

Gilza Maria Piedade Prazeres

Fernando Carvalho Silva

Adeilton Pereira Maciel

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao enfrentamento dos principais problemas ambientais. Principalmente, aqueles decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. A PNRS prevê a prevenção, a redução na geração dos resíduos, propõe a prática de hábitos de consumo sustentável e instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Segundo essa política, a busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais e, se manejados adequadamente, os resíduos sólidos podem adquirir valor comercial, podendo ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos (BRASIL, 2010).

No caso do tratamento de água, a maior parte das massas dos lodos em Estações de tratamento de água (ETAs) convencionais é acumulada nos decantadores e as outras parcelas de resíduos nos filtros. Dependendo do tipo de coagulante usado, os lodos dos decantadores podem conter hidróxidos de ferro ou de alumínio, partículas inorgânicas, coloides e resíduos orgânicos. No Brasil, há relatos de que algumas ETAs fazem a disposição final inadequada

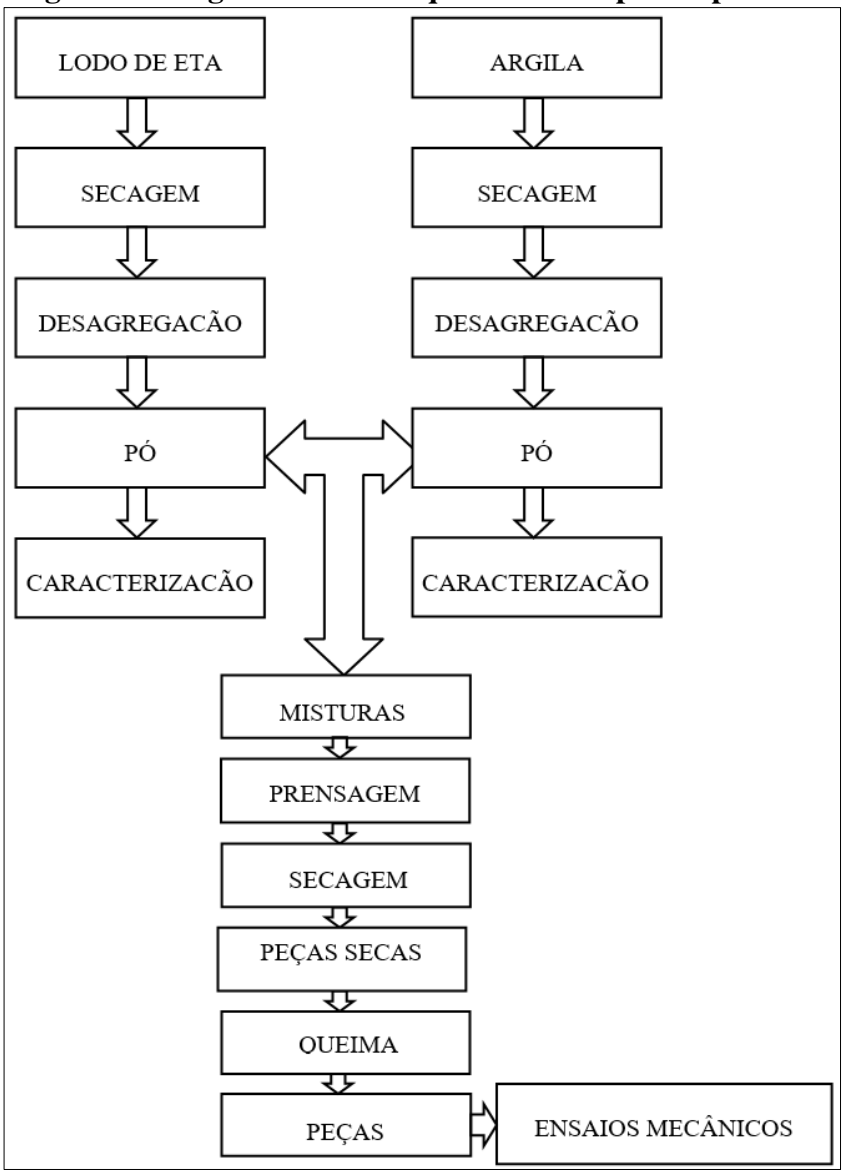
do seu lodo nos sistemas hídricos mais próximos ou são jogados em aterros sanitários, no solo ou submetidos a processos de incineração (CORDEIRO, 2001).

Preocupados com os impactos ambientais que podem ser decorrentes dessas ações, pesquisadores estão buscando alternativas de disposição, aproveitamento e uso benéfico desse resíduo, que além de vantagem econômica pode ser utilizado como insumo. Uma alternativa interessante para a reciclagem desse resíduo e uma possível solução para destinação ambientalmente correta, que vem sendo considerada por diversos pesquisadores e acadêmicos, é a incorporação do lodo na cerâmica vermelha. Isso é possível em função de sua composição química, física e mineralógica ser muito semelhante a composição das argilas. Essa alternativa importante pode contribuir positivamente com a conservação dos mananciais utilizados pelas ETAs. Além disso, pode reduzir o consumo das argilas, aumentando a vida útil de aterros sanitários e contribuindo para a melhoria da qualidade do solo (BIDONE *et al*., 2001).

Neste capítulo mostramos uma alternativa ambientalmente correta para a destinação dos lodos de ETAs, por meio da sua utilização como carga em argila para produção de cerâmicas vermelhas e da avaliação de qualidade, por meio de requisitos técnicos, das peças obtidas.

O diagrama ilustrado na Figura 1 mostra a metodologia seguida neste trabalho. Inicialmente, as amostras da argila e do lodo foram submetidas a um tratamento de secagem a 70°C por 24h, em seguida, as amostras foram moídas e peneiradas (Tyler 60). Os pós da argila e do lodo foram caracterizados por medidas espectrométricas de Fluorescência de Raios X (XRF), Difração de Raios X (XRD) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Foram realizadas as seguintes caracterizações térmicas: Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Análise Termogravimétrica (TG) e Análise Térmica Diferencial (DTA) (SILVA; MACIEL, 2019).

Figura 1 - Diagrama com a sequência de etapas do processo



Fonte: Elaboração própria.

Foram preparadas e compactadas as massas de argila pura e com lodo nas seguintes percentagens: 5, 10, 15, 20 e 25%. O procedimento para preparação dos corpos de prova e a caracterização estrutural e morfológica foram descritos em detalhes por SILVA e MACIEL (2019). Nos corpos de prova foram investigadas as seguintes propriedades tecnológicas: Retração Linear de Queima, Tensão de Ruptura à Flexão, Absorção de Água, Porosidade aparente, Massa Específica Aparente e Perda ao Fogo.

Aqui abordaremos sobre as matérias-primas usadas e como os corpos de prova foram produzidos com suas respectivas composições. Em seguida, apresentamos os protocolos para realização dos ensaios de resistência e os valores calculados a partir dos ensaios tecnológicos para os corpos de provas obtidos. Por fim, mostramos a viabilidade do uso de lodos de ETAs, como carga em argila para produção de cerâmicas vermelhas.

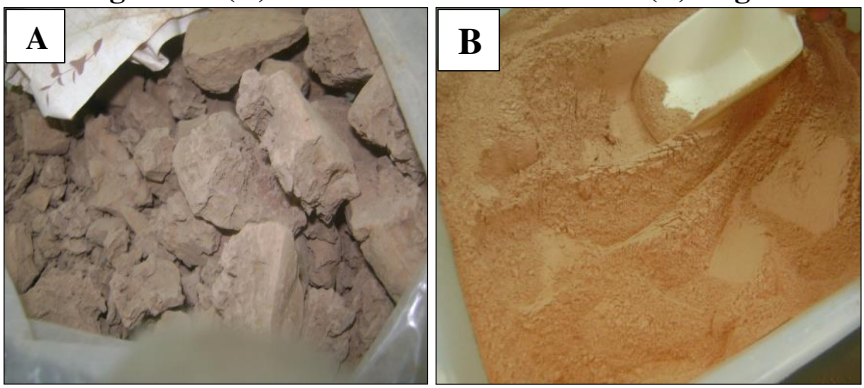
MATÉRIAS-PRIMAS E CORPOS DE PROVA

As amostras de lodo e argila (Figura 2) foram cedidas pelo Laboratório de Processamento Cerâmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do *Maranhão – IFMA*, já submetidas a um processo prévio e inicial de secagem, para eliminação de água, e acondicionadas em sacos de polietileno.

A argila bruta foi coletada no município de Imperatriz, no estado do Maranhão e o lodo bruto foi colhido nos decantadores da ETA do Sacavém, em São Luís-MA.

A ETA do Sacavém é do tipo convencional, onde são realizadas as etapas de correção do pH, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. A identificação dos corpos de prova está disponível na Tabela 1.

Figura 2 - (A) Amostra de lodo de ETA e (B) Argila



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1 - Identificação dos 62 corpos de prova gerados

Código	8 CORPOS DE PROVA DE ARGILA PURA
1A	Corpo de prova nº 1 de argila pura
2A	Corpo de prova nº 2 de argila pura
3A	Corpo de prova nº 3 de argila pura
4A	Corpo de prova nº 4 de argila pura
5A	Corpo de prova nº 5 de argila pura
6A	Corpo de prova nº 6 de argila pura
7A	Corpo de prova nº 7 de argila pura
8A	Corpo de prova nº 8 de argila pura
Código	**10 CORPOS DE PROVA DE ARGILA COM 5% DE LODO**
1LA5%	Corpo de prova nº 1 de argila com 5% de lodo
2LA5%	Corpo de prova nº 2 de argila com 5% de lodo
3LA5%	Corpo de prova nº 3 de argila com 5% de lodo
4LA5%	Corpo de prova nº 4 de argila com 5% de lodo
5LA5%	Corpo de prova nº 5 de argila com 5% de lodo
6LA5%	Corpo de prova nº 6 de argila com 5% de lodo
7LA5%	Corpo de prova nº 7 de argila com 5% de lodo
8LA5%	Corpo de prova nº 8 de argila com 5% de lodo
9LA5%	Corpo de prova nº 9 de argila com 5% de lodo
11LA5%	Corpo de prova nº 11 de argila com 5% de lodo
Código	**12 CORPOS DE PROVA DE ARGILA COM 10% DE LODO**
1LA10%	Corpo de prova de argila nº 1 com 10% de lodo
2LA10%	Corpo de prova de argila nº 2 com 10% de lodo
3LA10%	Corpo de prova de argila nº 3 com 10% de lodo

4LA10%	Corpo de prova de argila nº 4 com 10% de lodo
5LA10%	Corpo de prova de argila nº 5 com 10% de lodo
6LA10%	Corpo de prova de argila nº 6 com 10% de lodo
7LA10%	Corpo de prova de argila nº 7 com 10% de lodo
8LA10%	Corpo de prova de argila nº 8 com 10% de lodo
9LA10%	Corpo de prova de argila nº 9 com 10% de lodo
10LA10%	Corpo de prova de argila nº 10 com 10% de lodo
11LA10%	Corpo de prova de argila nº 11 com 10% de lodo
12LA10%	Corpo de prova de argila nº 12 com 10% de lodo
Código	**12 CORPOS DE PROVA DE ARGILA COM 15% DE LODO**
1LA15%	Corpo de prova de argila nº 1 com 15% de lodo
2LA15%	Corpo de prova de argila nº 2 com 15% de lodo
3LA15%	Corpo de prova de argila nº 3 com 15% de lodo
4LA15%	Corpo de prova de argila nº 4 com 15% de lodo
6LA15%	Corpo de prova de argila nº 6 com 15% de lodo
7LA15%	Corpo de prova de argila nº 7 com 15% de lodo
8LA15%	Corpo de prova de argila nº 8 com 15% de lodo
9LA15%	Corpo de prova de argila nº 9 com 15% de lodo
10LA15%	Corpo de prova de argila nº 10 com 15% de lodo
11LA15%	Corpo de prova de argila nº 11 com 15% de lodo
12LA15%	Corpo de prova de argila nº 12 com 15% de lodo
13LA15%	Corpo de prova de argila nº 13 com 15% de lodo
Código	**10 CORPOS DE PROVA DE ARGILA COM 20% DE LODO**
2LA20%	Corpo de prova de argila nº 2 com 20% de lodo
3LA20%	Corpo de prova de argila nº 3 com 20% de lodo
4LA20%	Corpo de prova de argila nº 4 com 20% de lodo
5LA20%	Corpo de prova de argila nº 5 com 20% de lodo
6LA20%	Corpo de prova de argila nº 6 com 20% de lodo
7LA20%	Corpo de prova de argila nº 7 com 20% de lodo
8LA20%	Corpo de prova de argila nº 8 com 20% de lodo
9LA20%	Corpo de prova de argila nº 9 com 20% de lodo
10LA20%	Corpo de prova de argila nº 10 com 20% de lodo
11LA20%	Corpo de prova de argila nº 11 com 20% de lodo
Código	**10 CORPOS DE PROVA DE ARGILA COM 25% DE LODO**
1LA25%	Corpo de prova de argila nº 1 com 25% de lodo
2LA25%	Corpo de prova de argila nº 2 com 25% de lodo
3LA25%	Corpo de prova de argila nº 3 com 25% de lodo
4LA25%	Corpo de prova de argila nº 4 com 25% de lodo
5LA25%	Corpo de prova de argila nº 5 com 25% de lodo
6LA25%	Corpo de prova de argila nº 6 com 25% de lodo
7LA25%	Corpo de prova de argila nº 7 com 25% de lodo
8LA25%	Corpo de prova de argila nº 8 com 25% de lodo
9LA25%	Corpo de prova de argila nº 9 com 25% de lodo
10LA25%	Corpo de prova de argila nº 10 com 25% de lodo

Fonte: Elaboração própria.

PROTOCOLOS PARA OS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA

Para se medir a resistência foi feita a análise da força flexão de ruptura em três pontos. Este ensaio foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do *Maranhão – IFMA*, no Laboratório de Ensaios Mecânicos, em uma máquina de ensaio mecânico universal Emic DL30000N, de acordo com a norma ASTM C674-88 (ASTM, 1999). De acordo com essa norma o valor da Tensão de Ruptura à Flexão, após a sinterização, pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$TRF = \frac{3.P.L}{2.b.h^2},$$

em que, *TRF* é a tensão de ruptura à flexão (MPa), *P* é a carga máxima em Newtons (N) atingida no momento da ruptura, *L* é a distância entre os apoios (mm), *h* é a altura ou espessura do corpo de prova (mm) e *b* é a largura do corpo de prova (mm) (ASKELAND, 2008).

Figura 3 - Corpo de prova submetido à força flexão de ruptura em três pontos



Fonte: Elaboração própria.

Os corpos de prova foram ensaiados à flexão, biapoiados, com aplicação de uma carga concentrada no ponto médio do vão livre, conforme mostrado na Figura 3, com uma velocidade equivalente a 0,8 mm/min.

A Retração Linear de Queima foi obtida de acordo com ASTM C210-95 (ASTM, 1999), por meio da seguinte equação:

$$RLQ = \frac{L_s - L_q}{L_s} \cdot 100,$$

em que, L_s é o comprimento do corpo de prova após o mesmo ser submetido ao processo de secagem na estufa e L_q é o comprimento do corpo de prova após o mesmo ser submetido ao processo de Queima.

A porcentagem de absorção de água pode ser calculada pela seguinte equação (NBR 15270-3, 2005):

$$AA = \frac{(M_u - M_q)}{M_q} \cdot 100,$$

em que, *AA* é a Absorção de Água dada em porcentagem, M_u é a massa, em gramas do corpo de prova saturado ou úmido em água e M_q é a massa, em gramas, do corpo após a queima.

Para a Porosidade Aparente dos corpos de prova foi utilizado o método de ensaio da norma ASTM C373-88 (ASTM, 2006), de acordo com a equação:

$$PA = \frac{M_u - M_q}{M_u - M_i} \cdot 100,$$

em que, PA é a porosidade aparente dada em porcentagem, M_u é a massa (g) do corpo de prova saturado ou úmido em água, M_q é a massa (g) do corpo após a queima e M_i é a massa do corpo imerso em água, medido pelo método da balança hidrostática.

A Massa Específica Aparente dos corpos de prova foi determinada também de acordo com a norma ASTM C373-88 (ASTM, 2006), por meio da equação:

$$MEA = \frac{M_q}{M_u - M_i} \cdot \alpha_a,$$

em que, M_q é a massa (g) dos corpos de prova após a queima, M_u é a massa (g) do corpo de prova saturado ou úmido, M_i é a massa (g) do corpo imerso em água, medido pelo método da balança hidrostática e α_a é a massa específica da água (1g/cm^3).

A porcentagem de Perda ao Fogo (PF) dos corpos de prova foi determinada com o auxílio de um forno mufla. Após o aquecimento dos corpos em até 950°C, a variação de massa dos corpos pode ser calculada pela seguinte expressão (COCCHI, 2002):

$$PF = \frac{M_s - M_q}{M_s} \cdot 100,$$

em que, M_s é a massa (g) do corpo de prova após o mesmo ser submetido ao processo de secagem a 110°C na estufa e M_q é a massa (g) do corpo após ser submetido ao processo de queima em até 950°C.

Os ensaios realizados nos 31 corpos de prova estão descritos na Tabela 2.

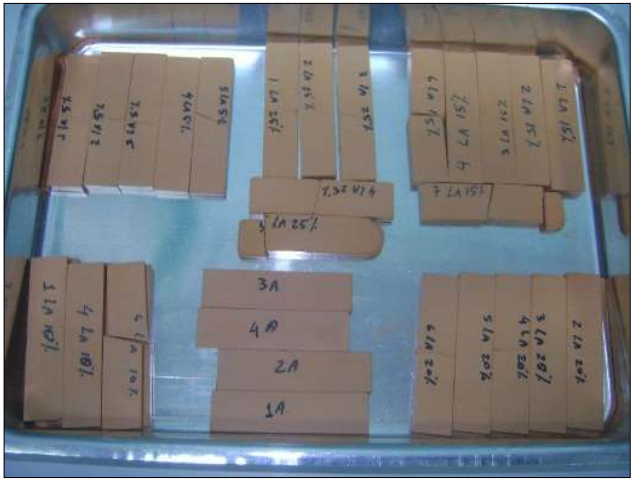
Tabela 2 - Ensaios tecnológicos de TRF realizados em 31 corpos de prova

	ENSAIO TECNOLÓGICO DE TRF					
	ARGILA PURA	5% LODO	10% LODO	15% LODO	20% LODO	25% LODO
PEÇAS	1A	1LA5%	1LA10%	1LA15%	2LA20%	1LA25%
	2A	2LA5%	2LA10%	2LA15%	3LA20%	2LA25%
	3A	3LA5%	3LA10%	3LA15%	4LA20%	3LA25%
	4A	4LA5%	4LA10%	4LA15%	5LA20%	4LA25%
	-	5LA5%	5LA10%	6LA15%	6LA20%	5LA25%
	-	-	6LA10%	7LA15%	-	-
Qda.*	4	5	6	6	5	5
Total	31					

Fonte: Elaboração própria. Nota: *Quantidade.

A maioria das peças foi quebrada em duas partes, outras poucas em três partes e em algumas delas não ficou muito visível à ruptura. A Figura 4 mostra os corpos de prova após o ensaio de Tensão de Ruptura à Flexão.

Figura 4 - Corpos de prova após o ensaio de Tensão de Ruptura à Flexão



Fonte: Elaboração própria.

Os demais 31 corpos de prova, não submetidos à quebra, foram separados para a realização dos ensaios de AA, MEA e PA, os quais requerem a Balança de Arquimedes. Os ensaios realizados nos 31 corpos de prova estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Ensaios tecnológicos de AA, MEA, PA realizados em 31 corpos de prova

	ENSAIOS TECNOLÓGICOS					
	ARGILA PURA	5% LODO	10% LODO	15% LODO	20% LODO	25% LODO
PEÇAS	5A	6LA5%	7LA10%	8LA15%	7LA20%	6LA25%
	6A	7LA5%	8LA10%	9LA15%	8LA20%	7LA25%
	7A	8LA5%	9LA10%	10LA15%	9LA20%	8LA25%
	8A	9LA5%	10LA10%	11LA15%	10LA20%	9LA25%
	-	11LA5%	11LA10%	12LA15%	11LA20%	10LA25%
	-	-	12LA10%	13LA15%	-	-
Qda.*	4	5	6	6	5	5
Total	31					

Fonte: Elaboração própria. Nota: *Quantidade.

Após esse ensaio todas as peças apresentaram umidade e foram guardadas em recipiente plástico. A Figura 5 mostra alguns corpos de prova após os ensaios tecnológicos realizados com a Balança de Arquimedes.

Figura 5 - Corpos de prova após o ensaio da Balança Hidrostática



Fonte: Elaboração própria.

Todos os corpos de prova, antes de passarem pelo ensaio de TRF e dos ensaios obtidos usando a Balança de Arquimedes, foram submetidos aos ensaios de RLQ e PF. Os ensaios realizados nos 62 corpos de prova estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Ensaios tecnológicos de RLQ e PF realizados em 62 corpos de prova

	ENSAIOS TECNOLÓGICOS					
	ARGILA PURA	5% LODO	10% LODO	15% LODO	20% LODO	25% LODO
P E Ç A S	1A	1LA5%	1LA10%	1LA15%	2LA20%	1LA25%
	2A	2LA5%	2LA10%	2LA15%	3LA20%	2LA25%
	3A	3LA5%	3LA10%	3LA15%	4LA20%	3LA25%
	4A	4LA5%	4LA10%	4LA15%	5LA20%	4LA25%
	5A	5LA5%	5LA10%	6LA15%	6LA20%	5LA25%
	6A	6LA5%	6LA10%	7LA15%	7LA20%	6LA25%
	7A	7LA5%	7LA10%	8LA15%	8LA20%	7LA25%
	8A	8LA5%	8LA10%	9LA15%	9LA20%	8LA25%
	-	9LA5%	9LA10%	10LA15%	10LA20%	9LA25%
	-	11LA5%	10LA10%	11LA15%	11LA20%	10LA25%
	-	-	11LA10%	12LA15%	-	-
	-	-	12LA10%	13LA15%	-	-
Qd.*	8	10	12	12	10	10
Total	62					

Fonte: Elaboração própria. Nota: *Quantidade.

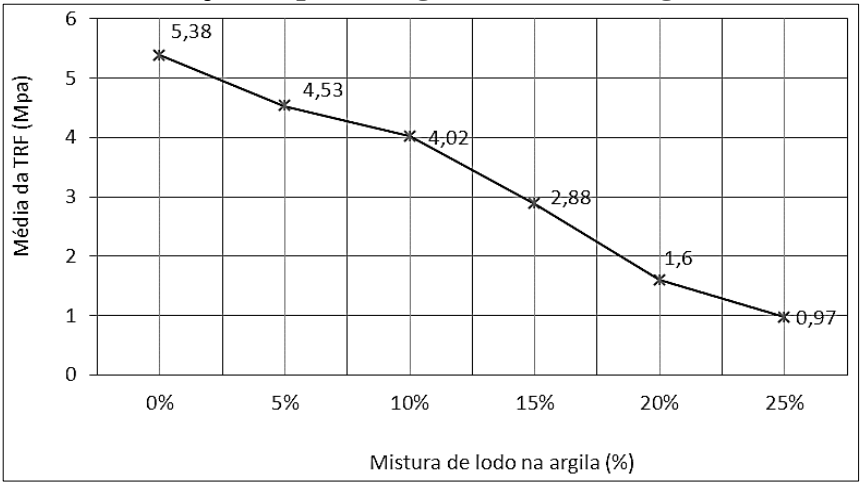
VALORES CALCULADOS A PARTIR DOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Os Ensaios tecnológicos de Retração Linear de Queima e Perda ao Fogo foram realizados, antes do ensaio de Tensão de Ruptura à Flexão, em 62 corpos de prova. Os ensaios de TRF foram realizados em 31 corpos de prova. Os ensaios de Absorção de Água, Massa específica Aparente e Porosidade Aparente foram realizados nos outros 31 corpos de prova restantes. Porém, para efeitos estatísticos qualitativos, esses ensaios tecnológicos foram feitos em 24 corpos de prova, sendo 4 corpos sem adição de lodo (0%) e 20 corpos misturados com 5, 10, 15, 20 e 25% de lodo, distribuídos 4 corpos para cada porcentagem de mistura.

Ensaios de Tensão de Ruptura à Flexão

A Figura 6 mostra os valores médios encontrados, em MPa, nos ensaios de TRF dos corpos de prova, confeccionados com e sem adição de lodo, submetidos ao processo de queima a 950°C.

Figura 6 - Variação da TRF em função da percentagem de lodo na argila



Fonte: Elaboração própria.

Pelo resultado mostrado na Figura 6, quanto maior é a porcentagem de lodo na argila menor é o valor da Tensão de Ruptura à Flexão, o que exige até certo cuidado nos manuseios dos corpos de provas. A média da Tensão Máxima para os 4 corpos de prova misturados com 10% de lodo correspondente a 4,57 MPa, apresentou-se acima do resultado esperado e não ficou coerente com o desvio padrão. Provavelmente, tal resultado está relacionado a algum erro de processamento do ensaio dos corpos. Esse resultado

exigiu o emprego de um tratamento estatístico específico, no caso, o Teste Q. Portanto, para uma confiabilidade de 99% a nova medida da Tensão Máxima chegou a 4,02, conforme mostra a Figura 6.

Segundo ABNT NBR 7170:1983, a resistência mínima à compressão em tijolos comuns maciços para a categoria A é 1,5 Mpa, para a categoria B é 2,5 Mpa e para a categoria C é 4,0. Segundo Souza Santos (1989) para que uma massa cerâmica possa ser usada para a fabricação de tijolos e telhas, os valores-limites da Tensão de Ruptura da massa após a queima são os seguintes:

- Para tijolos de alvenaria equivale a 20kgf/cm^2 (2 Mpa);
- Para tijolos furados equivale a 55kgf/cm^2 (5,5 Mpa);
- Para telhas equivale a 65kgf/cm^2 (6,5 Mpa).

Os resultados mostram que a massa argilosa, misturada com lodo a 20%, é adequada para a fabricação de tijolos maciços de categoria A. A massa argilosa, misturada com lodo de 5 a 15%, é adequada para a fabricação de tijolos maciços de categorias B. A massa argilosa, misturada com lodo de 5 a 10%, é adequada para a fabricação de tijolos maciços de categorias C. A massa argilosa pura é adequada para a fabricação de tijolos maciços, porém, é inadequada para fabricação de telhas e se aproximou para os valores padrões para fabricação de blocos perfurados.

Como o ensaio de TRF objetivou medir a resistência mecânica do produto, quando ele foi submetido a forças perpendiculares sobre suas faces, na prática, é fundamental que esse produto possua uma boa resistência com relação à pressão exercida pelo peso, por exemplo, de uma parede sobre o mesmo. Portanto, é importante atender aos critérios das normas vigentes a fim de evitar

rachaduras em paredes e outros desastres nos setores da construção civil.

Foi observado que todos os valores do ensaio de TRF foram diminuindo de acordo com a quantidade de lodo adicionado na argila. Provavelmente, esse fato pode estar relacionado ao aumento da porosidade do material devido à perda ao fogo que, como veremos mais adiante, aumentou com a adição de lodo na massa cerâmica.

Com o aumento da temperatura de queima os valores da TRF podem aumentar, visto que há um aumento na densificação dos corpos e, consequentemente, a redução da porosidade dos corpos de prova.

Todos os corpos de prova usados nesse ensaio apresentaram cor em tom avermelhado.

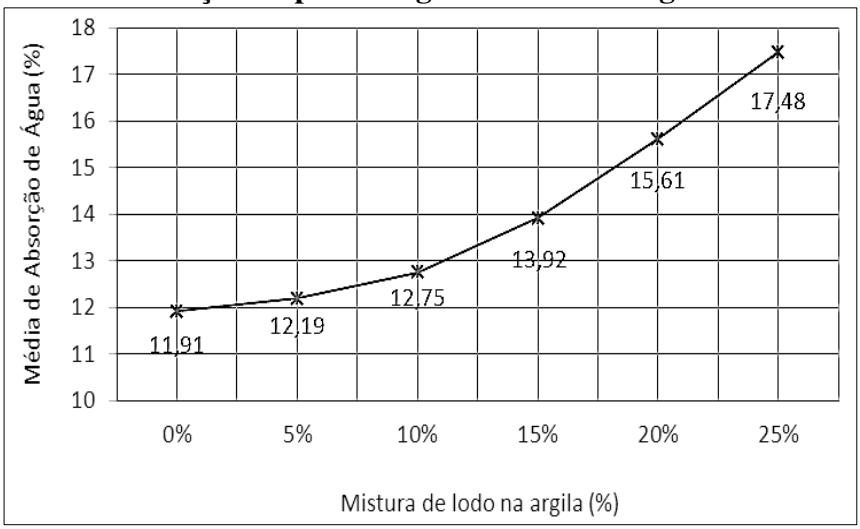
Absorção de Água

O ensaio tecnológico de Absorção de Água foi usado para verificar o percentual de água absorvida pelos corpos de prova, calculado por meio da diferença entre a massa úmida e a massa de queima dos corpos. É um importante fator que pode interferir na durabilidade do material cerâmico, pois, pode estar diretamente relacionado com sua resistência mecânica e com ataques químicos e físicos oriundos do meio no qual será empregado. Os valores referenciais de Absorção de Água estabelecidos pela ABNT NBR 15270-1:2005, para blocos cerâmicos e para alvenaria de vedação, são de no mínimo 8% e no máximo 22%.

A Figura 7 mostra os valores médios encontrados, em porcentagem, nos ensaios de Absorção de Água dos corpos de prova, confeccionados com e sem adição de lodo. Verificou-se que todas as composições queimadas, na temperatura de 950°C, não

ultrapassaram os valores de Absorção de Água, recomendados pela ABNT NBR 15270-1:2005.

Figura 7 - Absorção de Água em função da porcentagem de lodo na argila



Fonte: Elaboração própria.

Foi observado que quanto maior a quantidade de lodo incorporada à argila, maior o percentual de Absorção de Água. Essa condição, provavelmente, pode estar relacionada à quantidade de matéria orgânica no lodo, contribuindo assim para o aumento da porosidade do corpo de prova. Observamos que, na análise térmica do lodo, essa matéria orgânica foi significantemente eliminada entre 200°C e 800°C.

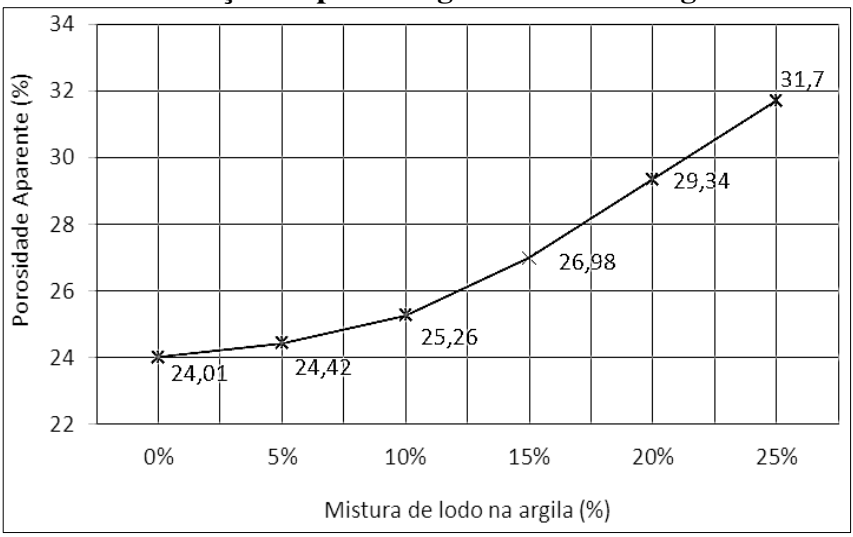
Na prática, em uma construção civil, tijolos com elevadas taxas de absorção de água podem absorver a água existente na

argamassa do reboco das paredes, tornando-a seca e sem poder de aderência.

Porosidade Aparente

A Figura 8 mostra os valores médios encontrados, em porcentagem, nos ensaios de Porosidade Aparente dos corpos de prova, confeccionados com e sem adição de lodo.

Figura 8 - Porosidade Aparente em função da porcentagem de lodo na argila



Fonte: Elaboração própria.

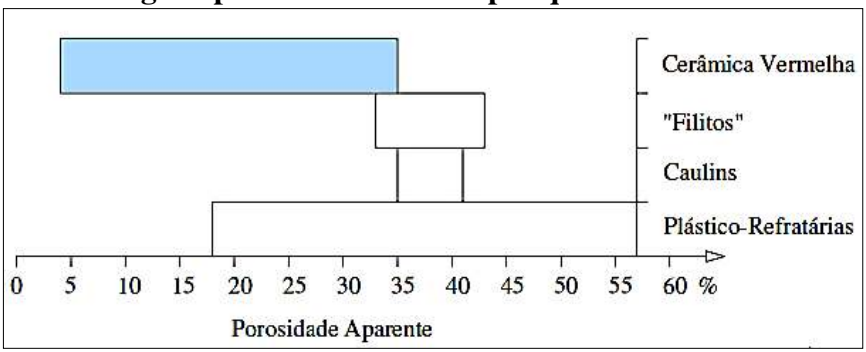
Os resultados sugerem que a Porosidade Aparente obteve maiores percentuais nas composições com adição de 25% de lodo e

menores percentuais na composição sem adição de lodo. Pudemos comparar os resultados da Absorção de água e da Porosidade Aparente e observar que há uma relação direta entre ambos: quando há o aumento da Porosidade Aparente acontece um aumento da Absorção de água.

Segundo Tartari (2008), a PA considera apenas os poros abertos que absorvem água e é um método preponderante para avaliação dos materiais cerâmicos que deve ser confrontado diretamente com os resultados da Massa Específica Aparente e Absorção de água, de forma a avaliar a influência térmica com o grau de sinterização dos corpos de prova, em função das propriedades físico-mecânicas.

De acordo com Souza Santos (1989), para a utilização da massa na produção de blocos cerâmicos, após a Queima, a Porosidade Aparente deve estar em torno de 4% até 35%, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Faixa de variação da PA das argilas-padrão brasileiras após queima a 950°C



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de: SOUZA SANTOS (1989. p. 205).

À medida que os corpos de prova foram recebendo energia térmica no processo de queima, suas massas específicas aumentaram e, consequentemente, suas porosidades diminuíram e suas resistências mecânicas melhoraram.

Uma grande quantidade de poros pode indicar que as peças não foram bem queimadas e influenciar na qualidade do produto. O aumento da Porosidade pode aumentar a Absorção de Água, diminuir a massa específica aparente da cerâmica, bem como sua resistência mecânica, condutibilidade térmica e elétrica.

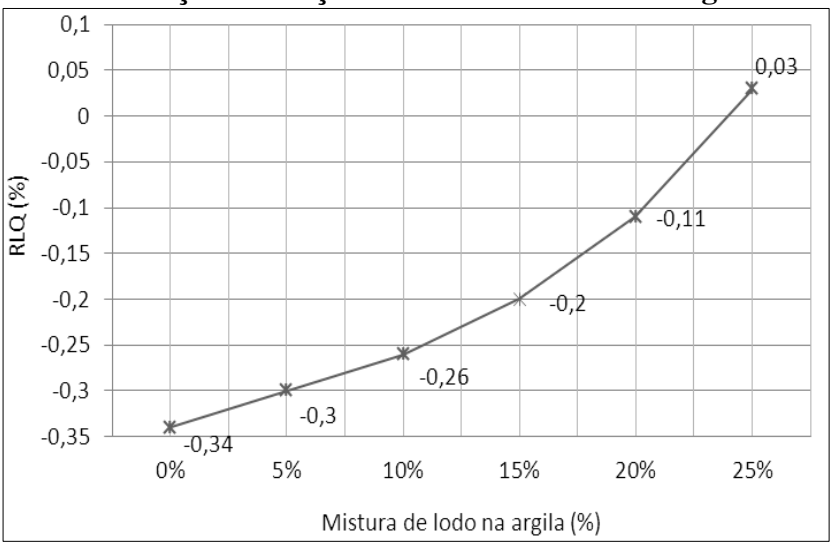
Retração Linear após a Queima (RLQ)

A média da Retração Linear de Queima para os 4 corpos de prova misturados com 5% de lodo, calculada do Anexo D, correspondente a -0,23% apresentou incoerência. Esse resultado exigiu o emprego do tratamento estatístico, Teste Q. Portanto, para uma confiabilidade de 99% a porcentagem chegou a -0,30%.

Os resultados obtidos, de acordo com a Figura 10, indicaram que a adição de lodo na massa cerâmica de 15 e 20% causaram expansão linear nos corpos de prova, respectivamente, de -0,2% e -0,11%. Observou-se uma retração linear de 0,03%, oriundo da adição de lodo na massa cerâmica de 25%. A adição de 5 e 10% de lodo apresentou uma expansão linear que se aproximou do ensaio realizado no corpo de prova somente com argila, ou seja, de -0,34%. Segundo Souza Santos (1989), geralmente, as argilas devem apresentar mínima retração durante a secagem, porém, alguns materiais apresentam uma pequena expansão, pois devido à retirada da peça do molde, onde estava comprimida, ela fica livre de tensões e aumenta de tamanho e isso ocorre frequentemente com materiais que possuem elevado teor de quartzo e são moldados com baixa

umidade. Assim, levando em consideração esse ensaio, a adição de 5 e 10% de lodo na mistura, pode ser adequada para a utilização na massa cerâmica, já que a expansão nessas peças pode ser considerada insignificante.

Figura 10 - Retração Linear de Queima em função da adição de lodo na mistura de argila



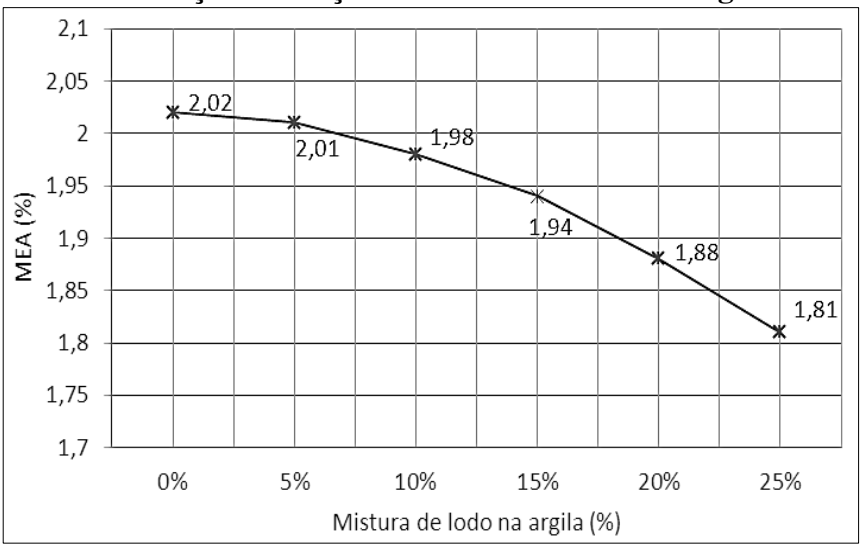
Fonte: Elaboração própria.

As matérias primas, lodo e argila, analisadas de acordo as técnicas de XRF e XRD são constituídas predominantemente por componentes que expressam o SiO_2. Portanto, devido ao SiO_2 ter um elevado ponto de fusão, ser um componente refratário e expresso majoritariamente nas matérias primas analisadas, provavelmente, ele foi um fator que contribuiu para a expansão linear dos corpos de prova.

Massa Específica Aparente

Os resultados deste ensaio, de acordo com a Figura 11, indicaram uma tendência de diminuição da densidade aparente à medida que houve aumento da adição de lodo na massa argilosa. Esse comportamento, provavelmente, foi devido ao tamanho ou ao aumento do número de poros nos corpos de prova, à volatilização da matéria orgânica e ao tamanho dos grãos. A pequena diferença na densidade de 2,02 g/cm^3 para 1,81 g/cm^3, com a relação às misturas de argila pura (0%) de lodo e 25%, respectivamente, pode ter favorecido na contribuição da expansão dos corpos de prova.

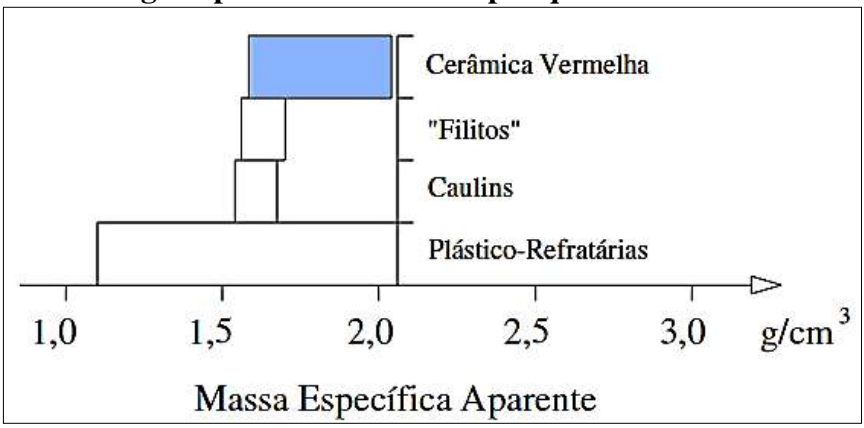
Figura 11 - Massa Específica Aparente em função da adição de lodo na mistura de argila



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Souza Santos (1989), para se utilizar uma massa argilosa em cerâmica vermelha os valores do ensaio de MEA, após a Queima, devem estar entre 1,7 e 2,1 g/cm^3, conforme mostra a Figura 12. Portanto, todas as composições atenderam a esse requisito.

Figura 12 - Faixa de variação da MEA das argilas-padrão brasileiras após queima a 950°C

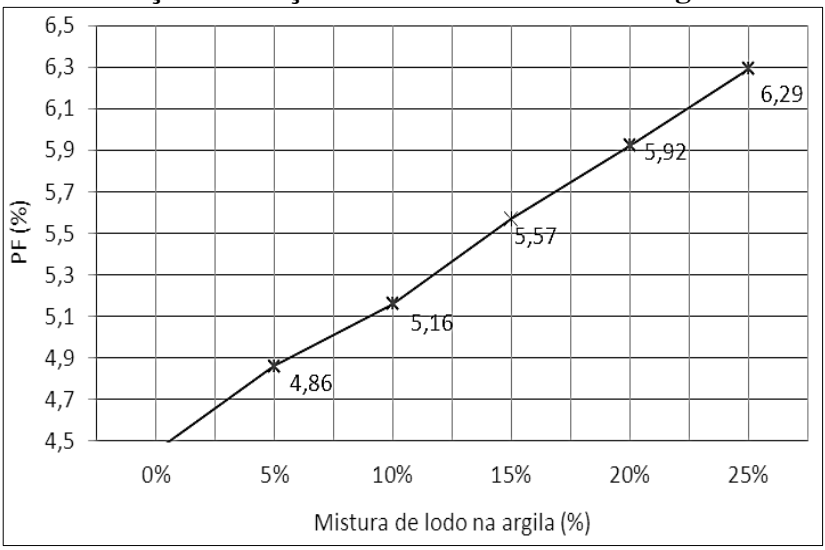


Fonte: Elaboração própria. Adaptada de: SOUZA SANTOS (1989, p. 205).

Perda ao Fogo

A perda ao fogo das peças pode estar associada à presença de elementos que se volatilizaram durante o processo de queima, tais como: hidroxilas de argilominerais, hidróxidos, componentes de matéria orgânica e outros elementos. Observou-se na Figura 13 que, na temperatura de 950°C, a perda de massa dos corpos aumentou, respectivamente, de 4,86% para 6,29%, partindo da argila pura até a argila misturada com 25% de lodo.

Figura 13 - Perda ao Fogo em função da adição de lodo na mistura de argila



Fonte: Elaboração própria.

Acreditamos que pode ter acontecido uma menor qualidade na mistura com o incremento da incorporação do lodo na argila. Segundo Souza Santos (1989), para um bloco cerâmico a perda ao fogo não deve ultrapassar a 15%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A argila por ser um recurso natural não renovável e de acordo com o estudo de suas propriedades mecânicas pelos ensaios tecnológicos, os resultados demonstraram que a mesma pode ser substituída, mesmo em pequenas quantidades, pelo resíduo lodo, podendo viabilizar o processo de construção civil e minimizar a

perda desse tão valioso recurso natural. Por outro lado, a utilização do lodo em indústrias poderá contribuir positivamente para os seus locais receptores, evitando assoreamento de rios, a poluição de águas do manancial- fonte e seus impactos na sua fauna e flora aquática.

Algumas peças cerâmicas confeccionadas obedecem aos requisitos técnicos de qualidade. Os valores dos ensaios de TRF permitiram observar que a adição de lodo na argila não fere os padrões especificados para fabricação de cerâmica vermelha. Os ensaios de Absorção de Água dos corpos de prova, confeccionados com adição de lodo e dos corpos sem adição de lodo, não ultrapassaram aos valores de absorção de água recomendados. A perda de massa teórica nas peças cerâmicas, na temperatura de 950°C, cumpriu a exigência para corpos cerâmicos.

Os ensaios demonstraram que ocorreu uma pequena expansão linear, tanto do corpo de prova com argila pura como do corpo misturado com lodo, provavelmente, devido a fatores como: possuírem elevado teor de quartzo, da quantidade de água de prensagem usada, e devido a essas matérias primas, após serem retiradas da peça do molde ficarem livre de tensões.

Os resultados obtidos nos ensaios estão de acordo com os referenciados pela ABNT, no que diz respeito à Perda ao Fogo com percentual inferior a 10%, à Retração Linear com percentual inferior a 6%, à Absorção de Água com percentual inferior a 20%, à Tensão de Ruptura à Flexão com percentual superior a 2MPa e à Massa Específica Aparente com percentual superior a superior a 1,7 g/cm³.

Portanto, os resultados do ensaio de TRF mostraram que algumas peças cerâmicas obtidas são propícias para serem usadas em cerâmicas vermelhas. Os valores dos ensaios de TRF mostraram que a adição de até 15% de lodo na argila obedece aos padrões especificados para fabricação de tijolos maciços, sendo viável a utilização de lodo de ETA como carga na argila para a produção de

cerâmicas vermelhas associadas à sustentabilidade desse recurso mineral não renovável.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, Requisitos e Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, D. P. **Ciência e Engenharia dos materiais**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2008.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM C210 – 95**: Test Method for Reheat Change of Insulating Firebrick. West Conshohocken: ASTM International, 1999.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM C373 – 88**: Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products. West Conshohocken: ASTM International, 2006.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM C674 – 88**: Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. West Conshohocken: ASTM International, 1999.

BIDONE, F.; SILVA, A. P.; MARQUES D. M. "Lodos Produzidos nas Estações de Tratamento de Água (ETAs): Desidratação em Leitos de Secagem e Codisposição em Aterros Sanitários". *In*: ANDREOLI, C. V. (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Editora RiMa, 2001.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 08/04/2022.

COCCHI, M. C. **Ensaios cerâmicos Preliminares (Parte Prática)**. São Paulo: SENAI, 2002.

CORDEIRO, J. S. "Processamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs)". *In*: ANDREOLI, C. V. (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Editora RiMa, 2001.

SILVA, E. L. G.; MACIEL, A. P. "Uso de resíduos sólidos de estação de tratamento de água como carga em blocos cerâmicos". **Revista Cerâmica Industrial**, vol. 24, n. 4, 2019.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1989.

TARTARI, R. **Incorporação de lodo gerado na estação de tratamento de água tamanduá, como aditivo em massas para cerâmica vermelha** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química). Toledo: UNIOESTE. 2008.

CAPÍTULO 5

Resíduos de Serviços de Saúde:
Gerenciamento e Análise dos Custos de Destinação

RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: GERENCIAMENTO E ANÁLISE DOS CUSTOS DE DESTINAÇÃO[3]

Letícia Kobernovicz

Telma Regina Stroparo

Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos 2018/2019, produzido pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe), em 2018 foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de resíduos. Destes, 252.948 toneladas de Resíduos Sólidos da Saúde foram coletadas, tratadas e dispostas de forma ambientalmente adequados como prevê a legislação. No total, 4.540 municípios prestaram serviços relativos à coleta e destinação de RSS, o que equivale a 1,2 quilo por habitante ao ano (ABRELPE, 2019).

Entende-se por Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) aqueles gerados em qualquer serviço prestador de assistência médica, sanitária ou estabelecimentos congêneres, provenientes de hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas e consultórios médicos e odontológicos, farmácias, laboratórios de análises clínicas e patológicas, bancos de sangue e de leite e clínicas veterinárias, entre outros, conforme estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da RDC nº 306/2004 (BRASIL, 2004).

Outro órgão regulador de RSS é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que por meio da Resolução nº

[3] Uma versão do presente capítulo foi originalmente publicada em: KOBERNOVICZ, L; STROPARO, T. R. "Resíduos de Serviços de Saúde". *Anais do Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, vol. 5, n. 1, 2021 e também em: KOBERNOVICZ, L; STROPARO, T. R. "Resíduos de Serviços de Saúde". ***Revista Científica Multidisciplinar O Saber***, vol. 3, 2021.

358/2005, em consonância com a RDC nº 306/2004, definiu como geradores os serviços relacionados aos atendimentos à saúde humana ou animal, inclusive aqueles de assistência domiciliar e de trabalhos de campo, bem como laboratórios de produtos para saúde, necrotérios, funerárias e serviços onde se realizam atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação), dentre outros similares (BRASIL, 2005).

Os RSS podem ser orgânicos (cozinha), resultantes de atividades administrativas ou de alto risco, por conter agentes biológicos infecciosos (lâminas de laboratório, bolsas de transfusão de sangue, medicamentos), componentes potencialmente inflamáveis, corrosivos ou tóxicos (reagentes, resíduos com metais pesados), materiais radioativos (como os utilizados em radioterapia) e cortantes (agulhas, lâminas de bisturi, ampolas de vidro) (ABRELPE, 2019).

Para efeitos desta pesquisa consideram se RSS os resíduos advindos de atividade hospitalar, produzidos em um hospital público localizado na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. O processo de gerenciamento de RSS gera custos às instituições hospitalares seja em virtude do manuseio que precisa de equipamentos de proteção individual para os itens contaminantes, seja para o correto acondicionamento e armazenamento e posterior descarte de forma ambientalmente adequada ou ainda, em hipótese de não observação da extensa legislação, multas pecuniárias.

A pesquisa teve como objetivo identificar os custos do gerenciamento de RSS gerados em um hospital público. Metodologicamente, o estudo se caracteriza como bibliográfico e documental, com abordagem qualitativa, amostra não probabilística intencional e definida por conveniência. Estruturalmente, a pesquisa é apresentada em 5 seções a saber: a presente introdução que aborda a contextualização da pesquisa. Em seguida, tem-se a revisão de literatura que traz os conceitos teóricos que fundamentam a pesquisa

e versam sobre resíduos de serviços de saúde, classificações segundo o grau periculosidade, e aspectos relativos ao gerenciamento de RSS. Depois, os procedimentos metodológicos são explicados à luz da teoria científica dando sustentação à discussão e análise de dados que se constitui na quarta seção. Por fim, tem-se as considerações finais.

REVISÃO DA LITERATURA

Resíduos de serviços de saúde (RSS)

A Norma Técnica Brasileira - NBR n. 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, define resíduos sólidos como sendo os resultantes 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. (ABNT, 2004).

De acordo com Guedes (2006), o lixo hospitalar representa apenas 2% do total dos resíduos produzidos no Brasil, mas deve-se ter uma atenção especial, pois constitui-se de uma fonte de organismos patogênicos, em função de conter substâncias tóxicas em seus componentes e pela presença de objetos perfuro cortantes. Se gerenciados inadequadamente podem trazer riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Em alguns municípios as prefeituras realizam as coletas de resíduos sólidos de serviços de saúde, responsabilizando-se pela destinação ambientalmente adequada dos dejetos, estabelecendo rotas e rotinas de coletas em serviços de saúde públicos e privados.

Os RSS são popularmente conhecidos como lixo hospitalar, mas não são apenas os hospitais que produzem esse tipo de resíduos. Farmácias, clínicas odontológicas e veterinárias, assistência domiciliar, necrotérios, instituições de cuidado para idosos, hemocentros, laboratórios clínicos e de pesquisa, instituições de ensino na área da saúde, também produzem resíduos, bem como pacientes com diabetes que fazem o uso de insulina e utilizam materiais perfurocortantes são exemplos de geradores e precisam ser orientados a fazerem a armazenagem e o descarte de forma organizada e segura (GARCIA; RAMOS, 2004; BERTO; CZYKIEL; BARCELLOS, 2012; ALVES *et al*., 2016; ALAM *et al*., 2019; BARROS *et al*., 2020; CARVALHO *et al*., 2021).

A classificação possui papel essencial para o desenvolvimento das fases posteriores deste processo de gerenciamento. Por intermédio deste controle, é possível promover uma distinção de resíduos contaminados e não contaminados, auxiliando de maneira efetiva para um manejo eficiente, econômico e seguro. O objetivo é promover a segurança dos trabalhadores e usuários de modo que não sejam expostos a contaminações com o manejo.

Os RSS possuem inúmeras normas e classificações sendo as mais conhecidas e utilizadas no Brasil as provenientes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), da Organização Mundial da Saúde (OMS) e Environmental Protection Agency (EPA).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre os requisitos de Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde, a RDC e a Resolução nº 358/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que definem os RSS como todo resíduo gerado em qualquer serviço prestador de

assistência médica humana ou animal, e classifica-os em cinco grupos: grupo A – biológicos; grupos B – químicos; grupo C – radioativos; grupo D – comuns e grupo E – perfurocortantes (ANVISA, 2018)

Neste trabalho, usa-se a Resolução CONAMA, nº 358/05 e RDC ANVISA, nº 306/04 para a classificação dos RSS:

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos de Saúde

Grupo A Infectantes	Todos os resíduos que são passíveis de presença de agentes biológicos que, apresentam risco de infecção devido suas características de maior virulência ou concentração.
Grupo B Químicos	Resíduos que possuem substâncias químicas passíveis de risco a saúde pública ou ao meio ambiente, conforme suas características de inflamável, corrosiva, reatividade e toxicidade. Produtos hormonais e todos os demais produtos que são controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações. Resíduos de saneantes, desinfetantes, reagentes de laboratórios Efluentes de processadores de imagem; efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; demais produtos classificados como perigosos, de acordo com a classificação da NBR-10.004 da ABNT.
Grupo C Radioativos	Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia etc.
Grupo D Comuns	Resíduos que não possuam riscos biológicos, químicos ou radiológicos para a saúde ou ao meio ambiente, podendo equiparar aos resíduos domiciliares. Papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis, dentre outros; Sobras de alimentos e preparos de alimentos; Sobras alimentares de refeitório; Resíduos oriundos das áreas administrativas; Resíduos de varrição, flores, podas e jardins; Resíduos de gesso oriundos de assistência à saúde
Grupo E Perfurocortantes	Enquadram-se neste grupo, todos os materiais perfuradores ou escarradores, como por exemplo: Lâminas de barbear; Agulhas; Ampolas de vidros; Brocas; Lâminas de bisturi.

Fonte: Resolução CONAMA, nº 358/2005 e de RDC ANVISA, nº 306/2004

Os resíduos gerados pela instituição hospitalar, objeto desta pesquisa, serão classificados segundo os Quadros 1 e 2. Destaque se dê ao Grupo A, infectantes, que possui subdivisões, conforme estabelecido na legislação:

Quadro 2 - Subgrupos de Resíduos Classificados no "Grupo A – Infectantes"

GRUPO A	
Subgrupo 1	Culturas e estoques de microrganismos; Resíduos de laboratórios de manipulação genética; Resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais; Sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos.
Subgrupo 2	Carcaças, peças anatômicas e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos; Cadáveres de animais com suspeita de estarem contaminados com microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação.
Subgrupo 3	Peças anatômicas do ser humano; Produto de fecundação sem sinais vitais, que não possuam valor científico ou legal e que não tenha ocorrido requisição por parte do paciente e familiares.
Subgrupo 4	Kits de linhas artesanais, endovenosas e dialisadores, quando descartados; Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; Sobras de amostras de laboratório e recipientes contendo fezes, urina e secreções, oriundos de pacientes que não possuam e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4.
Subgrupo 5	Órgãos, tecidos, fluídos orgânicos, materiais perfuro cortantes ou escarificastes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou contaminados por príons.

Fonte: Resolução RDC Nº 306 (2004).

Conforme o Quadro 2, grupo A, mostra os grupos de subdivisões de enquadramento para os RSS, considerados infectantes e que precisam de cuidados próprios para coleta, acondicionamento e descarte.

GERENCIAMENTO DE RSS

A ANVISA, através da RDC 306/04, definiu que o gerenciamento dos RSS é um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados partindo das bases científicas e técnicas, normativas e legais, visando diminuir a produção de resíduos e viabilizar aos resíduos gerados, um destino seguro, de maneira eficiente, buscando a proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

O gerenciamento incorreto dos RSS pode ocasionar acidentes e contaminações aos trabalhadores responsáveis pela coleta. Os resíduos perfurocortantes podem contribuir também para o aumento da incidência de infecção hospitalar (BRASIL-MS, 2001).

É necessário que no gerenciamento todas as etapas do planejamento dos recursos físicos, materiais e capacitação dos recursos humanos estejam abrangidas no envolvimento da condução dos RSS (BRASIL - ANVISA, 2004). Dessa maneira, é possível estabelecer formas sistêmicas e integradas em cada uma delas, metas, programas, sistemas organizacionais e tecnologias, conforme a realidade do local (BRASIL - ANVISA, 2006).

Segundo Seraphim (2016), na prática, a realidade econômica, interesse das autoridades locais e nível de conhecimento e consciência sobre os resíduos dos resíduos é que definem os modelos de gerenciamento e fiscalização dos resíduos no Brasil. Por outro

lado, Guassú (2007), afirma que a legislação brasileira impõe a responsabilidade do gerador dos RSS a gestão desde a criação até o destino final, onde os serviços necessários para colocar em prática isso, devem estar totalmente de acordo com a legislação vigente.

Destarte, verifica-se ser essencial o gerenciamento correto destes resíduos, não requerendo apenas a organização e sistematização destas fontes geradoras, mas fazer com que a consciência humana e coletiva dos profissionais que possuem ligação nestes ambientes seja despertada. Ademais, estudos também relacionam a relevância dos processos inovativos e de controle para o bem-estar empresarial (SERAPHIM, 2016; CARVALHO *et al*., 2021; PRZYBYCZEWSKI; STROPARO, 2021; STROPARO; DOMBROSKI, 2018; DELPONTE *et al*., 2020).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa classifica-se como uma pesquisa aplicada, descritiva, com abordagem qualitativa, bibliográfica, documental, com amostragem não-probabilística, intencional e por conveniência, utilizando-se as técnicas de observação e entrevistas estruturadas. O instrumento de pesquisa constitui-se em um roteiro estruturado com perguntas abertas e fechadas, aplicado aos setores de segurança do trabalho e financeiro, visando identificar os aspectos necessários para responder à questão problema, bem como observações *in loco*.

Foram identificadas questões relacionadas ao processo de coleta, armazenagem e destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados pelo hospital. O instrumento foi formatado em quatro blocos sendo: Bloco 1 - Plano de Gerenciamento de Resíduos Hospitalares; Bloco 2 - Tipos e quantitativos gerados;

Bloco 3 - Do acondicionamento, identificação e armazenamento temporário; Bloco 4 - destinação final.

No Bloco 1 as questões versam sobre Gerenciamento de Resíduos Hospitalares e visou cumprir o objetivo específico identificar os resíduos gerados por uma unidade hospitalar. As questões versaram sobre o processo de coleta e procedimentos subjacentes. O Bloco 2 - Tipos e quantitativos gerados trata de questões relacionadas aos quantitativos gerados, as classificações de periculosidade, riscos biológicos, etc. As questões presentes no Bloco 3 - Do acondicionamento, identificação e armazenamento temporário, referem se ao manejo, e acondicionamento dos resíduos identificados na unidade hospitalar. No Bloco 4, que trata da destinação final propriamente dita, as questões foram pertinentes aos custos e forma de descarte como, por exemplo, empresas regularmente constituídas que prestam o serviço, localização etc.

Por tratar-se de pesquisa aplicada, fez se entrevista com os responsáveis pelos setores que tratam da coleta, armazenamento e destinação de resíduos, visando qualificar o processo de gerenciamento dos mesmos. Após, foram coletados dados *ex post facto*, dos quantitativos gerados de resíduos, bem como os custos relacionados à destinação ambientalmente adequada. A coleta aqui descrita aconteceu tendo por base documentos gerados e disponibilizados pelo próprio hospital, bem como entrevista com a responsável pelo setor.

DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O Hospital estudado é filantrópico, faz atendimentos basicamente pelo SUS, caracterizado como de média complexidade, com uma área construída de aproximadamente 7.583 metros

quadrados, atendendo pacientes de 09 municípios da região, com uma média de mais de 160 mil habitantes e também pacientes encaminhados por meio da Central de Regulação. Possui atualmente 150 leitos, divididos em UTI Neonatal, UTI Adulto, Clínica Cirúrgica, Clínica Médica, Alojamento Conjunto (maternidade), Psiquiatria e Pediatria.

A responsável pelo gerenciamento dos resíduos é enfermeira e há também uma supervisora de higiene hospitalar que, periodicamente, faz auditorias para fiscalizar se o lixo está sendo descartado corretamente.

PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS HOSPITALARES

Questionada se existem protocolos específicos para coleta, classificação, armazenagem e destinação dos resíduos hospitalares, obteve- se como resposta que o hospital possui um plano de gerenciamento conforme a lei 12.305/2010, que descreve desde a produção dos resíduos, a segregação, o acondicionamento, o transporte interno e o transporte externo.

Ressalte se que existem normas próprias que regulam o tratamento, manejo e destinação de resíduos. O controle é rígido em virtude da contaminação existente em parte dos resíduos, notadamente, os biológicos e contaminantes. O hospital recebe periodicamente laudos que comprovam a destinação ambientalmente correta.

O hospital possui um cronograma de coleta que deve ser seguido pelos profissionais responsáveis pela coleta interna. São feitos treinamentos anuais com todos os profissionais, desde os geradores, como por exemplo médicos e enfermeiros para que

descartem os resíduos nos seus locais adequados, para não misturar os contaminantes com o lixo comum, e também com os responsáveis pela coleta, que devem saber como usar os equipamentos individuais de proteção (EIP) recebem capacitação para que saibam como retirar esses resíduos, como acondicionar, para evitar se contaminar com esses resíduos. Os custos com o treinamento de toda a equipe são do próprio hospital.

Dentro do hospital em cada posto de trabalho existem lixeiras devidamente identificadas, com placas laváveis que descrevem os resíduos que devem ser descartados naquela embalagem. As lixeiras possuem abertura automática, para que não sejam utilizadas as mãos para a abertura, com exceção do centro cirúrgico onde não existem tampas para facilitar o descarte, e após cada cirurgia esse resíduo é coletado. Na UTI existem lixeiras ao lado dos leitos para facilitar o descarte, diminuindo assim o risco de contaminação.

Semanalmente todas as lixeiras do hospital são lavadas e desinfetadas. O lixo comum e orgânico é armazenado em sacos pretos, o papel em sacos azul. Àqueles que podem ser reciclados são doados para a Cooperativa de Catadores de Recicláveis – em média 2 caminhões carregados por semana - sendo a própria cooperativa responsável pela coleta e transporte.

TIPOS E QUANTITATIVOS GERADOS

Os resíduos gerados pelo hospital são classificados conforme segue: *Grupo A* – todos os infectantes, inclusive os advindos das áreas de isolamento, onde todo material é considerado potencialmente perigoso em virtude do alto nível de contaminação do ambiente. Em períodos que existem pacientes em isolamento o volume de resíduos infectantes aumenta consideravelmente, como

no caso de ocorrência de casos de COVID-19, por exemplo. Embora a coleta de dados seja anterior à pandemia, não há dúvidas dos impactos decorrentes. O hospital também gera resíduos biológicos, como por exemplo as placentas que são descartadas em recipientes específicos e próprios.

Para os itens do Grupo A são utilizadas lixeiras de abertura automática com identificação na tampa. *Grupo B* – resíduos químicos como os restos de medicação, medicação vencida, dentre eles antibióticos e demais produtos químicos. *Grupo C* – radioativos: embora exista setor de Raio X no hospital não há mais geração de resíduos em virtude da adoção de sistema digital. *Grupo D* – lixo comum: não reciclável, entregue ao sistema público de coleta da prefeitura que faz a destinação conforme normas vigentes. Papéis e demais itens recicláveis possuem acondicionamento próprio e são destinados para a cooperativa de reciclagem. *Grupo E*- perfuro cortantes: agulhas, ampolas, lâminas e demais itens similares são encaminhados para incineração por empresa especializada.

Os vidros são depositados em embalagens verdes com abertura de fácil manuseio, facilitando o descarte, dentro das embalagens são revestidos com saco branco para prevenir acidentes na coleta.

PROCESOS DE ACONDICIONAMENTO, IDENTIFICAÇÃO E ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO

O hospital não possui armazenamento temporário interno e todos os resíduos gerados são coletados e transferidos para a área externa. Existem horários específicos para a retirada dos resíduos de dentro do hospital conforme cronograma elaborado pelo setor de

controle de infecção, com exceção do lixo comum que pode ser retirado em qualquer horário.

A equipe de higiene hospitalar, devidamente paramentados com os equipamentos de proteção adequada, faz a coleta do material nas áreas internas. Os horários de coleta dos resíduos não podem ser coincidentes com os de alimentação para que não haja nenhuma possibilidade de contaminação e consequente infecção hospitalar. Há rigidez nos horários de coleta, bem como nos protocolos específicos para a atividade. Itens considerados infectantes são coletados três vezes ao dia ou de acordo com a demanda.

Uma vez coletados, os itens são transferidos para a sala de armazenagem onde os resíduos ficam acondicionados até a coleta para a destinação final. O local é isolado e de acesso restrito e são depositados os resíduos contaminantes, ou seja, perfuro cortantes, com potencial contaminação e os biológicos.

Os não contaminantes são armazenados em salas abertas, fora do prédio principal, com acesso aberto para a cooperativa de reciclagem e prefeitura. Itens advindos da cozinha (orgânicos) e recicláveis como papéis da área administrativa.

DESTINAÇÃO FINAL E CUSTO DO LIXO HOSPITALAR

Os resíduos do grupo D, que são os comuns, por exemplo, os orgânicos e os que não possuem riscos para a saúde são coletados diariamente pela prefeitura, não gerando custo ao hospital. Os resíduos infectantes, perfurocortantes e químicos (A, E e B) são recolhidos por uma empresa terceirizada, sendo cobrado por quilo gerado: A e E o valor de R$2,70 e pelo B R$5,00.

Os resíduos A e E são neutralizados por meio da autoclavagem e tem como destinação final aterro sanitário. Já os

químicos são incinerados e as cinzas depositadas em aterros industriais.

Os resíduos A – B e E são coletados por uma empresa terceirizada, que cobra valores diferentes para cada tipo de resíduo gerado. O preço por quilo cobrado pelo grupo B é menor que o do grupo A e E, que apresentam o mesmo valor.

Os resíduos do grupo B, os químicos, são produzidos em baixa escala pelo hospital se comparado com os infectantes e perfurocortantes, porém trazem riscos para a população. Nesta categoria se encaixam, por exemplo, resíduos químicos, inflamáveis, ou de origem farmacêutica como medicamentos que possam estar vencidos ou contaminados. O custo de destinação desse tipo de resíduo é 5,00 por quilo.

Os resíduos do grupo A e E tem um volume de produção muito maior, pois todo os resíduos gerados no isolamento são classificados como infectantes, por serem hospedeiros de agentes patológicos suspeitos, nos meses que existam esses tipos de paciente, o volume de infectantes tendem a aumentar, são produzidos em larga escala diariamente também, agulhas, seringas, sangue, gaze, tecidos, perfuro cortantes entre outros.

Essa pesquisa traz os custos de descarte no período de um ano, 2019, com dados fornecidos pelo hospital, baseados em notas ficais geradas pela empresa terceirizada responsável pela coleta.

No período analisado não houve aumento no valor cobrado pelo kg do resíduo descartado. Há contrato com a empresa coletora e responsável pela destinação ambientalmente adequada para o período de doze meses sendo R$ 2,70 o quilo dos tipos “A” e “E” e R$ 5,00 o quilo para o tipo “B”. No entanto, verifica-se que os montantes são significativos totalizando R$ 112.308,78 no ano de 2019, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Valores e Quantidades Geradas de Resíduos

Mês / Ano	Classificação A - E			Classificação B			Total Mensal
	valor unit.	quant.kg	Valor Total	Valor Unitário	quant. Kg	Valor Total	
jan/19	R$ 2,70	1.391,90	R$ 3.758,13	R$ 5,00	108,605	R$ 543,03	R$ 4.301,16
fev/19	R$ 2,70	1.456,23	R$ 3.931,82	R$ 5,00	108,23	R$ 541,15	R$ 4.472,97
mar/19	R$ 2,70	2.126,84	R$ 5.742,47	R$ 5,00	117,058	R$ 585,29	R$ 6.327,76
abr/19	R$ 2,70	2.043,27	R$ 5.516,83	R$ 5,00	111,173	R$ 555,87	R$ 6.072,69
mai/19	R$ 2,70	1.760,93	R$ 4.754,51	R$ 5,00	98,333	R$ 491,67	R$ 5.246,18
jun/19	R$ 2,70	1.159,92	R$ 3.131,78	R$ 5,00	107,321	R$ 536,61	R$ 3.668,39
jul/19	R$ 2,70	1.641,17	R$ 4.431,16	R$ 5,00	128,614	R$ 643,07	R$ 5.074,23
ago/19	R$ 2,70	1.359,58	R$ 3.670,87	R$ 5,00	39,483	R$ 197,42	R$ 3.868,28
set/19	R$ 2,70	1.543,75	R$ 4.168,13	R$ 5,00	142,203	R$ 711,02	R$ 4.879,14
out/19	R$ 2,70	1.546,67	R$ 4.176,01	R$ 5,00	84,851	R$ 424,26	R$ 4.600,26
nov/19	R$ 2,70	1.916,46	R$ 5.174,44	R$ 5,00	174,945	R$ 874,73	R$ 6.049,17
dez/19	R$ 2,70	1.594,30	R$ 4.304,61	R$ 5,00	136,639	R$ 683,20	R$ 4.987,81
Total		19.541,2	R$52.760,75		1357,45	R$6.787,8	R$59.548,03

Fonte: Dados da pesquisa.

Pesquisa realizada com Carvalho *et al*. (2021) em hospital localizado no estado do Rio Grande do Sul apresenta resultados similares e corrobora com a presente pesquisa no sentido em que discute a relevância da correta classificação, acondicionamento e destinação dos resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento de resíduos sólidos apresenta se como uma das preocupações dos gestores hospitalares em virtude das exigências legais, dos custos relativos ao descarte ambientalmente

adequado dos resíduos, bem como por tratar se de elementos como potencial contaminante que precisam de cuidados especiais.

Com objetivo de identificar os custos do gerenciamento de RSS gerados em um hospital público, a presente pesquisa identificou os resíduos gerados por uma unidade hospitalar, classificando-os segundo a periculosidade e grau de contaminação, de acordo com as normas ambientais vigentes e fez-se a mensuração dos custos de destinação ambientalmente adequados.

Verificou se que o processo de coleta, acondicionamento e descarte dos resíduos precisa de protocolos institucionalizados que permitam padronização de práticas e evita contaminações e acidentes que poderiam expor risco à saúde dos funcionários responsáveis pelo manuseio. Ressalte se também que existem normas rígidas para o processo de gerenciamento de resíduos em unidades hospitalares, disciplinados pela Lei 12.305/2010 e demais normativas especificas.

Uma vez identificados os diferentes tipos de resíduos gerados, classificados em virtude da periculosidade, toxidade e grau de contaminação há necessidade de descarte que faz se com ajuda de empresa especialmente contratada para esse fim. Os resíduos são então encaminhados com segurança para descarte, sem riscos ambientais de contaminações. Dessa forma, a presente pesquisa cumpriu com os objetivos ao acompanhar o processo de gerenciamento e mensurar os custos do descarte. Reitera dessa forma, a relevância do controle de custos e a análise dos impactos financeiros do correto gerenciamento dos resíduos gerados.

Sugere se novas pesquisas em outras unidades hospitalares da região para análise dos processos de gerenciamento de resíduos e verificação dos impactos dos custos, bem como dos custos dos protocolos implementados como utilização de equipamentos de proteção aos funcionários, construção de espaços próprios para o

acondicionamento dos resíduos, utilização de matérias (tambores e sacos plásticos especiais) próprios e adequados.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9191**: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ALAM, I.; ALAM, G.; AYUB, S.; SIDDIQUI, A. A. "Assessment of Bio-medical Waste Management in Different Hospitals in Aligarh City". *In*: KALAMAMDHAD, A.; SINGH, J.; DHAMODHARAM, K. (eds.). **Advances in Waste Management**. Singapore: Springer, 2019.

ALVES, A. K. S. *et al.* "Gestão dos resíduos de serviços de saúde: mitigação dos impactos sanitário e ambiental". **Revista Uningá Review**, vol. 25, n. 2, 2016.

BARROS, P. M. G. A. *et al.* "Percepção dos profissionais de saúde quanto a gestão dos resíduos de serviço de saúde". **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, vol. 11, n. 1, 2020.

BERTO, D. N.; CZYKIEL, R.; BARCELLOS, M. D. "Treinamentos sobre resíduos sólidos de serviços de saúde (RSSS) em hospitais de

Porto Alegre/RS na percepção de profissionais atuantes". **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, vol. 1, n. 2, 2012.

BRASIL. **Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Brasília: Planalto, 1998. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução ANVISA RDC n. 156, de 11 de agosto de 2006**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <www.saude.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução ANVISA RDC n. 206, de 23 de agosto e 2004.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004a. Disponível em: <www.saude.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução ANVISA RDC n. 306, de 7 de dezembro de 2004**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004b. Disponível em: <www.saude.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, parte III Planejamento do Gerenciamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

CARVALHO, R. B. *et al*. "Gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde em um hospital no Rio Grande do Sul". **Revista Estudo e Debate**, vol. 28, n. 2, 2021.

DELPONTE, A. A. *et al*. "Responsabilidade ambiental nas empresas: aplicabilidade da Lei 12.305/2010 sob o viés da logística reversa". **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, vol. 9, n. 1, 2020.

GARCIA, L. P; RAMOS, B. G. "Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança". **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 20, 2004

GUASSÚ, D. N. O. **Diagnóstico da gestão de Resíduos de Serviço da Saúde gerados no Município de Inhapim-MG** (Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade). Belo Horizonte: UNEC, 2007

GUEDES, W. A. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**: aspectos legais, técnicos e de conformidade de produtos relacionados com os mesmos (Dissertação de Mestrado em Sistemas de Gestão). Niterói: UFF, 2006.

PRZYBYCZEWSKI, D.; STROPARO, T. R. "Logistics non-conformances managed under the aegis of Evolutionary Theory". **Research, Society and Development**, vol. 10, n. 16, 2021.

SERAPHIM, C. R. U. M.; RIBEIRO, M. L.; SOSSAE, F. C.; ARAÚJO, D. S. "Abordagem dos resíduos de serviços de saúde (RSS) na formação profissional dos auxiliares e técnicos em enfermagem de Araraquara – SP". **Revista Brasileira Multidisciplinar**, vol. 19, n. 2, 2016.

STROPARO, T.R; DOMBROSKI, L. "Logística Reversa e responsabilidade ambiental empresarial: uma análise bibliométrica". **Revista Espacios**, vol. 39, n. 04, 2018.

CAPÍTULO 6

Resíduos de Serviços de Saúde: Uma Análise sobre a Geração de Resíduos na Área de Estética e Cosmética

RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: UMA ANÁLISE SOBRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA ÁREA DE ESTÉTICA E COSMÉTICA

Vera Lucia Pereira dos Santos

Rita de Cássia Alberini

Rodrigo de Cássio da Silva

Diogo Siqueira da Silva

Rodrigo Berté

No mercado de estética no mundo, o Brasil ocupa a terceira posição ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), esse mercado cresceu 567% no Brasil, passando de 72 mil para mais de 480 mil profissionais, nos últimos cinco anos (DIÁRIO INDÚSTRIA; COMÉRCIO, 2019). Para atuar na área de estética e cosmética o profissional precisa possuir curso técnico ou tecnólogo (superior) e de acordo com a formação podem realizar determinados procedimentos, inclusive com uso de equipamentos (SESA, 2018). A Lei nº 13.643 de 2018 regulamentou as profissões de Esteticista, que compreende o Esteticista e Cosmetólogo e de Técnico em Estética, trazendo mais segurança para esses profissionais (BRASIL, 2018).

É importante ressaltar que vários procedimentos realizados pelos profissionais que atuam nesse mercado acarretam a geração de diferentes tipos de resíduos, em especial, os resíduos de serviço de saúde (RSS). A Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004 que dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de RSS, classifica-os em cinco grupos (A, B, C, D e E) de acordo com

suas características e riscos ao meio ambiente e à saúde (BRASIL, 2004). Na área da estética tem fundamental importância os RSS do grupo B, onde estão presentes as substâncias químicas que conferem risco à saúde pública ou ao meio ambiente, e o grupo E, onde fazem parte deste grupo os materiais perfuro cortantes ou escarificantes (BRASIL, 2004; COELHO FILHO *et al*., 2012).

Considerando que houve um aumento da procura dos serviços na área, pois o mercado de beleza e estética é um dos que mais cresce no Brasil e no mundo (SEBRAE, 2017), os diferentes serviços prestados pelos profissionais da área de estética acabam gerando uma grande quantidade de resíduos trazendo com isso um desafio maior no que diz respeito ao seu gerenciamento. As matérias primas e insumos são itens que requerem muita atenção e aspectos como validade, autorização para uso no mercado, correto manuseio e destinação devem ser observados. Na análise da cadeia produtiva um dos pontos fracos nos serviços de beleza e estética é a destinação inadequada de resíduos (SEBRAE, 2018) destacando que é de responsabilidade de todos os profissionais que trabalham nos estabelecimentos de embelezamento gerenciar os resíduos gerados (CVS, 2011).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é descrever, por meio de uma revisão de literatura de que maneira (em sua maioria) ocorre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados em consultórios de estética e seus possíveis impactos à saúde humana e ambiental.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura, com a realização de um estudo detalhado, descritivo e exploratório de análise e interpretação acerca do gerenciamento de resíduos gerados em consultórios e

clínicas de estética. De acordo com Gil (2002), a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, visto estar ela diretamente relacionada com os fenômenos de atuação prática e por proporcionar uma nova visão da questão de pesquisa. As fontes para a produção e a elaboração deste trabalho científico foram retiradas das bases de dados de artigos científicos Scielo, Bireme, Pubmed, e Google acadêmico, por meio de artigos, documentos e cartilhas. Os temas pesquisados para a realização do trabalho foram resíduos da área da saúde; descarte e gerenciamento de resíduos; resíduos gerados em consultórios de estética e a pesquisa se deu entre os meses de agosto e outubro de 2021. Foram excluídos materiais bibliográficos que não estiverem diretamente ligados ao escopo da revisão, embora possam apresentar os descritores selecionados. Foram adicionados materiais complementares como legislações pertinentes ao assunto abordado.

REVISÃO DA LITERATURA

Normas sanitárias específicas para a área da beleza

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as normas sanitárias específicas para a área da beleza são definidas por estados e municípios, e algumas atividades de estética são considerados Serviços Assistenciais de Interesse para a Saúde (BRASIL, 2019). Nas clínicas de estética também é necessário aplicar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), um conjunto de procedimentos que contempla a geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final desses resíduos (BRASIL, 2018). De acordo com o SEBRAE (2016), a gestão ambientalmente correta dos resíduos de estabelecimentos estéticos é uma obrigação legal e compreende os resíduos

classificados como serviços de saúde, com normas específicas de armazenamento, tratamento e disposição final.

Resíduos sólidos

É considerado resíduo tudo aquilo que pode ser reutilizado e reciclado sendo que esse material precisa ser separado por tipo, o que permite a sua destinação para outros fins. Podem ser encontrados nas formas sólida, líquida e gasosa (BRASIL, 2010).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil resíduos sólidos como todo:

> (...) 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 (BRASIL, 2010).

A RDC Nº 222/2018 Comentada, que Gerencia de Regulamentação e Controle Sanitário em Serviços de Saúde - GRECS/Gerencia Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde - GGTES/ANVISA, na abrangência do artigo 2º, parágrafo 1º cita que:

> Para efeito desta resolução, definem-se como geradores de RSS todos os serviços cujas atividades estejam relacionadas com a atenção à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar; laboratórios analíticos de produtos para

> saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de piercing e tatuagem, salões de beleza e estética, dentre outros afins.

Ainda de acordo com a ANVISA (2018):

> Este parágrafo define quem são os geradores de resíduos de serviços de saúde abrangidos pela norma, mantendo o que já estava vigente na RDC nº 306/2004 e enfatizando a inclusão dos serviços de estética e embelezamento.

O aumento significativo de resíduos nos seus diferentes estados e os indesejáveis efeitos no meio ambiente tem aumentado o custo de seu tratamento (SEBRAE, 2019). De acordo com o Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2020) em um comparativo entre os anos de 2010 e 2019 especificamente sobre os RSS verificou-se que:

> Em 2010, 4.080 municípios prestaram os serviços de coleta, tratamento e disposição final de 221 mil toneladas de RSS, o equivalente a 1,156 kg por habitante/ano. Já em 2019, o volume coletado foi de 253 mil toneladas, com coleta per capita de 1,213

> kg/ano. A capacidade instalada em unidades para tratamento de RSS por diferentes tecnologias também cresceu, passando de 577 toneladas diárias para 1.314 toneladas/dia em uma década. Quanto à destinação propriamente dita, apesar dos avanços observados no período analisado, cerca de 36% dos municípios brasileiros ainda destinaram os RSS coletados sem nenhum tratamento prévio, o que contraria as normas vigentes e apresenta riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente.

Portanto, ao analisar os dados acima, nota-se que houve um aumento total de 14% na geração de RSS entre os períodos de 2010 (221.270 toneladas/ano) e 2019 (252.948 toneladas/ano). Ainda, a região sudeste do país é a maior responsável pela geração de RSS (175.775 toneladas/ano), seguido da região nordeste (36.554 toneladas/ano), centro-oeste (18.451 toneladas/ano), sul (12.586 toneladas/ano) e norte (9.582 toneladas/ano) (ABRELPE, 2020).

Acerca do tratamento prévio dos RSS, podemos destacar três tipos: micro-ondas, autoclave e incineração. No entanto, no Brasil, 36,2% dos RSS ainda são destinados inadequadamente sendo dispensados, sem tratamento prévio, em aterros, valas sépticas, lixões, configurando um gravíssimo problema de saúde pública (ABRELPE, 2020).

Resíduos gerados nos serviços de estética

O consumo dos serviços de beleza vem sendo cada vez mais exigente e variado e com isso a indústria dos cosméticos aumentou o consumo e a produção dos produtos deste mercado (SOUZA *et al*., 2019). Além dos esteticistas, profissão regulamentada pela Lei 13.643/18 que compreende ainda o tecnólogo e o técnico em

estética, outros profissionais atuam na área da estética como médicos, biomédicos, enfermeiros, farmacêuticos, dentistas e fisioterapeutas (ASSIS, 2022). Vale destacar que os resíduos cosméticos são considerados resíduos químicos e precisam de um tratamento para neutralizar as substâncias nocivas à saúde humana e impedir impactos negativos ao meio ambiente (VGR RESÍDUOS, 2019). Além dos resíduos químicos são gerados resíduos sólidos que são conceituados como todo material, substância, objeto ou bem descartado (SILVA *et al*., 2020). Os serviços estéticos mais procurados são a estética facial; a estética corporal; a depilação e a estética capilar (DIÁRIO INDÚSTRIA; COMÉRCIO, 2019). A produção de resíduos no mundo todo tem sido uma das preocupações que a mesma exerce sobre a saúde humana e também na qualidade do meio ambiente (SANTOS, 2015). A separação dos resíduos deve ocorrer de acordo com a RDC Nº 222, de 28 de março de 2018, conforme a classificação dos grupos estabelecida no anexo I dessa resolução, no momento e local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas, o seu estado físico e os riscos envolvidos (BRASIL, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos estabelecimentos de atendimento estético os principais grupos de resíduos são principalmente dos grupos A; B; D e E, sendo necessário que haja um armazenamento adequado de acordo com suas especificações antes de ocorrer seu descarte (PEDREIRA, 2021). No grupo A os resíduos utilizados nos serviços estéticos são algodão, gazes e luvas de procedimentos e no grupo B encontram-se os resíduos químicos, como os cosméticos. No grupo D estão os resíduos comuns e que não apresentam risco biológico, químico ou radioativo, e que normalmente são similares aos resíduos

domiciliares. Eles estão divididos em 2 grupos, os não recicláveis e os recicláveis, e no grupo E estão os resíduos perfuro cortantes como agulhas, bisturis e outros (BRASIL, 2004; HIRT, 2015; BRASIL, 2018).

A Tabela 1 apresenta os principais resíduos gerados em estabelecimentos de serviços estéticos e a que grupo cada um dos resíduos se enquadra.

Tabela 1 - Principais resíduos gerados em um estabelecimento de serviços estéticos

TIPO DE SERVIÇO	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE D	CLASSE E
Estética facial	Luvas de procedimentos, algodão, gazes e toalhas de papel	Cosméticos	Lençóis, espátulas, tolhas, toucas e máscaras descartáveis frascos vazios	Agulhas, rolinho para microagulhamento e seringa da caneta pressurizada
Estética corporal	Luvas de procedimentos, algodão e toalhas de papel	Cosméticos	Lençóis e toucas descartáveis frascos vazios	Rolinho para microagulhamento e seringa da caneta pressurizada
Depilação	Luvas de procedimentos, gazes e bandas	Ceras e cosméticos	Lençóis, espátulas, tolhas, máscaras, toucas descartáveis e frascos vazios	Agulhas
Estética capilar	Luvas de procedimentos, algodão e gazes	Cosméticos	Toalhas, toucas e máscaras descartáveis,	Rolo para microagulhamento e seringa da caneta pressurizada

Fonte: Elaboração própria.

No grupo A encontram-se os resíduos utilizados nos diferentes campos de atuação dos esteticistas, como luvas de procedimentos, algodão, gazes e toalhas de papel. Esses resíduos devem ser acondicionados em sacos plásticos brancos e resistentes, sendo considerados resíduos de serviço de saúde e seu descarte deve seguir as recomendações específicas para área da saúde (BRASIL, 2004; BRASIL, 2018; SILVEIRA *et al*., 2018; PEDREIRA, 2021). Já no grupo B estão os cosméticos e as ceras que devem ser armazenados em frascos adequados e identificados. Para os frascos contendo cosméticos com validade vencida devem ser encaminhados a uma empresa especializada que garantirá o armazenamento, o transporte, o tratamento e a destinação desses materiais (PEDREIRA, 2021). Os lençóis, espátulas, tolhas, toucas e máscaras descartáveis e os frascos vazios, apontados na Tabela 1 encontram-se no grupo D. Esses resíduos devem ser acondicionados em sacos pretos. Os frascos vazios de cosméticos podem ser descartados junto aos resíduos desse grupo.

De acordo com o Departamento de Limpeza Pública da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba, mesmo as máscaras descartáveis usadas de forma preventiva, devem ser destinadas para a coleta do lixo comum. Ainda conforme as orientações "pessoas com suspeita ou contaminação confirmada da Covid-19 também devem descartar todos os seus resíduos, incluindo os recicláveis, para a coleta comum. Em sacos resistentes, com 2/3 da capacidade" (BELLO, 2020).

No grupo E encontram-se as agulhas, o rolo para microagulhamento e as seringas da caneta pressurizada utilizados na estética. Esses resíduos devem ser acondicionados em recipientes resistentes, que não furem, vazem ou que se rompam. Esses recipientes devem ser identificados com o símbolo internacional de risco biológico (BRASIL, 2004; BRASIL, 2018; PEDREIRA, 2021). O manuseio e descarte cuidadoso de perfuro cortantes evita

acidentes e contaminações entre profissionais e pacientes (SOUZA *et al*., 2018).

Muitos resíduos gerados na estética devem ser observados com cuidado por pertencerem aos grupos B e E, existindo risco de contaminação tanto para a população quanto ao meio ambiente (PRÓ-AMBIENTAL, 2021).

Em pesquisa realizada por Fraporti (2020) a respeito da gestão dos resíduos em estabelecimentos estéticos em Lajeado (RS) e atendimento a legislação vigente, cita que:

> A falta de conhecimento e informação são os maiores dificultadores no processo de correto manejo e gestão dos resíduos sólidos e que mesmo que os acadêmicos tenham o conhecimento sobre o tema, a aplicação e execução dos mesmos não retratam a realidade nos estabelecimentos estéticos.

Nas últimas décadas, a indústria dos cosméticos tomou impulso, ou seja, aumentou o consumo e a produção dos produtos deste mercado. Para Leão (2019), os profissionais do ramo necessitam de aperfeiçoamento quanto aos temas relacionados ao gerenciamento de resíduos e biossegurança.

Quanto ao tratamento dos resíduos produzidos nas clínicas de estética, Souza *et al*. (2018) cita que:

> Nos serviços em estética, os resíduos semipermanentes, os materiais cortantes, os resíduos anatómicos e clínicos devem ser tratados profissionalmente em total conformidade com a legislação brasileira, desde a recolha até ao transporte e eliminação seguros.

De acordo com o SEBRAE (2016), a gestão ambientalmente correta dos resíduos de estabelecimentos estéticos é uma obrigação legal e compreende os resíduos classificados como serviços de saúde, com normas específicas de armazenamento, tratamento e disposição final.

Os resíduos oriundos de serviços de saúde requerem muitos cuidados nos processos de coleta, armazenamento, tratamento e disposição final (SILVEIRA *et al*., 2018). No caso de resíduos sólidos, Figueiredo e Nascimento (2021) apontam a educação ambiental como proposta de solução ao problema pela mudança comportamental.

Para Alencastro (2015), uma ética ambiental deve se manifestar em comportamentos humanos em harmonia com a natureza. Se faz necessário e urgente preservarmos o meio ambiente saudável para todos os seres do planeta Terra (NERES; NERES, 2021).

CONCLUSÃO

O estudo mostra que nos estabelecimentos de atendimento estético os principais grupos de resíduos pertencem aos grupos A; B; D e E e que a classificação correta auxilia na separação e destinação desses resíduos gerados.

Todos os profissionais que realizam os serviços de estética devem gerenciar os resíduos de forma correta e consciente para que a saúde humana e o meio ambiente não sejam impactados de forma negativa.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ALENCASTRO, M. S. C. **Ética e Meio Ambiente**: construindo as bases para um futuro sustentável. Curitiba: Editora Intersaberes, 2015.

ASSIS, R. "Os conflitos entre os conselhos profissionais de classe da saúde. 2022". **Portal Jus** [2022]. Disponível em: <www.jus.com.br>. Acesso em: 20/02/2022.

BELLO, S. "Como descartar as máscaras". **Instituto Curitiba de Saúde** [2022]. Disponível em: <www.ics.curitiba.org.br>. Acesso em: 15/04/2021.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2004. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/02/2022.

BRASIL. **Lei n. 13.643, de 3 de abril de 2018**. Brasília: Planalto, 2018. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 07/08/2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 306, de 07 de dezembro de 2004**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/02/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 222, de 28 de março de 2018**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20/02/2022.

COELHO FILHO, E. H.; ALVES, F. L. A.; ALVES, J. R. A. **Gerenciamento de resíduos sólidos gerados em estabelecimentos de beleza** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Farmácia). São Paulo: FEF, 2012.

CVS - Centro de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo. **Manual de orientação para instalação e funcionamento de institutos de beleza sem responsabilidade médica**. São Paulo: CVS, 2012.

DIÁRIO INDÚSTRIA E COMÉRCIO. "Brasil tem mais de 480 mil profissionais de estética". **Diário Indústria e Comércio** [2019]. Disponível em: <www.diarioinduscom.com>. Acesso em: 01/03/2020.

FIGUEIREDO, E. A.; NASCIMENTO, L. F. C. "Resíduos sólidos e a responsabilidade ambiental". **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 12, 2021.

FRAPORTI, M.M. **Gestão dos resíduos em estabelecimentos estéticos em LAJEADO (RS) e atendimento a legislação vigente** (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão e Sustentabilidade Ambiental). Porto Alegre: UERS, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

HIRT, E. "Plano de Gerenciamento de Resíduos do HU". **UFSC** [2015]. Disponível em: <www.hu.ufsc.br>. Acesso em: 01/07/2020.

LEÃO, O. S. **Estética e biossegurança**: aspectos ligados à segurança e ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em estabelecimentos estéticos (Dissertação de Mestrado em Sistemas Ambientais Sustentáveis). Lajeado: UNIVATES, 2019.

NERES, D. A. S. L.; NERES, R. L. "Degradação do meio ambiente Maranhense: Uma investigação com aporte nas leis ambientais". **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 11, 2021.

PEDREIRA, R. "Como gerenciar os resíduos dos procedimentos nas clínicas de estética?" **Prisma Engenharia Jr** [2021]. Disponível em: <www.prismaengenhariajr.com>. Acesso em: 20/05/2021.

PRÓ AMBIENTAL. "O que fazer com os resíduos de clínicas de estética?" **Pró Ambiental** [2021]. Disponível em: <www.proambientaltecnologia.com.br>. Acesso em: 17/05/2021.

QUEIROZ, M. L. S.; MEJIA, D. "Biossegurança nas clínicas de estética e salões de beleza". **Portal Biocursos** Disponível em: <www.portalbiocursos.com.br>. Acesso em: 15/03/2021.

SANTOS, T. L. F. "Coletores de Lixo: a convivência diária com a sujeira diária da cidade – um breve relato". **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, vol. 23, n. 85, 2015.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Minha Empresa Sustentável**: Salão de Beleza. Cuiabá: Sebrae, 2016.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. "Estudo de Mercado: a profissionalização dos centros de estética". **Portal do Sebrae** [2017]. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 01/03/2020.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. "Painel Setorial de Informações Estratégicas. Serviços de Beleza e Estética". **Portal do Sebrae** [2018]. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 01/03/2020.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Iniciativa Sustentável: o que são resíduos e o que fazer com eles. **Portal do Sebrae** [2019]. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 01/03/2020.

SESA - Secretaria da Saúde do Estado do Paraná. **Nota Técnica n. 001, de 08 de março de 2018**. Curitiba: SESA, 2018. Disponível em: <www.saude.pr.gov.br>. Acesso em: 01/04/2020.

SILVA, M. H. C. *et al*. "Resíduos sólidos: o uso da gestão ambiental como ferramenta para o manejo adequado do lixo urbano". **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n. 11, 2020.

SILVEIRA, A. L.; BERTÉ, R.; PELANDA, A. M. **Gestão de resíduos sólidos**: cenários e mudanças de paradigmas. Curitiba: Editora Intersaberes, 2018.

SOUZA, A. A. V. *et al*. "Produção de resíduos nas clínicas de estética". **SEMESP** [2018]. Disponível em: <www.semesp.org.br>. Acesso em: 20/04/2021.

SOUZA, P. O.; DUSEK, P. M.; AVELA, K. E. S. "Resíduos sólidos decorrentes da indústria da beleza". **SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, vol. 13, n. 2, 2019.

VGR RESÍDUOS. "Como descartar resíduos de cosméticos para não degradar o meio ambiente?" **VGR Resíduos** [2019]. Disponível em: <www.vgresiduos.com.br>. Acesso em: 01/05/2020.

CAPÍTULO 7

Compostagem como Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Auxílio de Práticas Agroecológicas

COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO AUXÍLIO DE PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS

Walter Junio Guimarães Granel

Eduardo Rodrigues Ferreira

De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) a população no Brasil contava em sua superfície com 190.755.799 de habitantes[4]. Neste último panorama oficial publicado mais da metade da população brasileira desenvolvia suas atividades em áreas urbanas, 160.925.792 de indivíduos. Contra uma população rural de 29.830.007 habitantes. Este êxodo rural verifica-se desde a segunda metade do século 20 quando o processo de industrialização brasileira se mostrou pujante, atraindo as populações que viviam no campo, sobretudo pela ampliação dos parques industriais automobilísticos. Na década de 50 a população brasileira era predominantemente rural, sendo representada por 63,8% da população total. E nesta última década representa cerca de 15,6% da população total, esse reflexo de êxodo rural tem como consequência o processo de industrialização e urbanização (IBGE, 2011). Como consequência desta dinâmica histórica da população brasileira, a geração de resíduos sólidos urbanos, também acompanhou tal aumento devido a mudança dos hábitos de consumo das pessoas. Hábitos estes cada vez mais vorazes que elevam constantemente as quantidades deste tipo de resíduo. Em contraponto a tal situação quantitativa de resíduos e este inchaço populacional da urbe brasileira, a Associação das Empresas

[4] A população estimada nos dias atuais é de 214.901.546 de habitantes, de acordo com o sítio eletrônico do referido instituto.

de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) registrou no ano de 2020 a geração de 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, 225.965 toneladas dia e 1,07 kg de RSU per capta – sobretudo influenciado pela pandemia de COVID – 19 durante o ano de 2020. Deste total foram coletados 76 milhões toneladas de resíduos, um percentual de 92,6 % do total gerados. A temática dos resíduos sólidos tem sido discutida por décadas, mas, apenas em 2010 houve um avanço significativo, com a promulgação da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010, sendo, o marco legal para a gestão integrada de resíduos sólidos no país, no qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que veio para disciplinar o manejo destes resíduos (BRASIL, 2010).Apesar da PNRS, preconizar que os municípios possuam no mínimo um plano municipal de saneamento básico (PMSB) e um plano municipal de gestão integrada resíduos sólidos (PMGIRS), este cenário é quase inexistente para maioria dos municípios (BRASIL, 2010). Nesta ótica, discussões técnicas e pesquisas na área de resíduos sólidos urbanos (RSU) vêm crescendo exponencialmente na academia e também no setor público devido a esta imposição legal. Um dos grandes problemas ambientais para maioria dos municípios é dar destino ambientalmente correto a grande gama e quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados. Dentre essa gama de resíduos existentes se destaca os resíduos de poda e corte de árvores que geram enormes volumes e ocupam grandes espaços. Esses resíduos são provenientes do corte de árvores, da manutenção de árvores (podas) ou das quedas naturais. Grande parte dos resíduos no país são descartados em bota-foras, lixões ou aterros sanitários. No município de Frutal-MG o poder público descarta grande parte dos resíduos de poda e corte de árvores em uma área criada pela secretaria municipal de meio ambiente, chamada área de depósito de galhadas (SEMMA, 2019). Nesse local, os resíduos são apenas armazenados, deixando-se decomporem naturalmente. No entanto,

os resíduos de poda e corte árvores são constituídos de materiais resistentes, como a lignina, e necessitam de mínimo tratamento para diminuição do seu volume e o seu aproveitamento (CARDOSO *et al.*, 2001). A partir desse cenário de inversão da população da área rural para a urbana aliada ao aumento da geração de resíduos sólidos nesta última. Um outro elemento que serve como suporte teórico para a construção deste capítulo é a agroecologia. A qual será detalhada e trabalhada no decorrer da estrutura deste texto. A agroecologia surge como transição do modelo tradicional, no qual, utiliza uma nova forma de agricultura, visando uma agricultura com formas e práticas de desenvolvimento sustentável. Dentre as práticas sustentáveis, está o aproveitamento de resíduos através do processo de compostagem. A compostagem constitui em um processo de ciclagem de nutrientes, que nas últimas décadas, tem despertado por parte dos agricultores como uma alternativa de forma eficiente e rápida para o aproveitamento dos resíduos orgânicos que são enviados para locais de disposição final ambientalmente adequados e, em algumas localidades para locais que não são ambientalmente adequados. Através desse processo, os agricultores possuem menores riscos ao cultivo, maiores rendimentos e menores gastos com fertilizantes inorgânicos. A compostagem pode ser utilizada como alternativa para tratamento dos resíduos de poda e corte de árvores, gerando no final do processo um composto que pode sobretudo ser empregado como corretor de solo.

Portanto, a proposição deste capítulo é de estabelecer as possíveis conexões entre estes dois elementos, o processo de compostagem e o viés agroecológico. Buscando assim, empregar este processo de tratamento dos resíduos de poda e corte de árvores no município de Frutal-MG, objeto da investigação, avaliando-o para produção e qualidade do composto orgânico e, alimentando tal viés. E tem como objetivo precípuo analisar o processo de compostagem como ferramenta para de gerenciamento de resíduos sólidos no sentido de auxiliar as práticas agroecológicas. Ademais,

exportá-lo para além dos sistemas de busca da biblioteca da universidade, para que o conhecimento e experiências/vivências acadêmicas científicas possam alcançar um maior número de pessoas. Essa é a maior proposta, a universalização do conhecimento frente a obscuridade vivida em tempos atuais.

Para o experimento da compostagem foram utilizados como materiais para construção das leiras, resíduos de poda e corte de árvores adquiridos na área de galhadas do município de Frutal-MG localizada nas coordenas geográficas de latitude 20°0'23.84" S e longitude 48°54'31.10" O, conforme Figura 1.

Figura 1 - Área de galhada



Fonte: Google Earth.

Os resíduos de poda e corte de árvores são gerados do trabalho de jardineiros, cidadãos, da prefeitura, de empresa de energia elétrica dentre outros grandes geradores que efetuam poda e corte de árvores na área urbana do município. Os resíduos foram triturados pelo triturador de galhos modelo NTRG da Nagano (Figura 2) com motor de 6.5 HP movido a gasolina e com velocidade

da lâmina de corte de 2400 rpm, a aplicação do triturador visa a trituração de arbustos, galhos, capim, aparas, cercas-vivas, folhas, flores secas, restos de vegetais, estacas, galhos e madeiras moles com até 76 mm de diâmetro. Após a trituração dos galhos, o material foi depositado, sem peneiramento, em toneis de plástico e levados para área do Ecoparque das Sucupiras localizado nas coordenadas geográficas de latitude 20°2'23.85" S e longitude 48°56'7.66"O, conforme Figura 5, no período de 23/10/2019 à 01/02/2020, contemplando 100 dias.

Figura 2 - Ecoparque das Sucupiras



Fonte: Google Earth.

No Ecoparque das Sucupiras o material foi pesado e levado para montagem das leiras, sendo construídas três destas para compostagem, contendo as seguintes dimensões: 1,0 m de altura; 1,2 m de comprimento e 1,0 m de largura, obtendo um volume inicial de 1 m³ cada leira. As leiras seguiram os seguintes tratamentos:

- L1 – Resíduos de poda e corte de arvores triturados (controle)
- L2 – Resíduos de poda e corte de arvores (triturados) + irrigação (manutenção da umidade)
- L3 – Resíduos de poda e corte de arvores (triturados) + irrigação (manutenção da umidade) + 1% de (peso total da leira) torta de mamona

As leiras foram montadas em cima de uma lona branca, sem contato ao solo, e o local armazenado não possuía cobertura, havendo apenas a existência de algumas copas das árvores. A compostagem L1 possuiu nenhum tratamento, o tratamento da L2 consistiu em somente controlar a umidade da leira e o tratamento L3 objetivou o controle da umidade e o incremento da torta de mamona, que tem função de melhorar a relação carbono/nitrogênio, pois, a torta de mamona possui altos teores de nitrogênio, além de ser excelente fonte de potássio e fósforo, tendo uso agrícola como adubo orgânico (FERNANDES *et al*., 2011). Para decomposição do material orgânico, sob condições ótimas de umidade, aeração e temperatura o processo é rápido, e tem como resultado um produto com boas características físicas, químicas e biológicas (CRAVO *et al*., 1998). Partindo desse conceito foi efetuado o monitoramento das leiras diariamente no período de 100 dias e, foi desenvolvido um formulário analisando os seguintes parâmetros: temperatura, umidade e aeração das leiras. Para o monitoramento da temperatura foi utilizado o equipamento Termo-Higrometro Equitherm modelo TH-439 (Figura 3). Para avaliar o teor de umidade, foi efetuado o aperto de uma porção do composto com a mão, sendo que, se o composto estivesse com concentração de água adequada poderíamos sentir a umidade e agregação do material, se a concentração de água escorrer em fio da mão, existiria um excesso de água na massa da compostagem (SARTORI *et al*., 2012). Para o parâmetro da aeração,

foi efetuado três revolvimentos das leiras, a cada 20 dias. Conforme o parâmetro obtido pela umidade era efetuado a irrigação de forma periódica, quando houvesse necessidade. O desenvolvimento da compostagem seguiu de forma manual, onde, não foi utilizado nenhum equipamento para aeração assim como nenhum produto para aceleração do processo, ocorrendo assim a decomposição lenta e natural. O processo da compostagem foi do tipo aeróbico, com aeração e umidade controladas. As medições de temperatura da compostagem durante o período de 100 dias foram efetuadas às 17h.

Figura 3 - Termo-Higrometro Equitherm modelo TH-439



Fonte: Google.

Além da avaliação do processo de compostagem, foi efetuado um levantamento do volume descartado dos resíduos de poda e corte de árvores existentes na área de galhada do município em questão, durante um período de descarte de 15 dias, contemplando as datas do período de 21/10/2019 a 04/11/2019. Para mensurar o volume gerado foi utilizado o drone modelo Phantom 4 Pro Obsidian, onde, criou-se um plano de voo da área de galhada,

sendo executado este manualmente, com altitude de 120 metros, que necessitou de apenas um voo e, foram adquiridas 33 imagens aéreas. Após a aquisição das imagens foi efetuado o processamento digital das imagens, utilizando o software Agisoft PhotoScan Professional versão 1.4.2 - 64 bits (PHOTOSCAN, 2014). Foram executados os seguintes procedimentos após a aquisição das imagens:

- Alinhamento e fototriangulação: As imagens são posicionadas e orientadas, e após esse processo é executado o alinhamento das fotografias.
- Nuvem densa de pontos: O software localiza os pontos de correlação entre as imagens, em todas as posições X, Y e Z, e as informações são armazenadas nos pontos possibilitando o reconhecimento e a realização de cálculos.
- Malha digital do terreno (MDT): Gera a malha a partir da nuvem de pontos e cria um modelo digital do terreno representando as formas do relevo.
- Ortofoto: Através do MDT é gerado a ortofoto que representa uma imagem em projeção cartográfica.

A partir da geração da ortofoto foi desenhado um polígono da área de interesse e, com isso, foi possível mensurar o volume da pilha de resíduos da área de galhada através do software Agisoft PhotoScan (PHOTOSCAN, 2014).

RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a norma técnica NBR 10.004 (ABNT, 2004) define resíduo sólido como:

> Os resíduos 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 cuja 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.

Um dos principais fatores para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) está ligado ao crescimento populacional e atrelado às suas mudanças de padrões de consumo. Vale destacar que em grande número de cidades brasileiras a disposição final dos resíduos sólidos urbanos é ambientalmente inadequada, isto é, os RSU são descartados em lixões, colocando em risco o meio ambiente.

Segundo a ABRELPE (2020):

> No Brasil, a maior parte dos RSU coletados seguiu para disposição em aterros sanitários, com 46 milhões de toneladas enviadas para esses locais em 2020, superando a marca dos 60% dos resíduos coletados que tiveram destinação adequada no país. Por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda estão em operação e receberam quase 40% do total de resíduos coletados (ABRELPE, 2020, p. 21).

Com o aumento da geração de resíduos sólidos houve a necessidade de implementar legislações e políticas públicas para

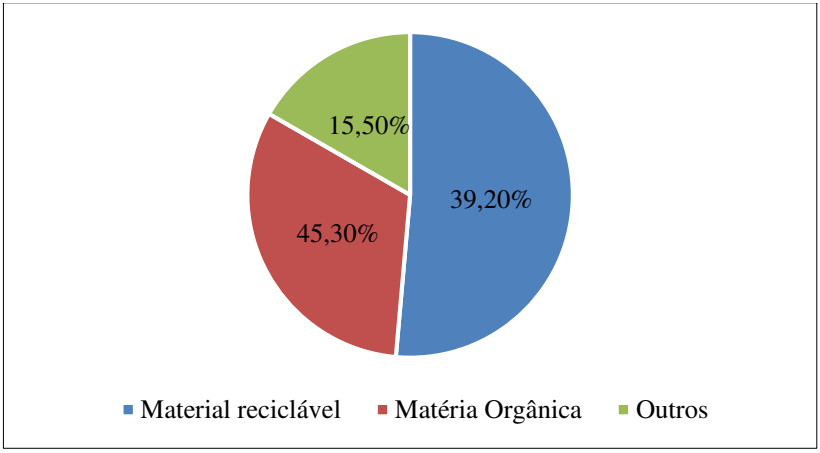
disciplinar o manejo dos resíduos sólidos. A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010 é o marco legal para a gestão de resíduos sólidos no país, no qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que veio para disciplinar tal manejo, que segundo o seu artigo 4°: "reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos" (BRASIL, 2010). Além da Lei 12.305/2010 existem outras leis (federais, estaduais e municipais), resoluções e normas técnicas que complementam as legislações pertinentes a temática dos resíduos sólidos, dentre elas se destaca a norma técnica NBR 10004:2004 que define a classificação dos resíduos sólidos (ABNT, 2004), supracitada.

Resíduos de poda e corte de árvores urbanas

A composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é muito heterogênea, no entanto, estudos e análises gravimétricas revelam que a maior parte da composição dos resíduos são provenientes de materiais orgânicos (restos de alimentos, cascas de frutas, podas de arvores e outros), representando em média mais de 50% do total dos resíduos coletados (IBGE, 2010). Na cidade de São Paulo no qual possuí o maior nível de industrialização a porcentagem dos resíduos orgânicos ainda é muito alta, sendo cerca de 51% ou 6,3 mil toneladas do total dos resíduos sólidos urbanos (SÃO PAULO, 2014). Apesar de existirem estudos de sobre a composição gravimétrica dos municípios do Brasil, existe ainda pouca continuação dos levantamentos dessas áreas, além de não possuírem padronização, refletindo assim, em pouca informação a respeito da

geração e destinação dos resíduos orgânicos. O Gráfico 1 demonstra a estimativa da composição gravimétrica dos RSU no Brasil no ano de 2008, onde, a matéria orgânica corresponde a 51,40% dos resíduos sólidos coletas no país.

Gráfico 1 - Estimativa composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2022



Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2022).

Segundo Nolasco (2000) os métodos de definição da caracterização de um resíduo são determinados pela função do seu objetivo. Os resíduos podem ser classificados por suas funções da sua origem, tipo, quantidade, fatores geradores, quantidade, composição, periculosidade, características físicas e químicas, forma de manejo, dispersão espacial e sazonalidade. As composições químicas dos resíduos de poda e corte de árvores são definidas como materiais orgânicos, no qual são relacionados quanto as suas propriedades. Segundo Silva *et al.* (2005) são constituídos aproximadamente por 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de

oxigênio e 1% de nitrogênio. Os resíduos são formados essencialmente por celulose, lignina, polioses, polímero aromático natural e de alto peso molecular responsável pela rigidez da parede celular, que definem em muitas vezes o uso comercial da madeira. Além desses compostos existem os componentes inorgânicos, denominados cinzas, as quais são compostas por potássio, cálcio, magnésio, pequenas quantidades de sódio, manganês, ferro, alumínio, além de radicais como carbonatos, silicatos, cloretos, sulfatos, traços de zinco, cobre e cromo, dente outros (CARDOSO *et al*., 2001). A Lei 12.305/2010 que define a PNRS considera em suas definições que os resíduos de poda e corte de árvores, são considerados como resíduos não perigosos e provenientes de limpeza urbana e, que se agregados aos resíduos domiciliares, passam a ser do tipo resíduos sólidos urbanos (CORTEZ, 2011). O artigo 36º da PNRS preconiza que: "No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos" Ademais, em seu inciso V estabelece: "implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido" (BRASIL, 2010). Atualmente no cenário nacional, o descarte dos resíduos de poda e corte de árvores em sua maioria são destinados para os lixões e aterros sanitários. Conforme Baratta Júnior (2007) relata esse material pode ser aproveitado com um baixo custo na substituição de recursos naturais na confecção de substratos, além de economizar no manejo destes rejeitos pelas prefeituras. Os resíduos de poda e corte de árvores em áreas urbanas são exemplos de resíduos orgânicos que são mal aproveitados, podendo parar nos aterros sanitários encurtando a vida útil destes e causando problemas ambientais (COSTA *et al*., 2013).

COMPOSTAGEM

Compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (KIEHL, 1985). Para Inácio e Miller (2009) o termo compostagem pode ter várias definições conforme sua aplicação, como: "o enfoque microbiológico, agronômico ou de engenharia ambiental. Mas todas ressaltam o caráter aeróbico e termofílico, o que exclui processos anaeróbicos. [...]" O processo de compostagem consiste na decomposição da matéria orgânica por microrganismos sob condições controladas formando um composto final biologicamente estabilizado (INÁCIO; MILLER, 2009). Na Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define a compostagem como uma forma de destinação final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos e coloca como atribuição do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos e a articulação com agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010). A compostagem já vem sendo utilizado há tempos, tanto os restos de animais e vegetais já eram utilizados para incorporar o solo, visando o aumento da produção agrícola. Na antiguidade esse processo foi muito utilizado, sobretudo pelos orientais, que faziam uso intensivo para produção de cereais (KIEHL, 1985). Durante o processo da compostagem a matéria orgânica, a qual é consumida pelos microrganismos, alguns componentes são volatilizados, e outros são transformados em substância com características químicas, físicas e físico-químicas diferentes da matéria prima. Ocorre também durante o processo a produção de calor e desprendimento, em especial, de vapor d'água e gás carbônico (KIEHL, 1998). A partir desse processo biológico, são gerados dois componentes importantes:

nutrientes (indispensáveis para as raízes das plantas) e húmus (componente necessário para desenvolver as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo) que atuam de maneira dinâmica na melhoria dos solos (KIEHL, 1998). Para López-Real (1995) o processo de compostagem constitui em quatro fases, sendo:

> *1ª Fase (mesófila)*: Ocorre a proliferação dos microrganismos mesófilos (ativos próximos da temperatura ambiente) que aglomeram na matéria. As temperaturas nesta fase são moderadas (cerca de 40-45 ºC) e o processo dura até que os microrganismos termófilos se instalem, o que ocorre quando as temperaturas se elevam em demasiado a ponto de os microrganismos mesófilos morrerem (INSAM *et al*., 2002)
>
> *2ª Fase (termófila)*: Nesta fase, predominam bactérias e fungos termofílicos que são capazes de sobreviver a temperaturas entre 65 e 70ºC. Ocorrem reações bioquímicas de oxigenação mais intensas, e os microrganismos irão atuar de forma plena degradando as moléculas mais complexas
>
> *3ª Fase (arrefecimento)*: A disponibilidade de material a ser decomposto é muito pequena, fazendo com que os microrganismos termófilos diminuam sua atividade, ocasionando na redução drástica da temperatura.
>
> *4ª Fase (maturação)*: Ocorre a diminuição da atividade microbiana, da acidez e da temperatura. A temperatura decresce de forma gradativa até se aproximar da temperatura ambiente, pois o composto perde a capacidade de auto aquecimento (INÁCIO; MILLER, 2009).

A compostagem é uma das melhores opções para o tratamento dos resíduos orgânicos, tendo em vista que o processo é favorável ao ambiente e adiciona valor a uma grande variedade de resíduos. Essa metodologia de tratamento é considerada como uma das mais sustentáveis para gestão de resíduos sólidos orgânicos em agroecossistemas, visto que, dá aos resíduos orgânicos um destino útil evitando o acúmulo destes em locais inadequados (FAN *et al*., 2017). A compostagem é um processo natural de ciclagem de nutrientes, e nas últimas décadas tem despertado interesse por parte dos agricultores como uma alternativa de forma eficiente e rápida para o aproveitamento dos resíduos orgânicos que são enviados para aterros e lixões. Através disso os agricultores possuem menores riscos de cultivo, maiores rendimentos e menores gastos com fertilizantes inorgânicos para agricultores (TEIXEIRA *et al*., 2002). A diferença entre a degradação natural e a compostagem está no fato que a compostagem ocorre sob condições controladas, e em um processo de degradação natural não existe nenhum tipo de controle das variáveis que ocorrem no processo. Para obter um bom processo de compostagem é necessário monitorar alguns parâmetros físico-químicos, onde, permitirá aos microrganismos condições favoráveis de desenvolvimento para transformação da matéria orgânica (SOUZA, 2014). Segundo SOUZA (2014) para monitorar a compostagem é necessário avaliar fatores importantes, como:

> *Umidade*: Tem grande importância para o processo, pois, a umidade presente na massa da compostagem viabiliza as funções vitais dos microrganismos envolvidos no processo. A umidade ideal encontra-se faixa de 50%, e entre os valores de 40% e 60% são os limites máximo e mínimo para que o processo funcione de maneira satisfatória. Abaixo de 40% compromete atividade microbiana e acima de 60% ocorre que nos espaços vazios de ar sejam preenchidos pela água, levando a uma anaerobiose e

eliminando, portanto, os microrganismos aeróbicos (KIEHL, 1985).

Aeração: A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Tem grande importância, sendo considerado o fator mais importante, no entanto, quanto mais úmidas estiverem as matérias primas mais deficientes será sua oxigenação. A aeração pode ser eficiente através do revolvimento das leiras, insuflação ou aspiração do ar contido nos vazios da massa. Havendo disponibilidade de oxigênio livre, predominam microrganismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos (PEIXOTO, 1981).

pH: Fator indicativo do estado de compostagem, onde, nas primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5.0, e posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando valores entre 7 e 8 (JIMENEZ; GARCIA, 1989).

Temperatura: Fator de relevância no processo de compostagem, porque quando a temperatura aumenta no interior das leiras, chegando a 65ºC, ou até mesmo superior a esse valor, demonstra a geração de calor pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico (KIEHL, 1998).

Relação carbono/nitrogênio (relação C:N): Para obter um bom processo de compostagem é necessário criar condições e dispor matérias primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que contenham relação C:N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, (PEIXOTO, 1981).

AGROECOLOGIA

A agricultura intensificou sua produção para atender as demandas cada vez maiores, mas esse processo de produção acabou levando a desequilíbrios biológicos nos agroecossistemas. A agricultura moderna, balizada pelos princípios da Revolução Verde, na qual emprega-se produção de monoculturas, mecanização no preparo do solo, uso intensivo de adubos e fertilizantes químicos com o objetivo de melhorar e aumentar a produção, acabam gerando grandes impactos no meio ambiente, especialmente na estrutura e na atividade biológica do solo e, também acabam contaminando os recursos hídricos. Fica claro que as práticas da agricultura convencional estão degradando globalmente o ambiente, conduzindo a declínios na biodiversidade, perturbando o equilíbrio natural dos ecossistemas e, em última instância, comprometendo a base de recursos naturais da qual os seres humanos e a agricultura dependem (GLEISSMAN, 2005). Com base neste cenário a agroecologia surge para auxiliar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencional, em modelos sustentáveis, com suporte científico, teórico e metodológico, regulando a entrada de energia, fechando os ciclos de nutrientes e reduzindo a dependência de insumos externos, promovendo rotação de culturas, contribuindo para a conservação dos solos, dos recursos hídricos e da biodiversidade (ALTIERI, 2004). A agroecologia parte de um novo estado de consciência e de responsabilidade para com o futuro da terra, visando à autocontenção e à justa medida em todas as ações que envolvem recursos escassos ou não renováveis, procurando um desenvolvimento que se faz em conjunto com a natureza e nunca contra ela (EMPAMIG, 2003). O conceito de ecossistema fornece as bases para desenhar e manejar os agroecossistemas, segundo Ab'Saber (2006) em 1935, Arthur Tansley, definiu o conceito de ecossistema como "o sistema

ecológico de um lugar", onde, em sua simples definição demonstra a complexidade da estrutura de um ecossistema. O ecossistema é composto por vários fatores (variáveis) que se interagem e se relacionam dentro do ambiente. O agroecossistema é utilizado para designar o ecossistema para fins agrícolas, segundo Gliessman (2000) "um agroecossistema é um local de produção agrícola compreendido como um ecossistema", mas existe uma diferença entre ecossistema e agroecossistema, pois, o ecossistema é algo natural e não a modificação e alteração da ação do homem que procura direcionar a produção primária do ecossistema para obter produtos para suas necessidades.

> Os agroecossistemas: "São sistemas ecológicos alterados, manejados de forma a aumentar a produtividade de um grupo seleto de produtores e de consumidores. Plantas e animais nativos são retirados e substituídos por poucas espécies" (PIMENTEL, 1973; PIMENTEL; PIMENTEL, 1996).

Nos agroecossistemas, assim como nos ecossistemas naturais, ocorrem tanto processos ecológicos, como ciclos de nutrientes, interações predador/presa, competição, comensalismo e sucessões ecológicas; entretanto neste tipo de sistema de produção o grau de resiliência e estabilidade não são determinados somente por fatores ambientais e bióticos, mas também por fatores socioeconômicos como posse da terra, queda dos preços, mercado, entre outros (ALTIERI, 2004). A agroecologia incorpora uma visão ecológica sob uma perspectiva social, porém a conquista do saber não se dá exclusivamente por meio de fórmulas acadêmicas, mas, principalmente, no âmago das relações sociais em seu conjunto. Através dessa troca de informação e de experiências resultantes da ação educadora e integradora da universidade com a sociedade,

espera-se que a extensão alcance igual prestígio ao ensino e a pesquisa para formar um tripé devidamente equilibrado (GONÇALVES, 1972). A produção agroecológica, baseada nos princípios ecológicos, possibilita uma análise integradora de diferentes conceitos, dentre elas se destaca a ciclagem de nutrientes. A ciclagem de nutrientes além de ser fonte de energia para os organismos vivos para formar seus corpos e manter suas funções vitais é também constituída por uma série de nutrientes. Esses nutrientes se movem em ciclos, passando dos componentes bióticos aos abióticos, necessitando de organismos para se desenvolver. A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas está relacionada ao fluxo de energia, uma vez que os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas no solo, e ao decomporem, voltam a disponibilizar esses nutrientes nas camadas mais superficiais facilitando sua absorção pelas plantas (GLIESSMAN, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desenvolvimento e avaliação do processo de compostagem

No processo de trituração dos materiais para construção das leiras de compostagem (Figura 4) foi constatado que a maioria dos materiais lenhosos que estavam dispostos e que foram triturados eram da espécie Oiti (Nome científico: *Licanea tomentosa*). Segundo BRITO *et al*. (2011) no município de Frutal destaca-se o Oiti como sendo a mais frequente, respondendo por 7.108 indivíduos da totalidade das árvores plantadas, ou seja, 54,22% das 13.110 árvores plantadas. As podas mais comuns em Frutal são as que visam adequação do indivíduo (ex: contato com fiação elétrica aérea, para dar forma a copa da árvore e entre outros). O Oiti é uma espécie altamente tolerante a podas, com grande capacidade de recuperação mesmo em podas drásticas, com sua copa aceitando formatos definidos (BRITO *et al*., 2011).

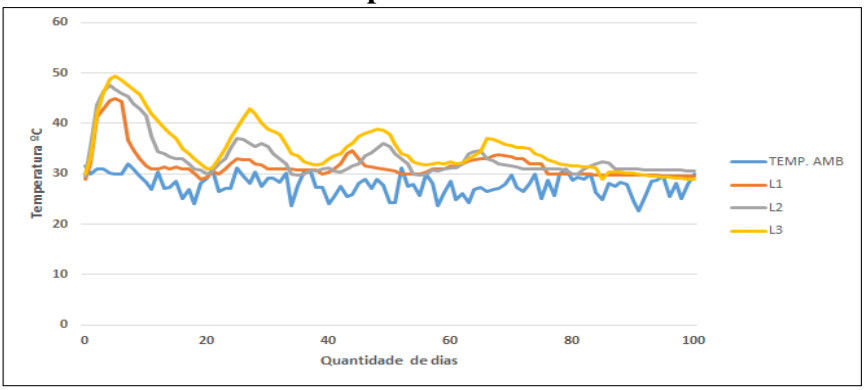
Figura 4 - Montagem das leiras



Fonte: Elaboração própria.

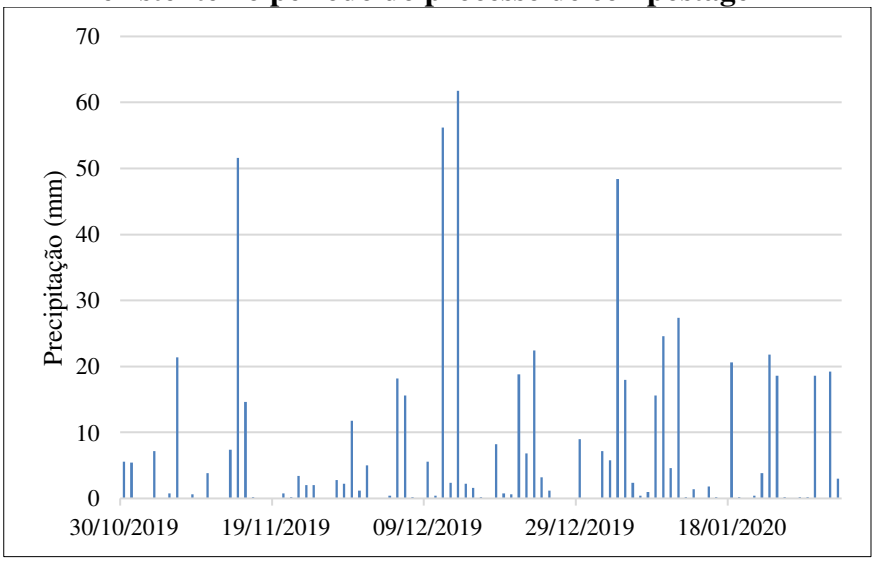
O Gráfico 2 ilustra as temperaturas atingidas durante o processo de compostagem, sendo, que a leira L3 atingiu os maiores valores, chegando a 49,8ºC, em segundo a leira L2 atingindo 47,5ºC, e em último lugar por fim a leira L1 atingindo 45ºC. A média de temperatura da leira L3 foi de 38,3ºC, da leira L2 35,41ºC e da leira L1 de 32,05%. No início do processo da compostagem houve uma perda mais expressiva de água, devido às altas temperaturas durante os 10 primeiros dias e por consequência um gasto maior deste recurso. A evolução da temperatura é um sinal de atividade microbiana durante o processo de compostagem Li *et al*. (2013). Podemos declarar que a leira L3 possuía as melhores condições para decomposição, pois, a torta de mamona proporciona maior atividade dos microrganismos decompositores. Foi também verificado o aumento da temperatura a cada revolvimento, nas três leiras isso fica evidenciado aos 20, 40 e 60 dias do processo de compostagem. Segundo Van Heerden *et al*. (2002) é normal que ocorra aumento da temperatura das leiras após o revolvimento.

Gráfico 2 - Temperatura das leiras em ºC



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 3 - Valor da precipitação existente no período do processo de compostagem



Fonte: Elaboração própria. Baseado em: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

No Gráfico 3 são apresentados os índices de precipitação durante o período do processo da compostagem. Foram poucas as irrigações efetuadas nas leiras durante o processo da compostagem, devido ao período de chuvas que ocorreram nos meses de novembro, dezembro e janeiro. No entanto, as grandes precipitações também atrapalharam o desempenho da decomposição dos resíduos, pois, com as altas concentrações de umidade houve a aglutinação das partículas, o que baixou a resistência da leira e restringiu a distribuição de oxigênio para microrganismos aeróbicos.

A Figura 5 demonstra as leiras no final do processo, e foi possível perceber visualmente uma diminuição nos volumes das leiras L2 e L3. As características dos compostos, ao final do processo, demonstraram que nem todos os materiais terminaram o processo de compostagem, devido o composto possuir coloração marrom e estruturas das folhas formada por lignina, composto de difícil decomposição. Conforme a Resolução CONAMA n° 481 (CONAMA, 2017), que estabelece critérios e procedimentos para garantir a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, define no seu Art. 5º requisitos mínimos de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos sólidos orgânicos durante o período de compostagem, no qual as leiras avaliadas, deveriam possuir temperaturas maiores que 65ºC por 3 dias ou maior que 55ºC em 14 dias. Ambos os compostos obtidos não alcançaram a temperatura mínima exigida na resolução, no entanto, as temperaturas não foram alcançadas devido ao pequeno volume das leiras, pela matéria prima possuir alta granulometria (favorecendo a aeração) e também pela configuração da leira ser de um resíduo homogêneo, no caso das leiras L1 e L2, pois, a variedade de materiais em uma compostagem aumenta a variedade de microrganismos atuantes, criando uma boa relação C:N para o desenvolvimento dos microrganismos.

Figura 5 - Final do processo de compostagem



Fonte: Elaboração própria.

Potencial do composto orgânico resultante do processo de compostagem

O potencial para aplicação dos compostos orgânicos gerados, são inúmeros, desde a utilização para fertilização do solo, como substratos, no controle de erosão, como adubos para praças, canteiros centrais, arborização urbana, agricultura urbana, pequenos produtores rurais, produção de mudas e entre outras aplicações que formaram um ciclo sustentável dos resíduos, promovendo benefícios de ordem ambiental, econômica e social. O composto orgânico tem grandes vantagens, dentre elas a liberação dos nutrientes acontecer aos poucos, diferente da utilização de fertilizantes químicos.

Figura 6 - Exemplo de experimento efetuado pela SEMMA utilizando os compostos das leiras L1, L2 e L3 na produção de alface crespa



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 6, ilustra um exemplo de experimento efetuado pela secretaria de meio ambiente de Frutal-MG (SEMMA) na utilização dos compostos das leiras L1, L2 e L3 como substratos para produção de alfaces crespas. Na comparação da utilização de substratos em sistemas de produção de plantas aos cultivos realizados no solo, apresenta algumas vantagens, como a diminuição do risco de salinização do meio radicular, possibilidade de manejar a água mais adequadamente, fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente no rendimento e na qualidade final dos produtos (ANDRIOLO *et al*., 1999). Segundo Inácio e Miller (2009) a utilização de adubo orgânico pode gerar

inúmeros benefícios ambientais e econômicos, como: elevar a capacidade de troca de cátions do solo, melhorar o aproveitamento de fertilizantes minerais, aumentar o pH do solo e aumento da biodiversidade do solo.

Levantamento do volume dos resíduos de poda e corte de árvores

Através da aquisição de imagens áreas e efetuado os processamentos de imagem como resultado foi obtido uma ortofoto com resolução de 1,64 cm/px, conforme Figura 7.

Figura 7 - Ortofoto



Fonte: Elaboração própria.

A partir do polígono da área de interesse (Figura 8) dos resíduos de galhada foi obtido volume de 847 m³ de resíduos em um perímetro de 83m.

Figura 8 - Delimitação da área de interesse para cálculo do volume



Fonte: Elaboração própria.

O volume obtido durante o período de 15 dias dispostos, demonstra a grande geração dos resíduos, sendo necessária, uma intervenção do setor público para o tratamento, com intuito de reciclar, reutilizar e diminuir o volume gerado. Para mensurar a geração dos resíduos é necessário um estudo mais amplo, contemplando um período de no mínimo 1 ano para ações de pesagem e caracterização das espécies arbóreas existentes na área de galhada. Segundo MMA (2010) para efetuar um planejamento do uso de resíduos de arborização urbana é necessário conhecer as características da arborização da cidade, como: frequência da poda e remoção, os tipos e ocorrências das espécies, características dos resíduos para obter o melhor aproveitamento (a densidade da madeira, o teor de umidade, a cor, quantidade de carbono fixo,

variáveis que demonstram qual é o melhor aproveitamento do resíduo).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo demonstrou que a adoção de práticas simples de manejo, tais como: controle de umidade (irrigação), temperatura e aeração (revolvimento) das leiras podem melhorar o processo de compostagem e diminuir o volume dos resíduos. Dentre os 3 tratamentos analisados: destacou-se com o melhor desempenho na decomposição da matéria orgânica a leira L3 (resíduos de poda de corte de arvores + irrigação + 1% (peso da leira) torta de mamona), que obteve as maiores temperaturas entre os tratamentos, chegando atingir 49,8ºC; em segundo o tratamento da leira L2 (resíduos de poda e corte de arvores + irrigação), atingindo 47,5ºC de temperatura; e por último, a leira L1 (resíduos de poda e corte de arvores), obtendo 45ºC. No entanto, conforme a Resolução CONAMA n° 481, ambos os compostos não atingiram os requisitos mínimos de tempo e temperatura necessários para higienização. A grande geração desses resíduos, verificada através do levantamento do volume gerado na área de galhada, no qual obteve-se em um período de 15 dias um volume de 847 m³, percebeu-se a necessidade de um planejamento pelo setor público na geração desses resíduos e também em quais as alternativas de tratamentos necessárias. Dentre as alternativas, o tratamento através do processo de compostagem é uma solução viável economicamente, diferente do processo executado na área de galhada do município, que resulta em diversos problemas ambientais. Através da compostagem, se dá um destino final ambientalmente adequado para esses resíduos, que podem ser aproveitados em diversas aplicações, principalmente, para produção de adubos orgânicos, substituindo os fertilizantes químicos

amplamente utilizados e que causam grande impactos ambientais negativos.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Ecossistemas do Brasil**. São Paulo: Editora Metalivros, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

AGOSTINHO, F. *et al*. "Urban solid waste plant treatment in Brazil: is there a net energy yield on the recovered materials?" **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 73, 2013.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

BARATTA JUNIOR, A. P. **Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas** (Dissertação de Mestrado em Agricultura Orgânica). Seropédica: UFRRJ, 2007.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 31/10/2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Versão preliminar para consulta pública - Setembro de 2022**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 31/10/2020.

BRITO, T. A. S. *et al*. **Diagnóstico de Microbacias para a Sustentabilidade**. São Joao del Rei: FAUF, 2011.

CARDOSO, G. V. *et al.* "Adequação de metodologia amostral de madeira de Eucalyptus saligna e Eucalyptus globulus para determinação do teor de cinzas". **Anais do Congresso Internacional de Celulose e Papel**. São Paulo: ABTCO, 2001.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 481, de 3 de outubro de 2017**. Brasília: CONAMA, 2017. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 31/10/2020.

CORTEZ, L. C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia**: Estudo de Caso: AES ELETROPAULO (Tese de Doutorado em Energia). São Paulo: USP, 2011.

COSTA, L. A. M. *et al*. "Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino". **Revista Ceres**, vol. 60, n. 5, 2013.

FAN, Y. V. *et al*. "Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting". **Journal of Environmental Management**, vol. 216, 2017.

FERNANDES, L. B. *et al*. "Influência da torta de mamona nas características químicas do solo". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 6, n. 3, 2011.

GLIESSMAN, S. **Agroecologia**: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GONÇALVES, N. **A extensão como uma das funções básicas da universidade**. Fortaleza: UFC, 1972.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**: Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

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

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

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem** - maturação e qualidade do composto. Piracicaba: ESALQ, 1998.

LI, Z. *et al*. "Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review". **Chemosphere**, vol. 93, n. 7, 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito e Consórcios Públicos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – Tabeliua cassinoides (Lam.) DC**.: caracterização e perspectivas (Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). São Carlos: USP, 2000.

PEIXOTO, J. O. "Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica". **Revista Engenharia Sanitária**, vol. 1, 1981

PHOTOSCAN. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition. Version 1.0**. St. Petersburg: Agisoft, 2014. Disponível em: <www.agisoft.com>. Acessado em 15/01/2020.

PIMENTEL, D. "Food production and the energy crisis". **Science**, vol. 182, 1973.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society**. Niwot: University Press of Colorado, 1996.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. São Paulo: SMMA, 2014.

SARTORI, V. C. *et al.* **Cartilha para agricultores, compostagem**. Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. Caxias do Sul: UCS, 2012.

SEMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Frutal. **Depósito de galhadas**. Frutal: SMMA, 2019. Disponível em: <www.frutal.mg.gov.br>. Acesso em: 23/12/2021.

SILVA, J. C. *et al*. "Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de Eucalyptus Grandis Hill. Ex. Maiden". **Revista Árvore**, vol. 29, n. 3, 2005.

SOUZA, C. L. L. **Compostagem para tratamento da parcela facilmente degradável dos resíduos sólidos domésticos rejeitada nos processos de triagem de inertes** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). São Leopoldo: UNISINOS, 2014.

VAN HEERDEN, I. *et al*. "Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting". **Bioresource Technology**, vol. 81, n. 1, 2002.

SOBRE OS AUTORES

SOBRE OS AUTORES

Adeilton Pereira Maciel é professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail para contato: ap.maciel@ufma.br

Alexandra do Nascimento Passos é professora da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Doutora em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG). E-mail para contato: alexandranascimento@uol.com.br

Amannda Menezes de Oliveira é graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental. Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). E-mail para contato: amannda.menezes@gmail.com

Ana Paula Sturbelle Schiller é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Riograndense (IFSul). Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). E-mail para contato: eng.anapschiller@gmail.com

Ariela da Silva Torres é professora da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Graduada, mestre e doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail para contato: arielatorres@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Charlei Marcelo Paliga é professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Mestre em Engenharia Oceânica. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail para contato: charleipaliga@gmail.com

Chiara Gomes de Lima é professora das Faculdades Santo Agostinho (FASA). Mestre em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Local pelo Centro Universitário UNA (UNA). E-mail para contato: chiarapeletlima@gmail.com

Diogo Siqueira da Silva é professor do Centro Universitário Internacional (UNINTER). Especialista pós-graduado em Metodologia do Ensino Superior. E-mail para contato: diogo.sil@uninter.com

Eduardo Rodrigues Ferreira é professor da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail para contato: eduardo.ferreira@uemg.br

Elísio Luís Gonzaga da Silva é graduado em Física. Especialista em Ensino da Física. Mestre em Energia e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail para contato: elisiofisico@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Elói Martins Senhoras é docente da Universidade Federal de Roraima (UFRR) e pesquisador do *think tank* IOLEs. Graduado em Economia, Política e em Geografia. Doutor em Ciências. E-mail para contato: eloisenhoras@gmail.com

Fernando Carvalho Silva é professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail para contato: fernando.carvalho@ufma.br

Gilza Maria Piedade Prazeres é professora da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre e doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: gmp.prazeres@ufma.br

Karenina Cardoso Matos é professora da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail para contato: karenina@ufpi.edu.br

Letícia Kobernovicz é graduada em Ciências Contábeis pela Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO). Áreas de interesse de pesquisa: Meio Ambiente; e, Contabilidade Gerencial. E-mail para contato: kober_leticia@hotmail.com

SOBRE OS AUTORES

Rita de Cássia Alberini é professora do Centro Universitário Internacional (UNINTER). Especialista em Saúde Estética pela Faculdade Ibra de Brasília (FABRAS). E-mail para contato: rita.a@uninter.com

Rodrigo Berté é Pró-Reitor de Graduação do Centro Universitário Internacional (UNINTER). Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: rodrigo.b@uninter.com

Rodrigo de Cássio da Silva é Coordenador de Curso no Centro Universitário Internacional (UNINTER). Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: rodrigo.sil@uninter.com

Telma Regina Stroparo é professora da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). E-mail para contato: telma@unicentro.br

Vera Lucia Pereira dos Santos é Coordenadora de Curso no Centro Universitário Internacional (UNINTER). Doutora em Medicina Interna pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: vera.s@uninter.com

SOBRE OS AUTORES

Walter Junio Guimarães Granel é especialista em Agroecologia no Cerrado. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). E-mail para contato: waltergranel@hotmail.com

Wilza Gomes Reis Lopes é professora da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail para contato: wilza@ufpi.edu.br

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

Copyright © Editora IOLE
2022

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

Copyright © Editora IOLE
2022