



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO

ÍTALO JOSÉ SILVA SANTOS

**REÚSO DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO À CAL PARA
PINTURA: MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS**

São Cristóvão/SE

2022

ÍTALO JOSÉ SILVA SANTOS

**REÚSO DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO À CAL PARA
PINTURA: MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza.

São Cristóvão/SE

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237r Santos, Ítalo José Silva.
Reúso do gesso na construção civil em substituição à cal para pintura: mitigando impactos ambientais / Ítalo José Silva Santos; orientador Roberto Rodrigues de Souza. – São Cristóvão, SE, 2022.
85 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Construção civil. 2. Gesso - Reúso. 3. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 4. Cal. 5. Impacto ambiental. I. Souza, Roberto Rodrigues de, orient. II. Título.

CDU 628.4.043

ÍTALO JOSÉ SILVA SANTOS

**REÚSO DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO À CAL PARA
PINTURA: MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS**

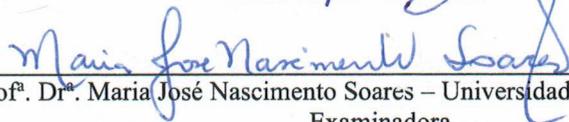
Avaliado em: 24/04/2022.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

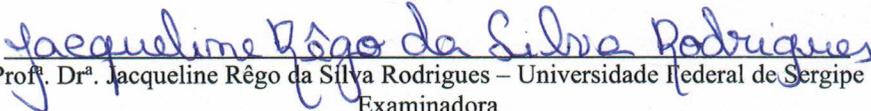
Banca Examinadora



Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza – Universidade Federal de Sergipe
Presidente-orientador



Prof.ª Dr.ª Maria José Nascimento Soares – Universidade Federal de Sergipe
Examinadora



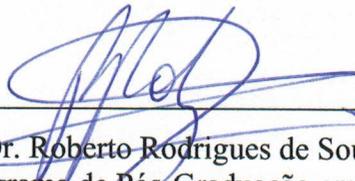
Prof.ª Dr.ª Jacqueline Rêgo da Silva Rodrigues – Universidade Federal de Sergipe
Examinadora

São Cristóvão/SE

2022.

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS

CESSÃO DE DIREITOS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Ítalo José Silva Santos

Ítalo José Silva Santos
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza

Prof. Dr. Roberto Rodrigues de Souza
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha rocha, meu escudo e meu refúgio. Agradeço pela concessão de viver com saúde e em paz.

À minha esposa, que nunca mediu esforços para ajudar. Agradeço pelo amor, incentivo e apoio para a realização deste sonho.

Aos meus pais e às minhas irmãs, pelo amor, pela dedicação e pelos ensinamentos, que sempre facilitam minha jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto Rodrigues, que desde o primeiro dia acreditou no meu projeto. Obrigado pela paciência, pelo profissionalismo, pelo conhecimento compartilhado e pela humildade, os quais foram fundamentais para guiar esta caminhada.

À Me. Rosiane dos Santos pela disponibilidade, dicas e assistência durante os dias em que estive no LABAM.

À Prof^a. Dr^a. Kelma Vitorino e à Prof^a. Dr^a. Daniela Bitencourt por ouvirem minhas ideias e ajudarem a organizá-las.

À Prof^a. Dr^a. Maria José e à Prof^a. Dr^a. Jacqueline pelas ricas contribuições na qualificação e por comporem a Banca Examinadora desta pesquisa.

Aos coordenadores, professores e colaboradores que fazem parte do PRODEMA/UFS pela dedicação e pelo compartilhamento de seus conhecimentos.

Aos meus colegas da turma de 2020 por dividirem comigo momentos de aprendizado, de angústia e também de descontração.

A Ingrid e Ruana pelas dicas, pela partilha de experiências, pela camaradagem e por garantirem que no caminho não faltassem boas risadas.

Aos colegas da 21^a CIPM, em especial do 3^o Pelotão, pela ajuda com escalas e pela flexibilidade de horários para cumprimento desta missão.

Aos colegas do Grupo Planeta Limpo por não medirem esforços quando precisei de amostras, participação e outros favores.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão desta pesquisa.

RESUMO

A construção civil é um dos segmentos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país. O problema são os impactos ambientais causados por essa atividade, dentre eles a geração de resíduos provenientes dos canteiros de obras, como o resíduo de gesso. Dentre as formas de contribuir para a redução dos impactos causados, estão as práticas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos da construção civil. O gesso está cada dia mais presente nas obras, sendo muito utilizado no revestimento interno de edificações e, devido a isso, gera um alto volume de resíduos, correspondendo aproximadamente a 4% e 15% do total de resíduos gerados em um canteiro de obras. Uma vez destinados de forma inadequada, esses resíduos ocupam grandes áreas, causam lixiviação das águas superficiais e subterrâneas, além de gerar poeira e exigir um custo alto para manutenção e monitoramento. No ano de 2011, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – alterou o art. 3º da Resolução nº 307/2002, determinando uma nova classificação para o resíduo de gesso, para o qual anteriormente não havia tecnologia ou aplicação viável para reciclagem ou recuperação e, desde então, deve ser reutilizado ou reciclado. Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivo propor uma alternativa para mitigar impactos ambientais a partir da reutilização dos resíduos de gesso gerados nas obras de construção civil do município de Aracaju-SE. A metodologia fundamentou-se no método hipotético-dedutivo, optando-se por uma pesquisa descritiva, exploratória e de natureza quantitativa e qualitativa. A hipótese considerada nesta pesquisa foi a de que tais resíduos podem ser reutilizados na aplicação de pinturas em substituição à cal. Os dados foram coletados por meio de fontes bibliográficas e documentais; de questionários aplicados junto a profissionais que atuam no segmento da construção civil, cooperativas de reciclagem, empresas gerenciadoras de resíduos e órgãos públicos que realizam serviços urbanos; e mediante a realização de experimentos. A análise dos dados foi dividida em três tópicos: o primeiro sobre a avaliação do interesse de possíveis usuários reutilizarem resíduos de gesso em suas atividades profissionais; o segundo analisou o potencial de reutilização dos resíduos de gesso na aplicação em pinturas substituindo a cal; e o terceiro abordou a aceitação dos possíveis consumidores após testarem os resíduos de gesso na aplicação de pinturas. A análise revelou que é viável a reutilização dos resíduos de gesso da construção na aplicação de pinturas em substituição à cal. Sendo assim, torna-se essa uma proposta para reduzir os impactos ambientais causados pela destinação inadequada dos resíduos de gesso.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil. Reutilização. Gesso. Cal.

ABSTRACT

Civil construction is one of the most important segments for the economic and social development of a country. The issue is the environmental impacts caused by this activity, including the waste production from construction sites, such as gypsum residue. Among the ways to contribute to reduce the impacts are practices like reduction, reuse and recycling civil construction waste. Gypsum is increasingly present in works, being widely used in internal building linings and, due to this, creates a high volume of residues, corresponding to approximately 4% to 15% of total waste generated at a construction site. Once improperly disposed, these residues occupy large areas, cause surface and groundwater leaching, in addition to creating dust and demanding high costs for maintenance and monitoring. In 2011, the National Environment Council – CONAMA – amended article 3rd of Resolution number 307/2002, defining a new rating for gypsum waste, for which there was previously no viable technology or application for recycling or recovery and, since then, must be reused or recycled. Therefore, the present research aimed to propose an alternative to mitigate environmental impacts from reusing gypsum waste generated in construction works in Aracaju-SE. The methodology was based on the hypothetical-deductive method, opting for a descriptive, exploratory, quantitative and qualitative research. The hypothesis considered was that such residues can be reused in paintings to replace whitewash. Data were collected through bibliographic and documentary sources; forms applied to construction workers, recycling cooperatives, waste management companies and public institutions that perform urban services; and by carrying out experiments. Data analysis was divided into three topics: first on the assessment of interest of potential users to reuse gypsum waste in their professional activities; second analyzed the potential for reuse of gypsum residues in paintings, replacing whitewash; and third addressed the acceptance of potential consumers after testing gypsum waste in application of paints. Analysis revealed that is feasible to reuse gypsum waste from construction in the application of paints to replace whitewash. Thus, this becomes a proposal to reduce the environmental impacts caused by inadequate destination of gypsum waste.

Keywords: Civil Construction Waste. Reuse. Gypsum. Whitewash.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Geração de resíduos no Brasil.....	25
Figura 02: Quantidade de resíduos destinados de forma inadequada no Brasil.....	25
Figura 03: Quantidade de resíduos de construção civil coletados no Brasil.....	26
Figura 04: Principais resíduos gerados na construção civil.....	28
Figura 05: Exploração de gipsita.....	32
Figura 06: Gesso em pó.....	32
Figura 07: Formas de aplicação do gesso na construção civil.....	34
Figura 08: Pintura do ano 10 mil a.C. feita com cal.....	36
Figura 09: Fluxo de etapas do método hipotético dedutivo.....	40
Figura 10: Localização do município de Aracaju, no estado de Sergipe.....	41
Figura 11: Resíduo de gesso coletado para utilização na pesquisa.....	44
Figura 12: Resíduo de gesso após fragmentação.....	45
Figura 13: Resíduo de gesso empregado no moinho de bolas.....	46
Figura 14: Resíduo de gesso após emprego no moinho de bolas.....	47
Figura 15: Peneira Tyler 100 utilizada no peneiramento.....	48
Figura 16: Cal, resíduo de gesso peneirado em malha 0,150mm e retido em 100 mesh.....	49
Figura 17: Parede experimental construída.....	50
Figura 18: Mistura do resíduo de gesso com água.....	51
Figura 19: Parede experimental logo após aplicação da pintura com resíduo de gesso e cal.....	53
Figura 20: Realização do teste de abrasão.....	54
Figura 21: Corte em “X” realizado com bisturi na parede.....	55
Figura 22: Colagem de fita adesiva.....	56
Figura 23: Realização do teste de pulverulência.....	57
Figura 24: Amostras distribuídas para os possíveis usuários.....	58
Figura 25: Parede experimental pintada com cal e resíduo de gesso, respectivamente.....	64
Figura 26: Parede experimental após realização do teste de abrasão.....	65
Figura 27: Pesagem realizada nas fitas adesivas.....	66
Figura 28: Resíduos presos à mão após aplicação do teste de pulverulência.....	67
Figura 29: Parede experimental no 1º dia de exposição em área coberta.....	68
Figura 30: Parede experimental no 20º dia de exposição em área coberta.....	69
Figura 31: Parede experimental no 1º dia de exposição em área descoberta.....	70
Figura 32: Parede experimental no 20º dia de exposição em área descoberta.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Histórico da geração de resíduos ao longo do tempo.....	22
Quadro 02: Fases de geração de resíduos da construção civil.....	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Representatividade de países na produção mundial de gipsita.....	31
Gráfico 02: Divisão da massa de resíduo de gesso após peneiramento.....	49
Gráfico 03: Sobre o uso de cal para pintura.....	61
Gráfico 04: Conhecimento sobre reutilização dos resíduos de gesso.....	62
Gráfico 05: Diferenciais citados quanto à reutilização dos resíduos de gesso.....	63
Gráfico 06: Satisfação quanto ao poder de cobertura.....	72
Gráfico 07: Acreditação quanto à substituição da cal para pintura.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas Públicas e Resíduos Especiais
CM	Centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMSURB	Empresa Municipal de Serviços Urbanos
G	Grama
ICC	Indústria da Construção Civil
KG	Quilograma
L	Litro
LABAM	Laboratório de Biotecnologia Ambiental
MG	Minas Gerais
MM	Milímetro
NBR	Norma Brasileira Técnica
PE	Pernambuco
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PMGRCC	Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RJ	Rio de Janeiro
RS	Rio Grande do Sul
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 Resíduos sólidos	22
2.2 Resíduos da construção civil	26
2.3 Resíduos de gesso da construção civil	31
2.4 Cal para pintura	35
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	40
3.1 Método da pesquisa	40
3.2 Caracterização da pesquisa	41
3.2.1 <i>Área de estudo</i>	41
3.2.2 <i>Objeto de estudo</i>	42
3.2.3 <i>Sujeitos da pesquisa</i>	42
3.2.4 <i>Forma de abordagem</i>	42
3.3 Coleta dos dados	43
3.4 Análise dos dados	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1 Avaliação do interesse dos possíveis consumidores	61
4.1.1 <i>Uso de cal para pintura</i>	61
4.1.2 <i>Ciência da possibilidade de reutilização dos resíduos de gesso</i>	61
4.1.3 <i>Reutilização dos resíduos de gesso</i>	62
4.1.4 <i>Possibilidade de reutilização dos resíduos de gesso na aplicação de pinturas</i>	62
4.1.5 <i>Uso e compra dos resíduos de gesso para aplicação em pinturas</i>	62
4.1.6 <i>Diferenciais citados quanto à reutilização dos resíduos de gesso</i>	62
4.2 Potencialidade de reutilização para aplicação em pintura, substituindo a cal	63
4.2.1 <i>Facilidade para aplicação e poder de cobertura</i>	63
4.2.2 <i>Resistência à abrasão</i>	64
4.2.3 <i>Resistência de aderência</i>	65
4.2.4 <i>Pulverulência</i>	66
4.2.5 <i>Desgaste após exposição a intempéries climáticas</i>	67
4.3 Satisfação dos possíveis consumidores	71
4.3.1 <i>Facilidade e fluidez durante a realização da pintura</i>	71
4.3.2 <i>Poder de cobertura após execução da pintura</i>	72

<i>4.3.3 Semelhança em aspectos de tonalidade com a cal para pintura.....</i>	<i>72</i>
<i>4.3.4 Substituição à cal para pintura.....</i>	<i>72</i>
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	75
5.1 Conclusões.....	75
5.2 Sugestões.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXO A – Questionário de avaliação do interesse dos possíveis consumidores.....	82
ANEXO B – Questionário de satisfação dos possíveis consumidores.....	83

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados é um desafio de países de todo o mundo, inclusive para o Brasil. O crescimento demográfico nas zonas urbanas, o aumento da população, a ocupação desordenada de terras, o consumismo exacerbado e a revolução tecnológica afetam de forma direta o aumento dos índices de geração de resíduos do país. Esse aumento acarreta problemas ambientais, dentre eles a indisponibilidade de locais para realizar a destinação final de resíduos, visto que a maioria das cidades brasileiras não acompanha o ritmo do crescimento demográfico com infraestrutura sanitária adequada (SANTOS et al., 2018).

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) divulgou que, no ano de 2021, os números referentes à geração de RSU revelaram um total anual de quase 82,5 milhões de toneladas de resíduos gerados no Brasil (ABRELPE, 2021).

Os resíduos da construção civil (RCC) representam a massa predominante dos resíduos gerados em áreas urbanas. Segundo a ABRELPE, no ano de 2020 foram gerados 47 milhões de toneladas de resíduos provenientes de construção e demolição, os quais correspondem a mais que 50% do total de RSU.

Acompanhando o ritmo do desenvolvimento econômico, o setor de construção civil ganhou espaço no mercado e contribui gerando emprego e renda. A construção civil é um dos segmentos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país. Apesar da contribuição positiva nesses aspectos, pelo setor são gerados impactos ao meio ambiente, como o alto consumo de recursos naturais, a modificação de paisagens e o grande volume de resíduos gerados nas obras (GUALBERTO, 2017).

Percebe-se, nos últimos anos, que o volume de resíduos de obras cresceu significativamente. Isso aconteceu devido ao desenvolvimento econômico do Brasil, afinal a facilidade de efetuar financiamentos para a construção de imóveis aqueceu a indústria de construção civil no país (ANDRADE, 2017).

Dentre as formas de reduzir o impacto ambiental causado pela construção civil está a prática da redução, reutilização e reciclagem dos resíduos de obras. Essas ações contribuem também para a atenuação do efeito estufa, oriundo das atividades que estão inseridas na construção civil, como a produção, o transporte e a execução dos materiais e serviços utilizados no setor (FERNANDES, 2016).

A Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002 e a Lei nº 12.305 de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS) definem como resíduos da construção civil aqueles que são provenientes de construções, reparos, reformas, demolições, inclusive aqueles resultantes da preparação e escavação de terrenos. Também impõem aos agentes que estão envolvidos na geração, no transporte e na destinação dos resíduos de construção responsabilidades e diretrizes, buscando a mitigação de impactos ambientais. Para cumprir tal orientação, é necessário realizar o descarte desses materiais de forma adequada.

A Resolução nº 307/2002 do CONAMA cita como exemplo de resíduos da construção civil aqueles que têm componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), além de argamassa, concreto, tintas, solventes, óleos, telhas de amianto, bem como materiais recicláveis como plástico, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.

No ano de 2011, o CONAMA alterou o art. 3º da Resolução nº 307/2002, determinando uma nova classificação para o resíduo de gesso, para o qual anteriormente não havia tecnologia ou aplicação economicamente viável para reciclagem ou recuperação, mas que, a partir de então, deve ser reutilizado, reciclado ou direcionado para áreas de armazenamento temporário para posteriormente ser submetido a processo de reutilização ou reciclagem.

No Brasil, a utilização do gesso na construção civil cresce a cada dia devido ao avanço da tecnologia aplicada no setor, somado à necessidade de entregar cada vez mais rápido os empreendimentos. O gesso satisfaz as necessidades do setor de construção, pois é visto pelas construtoras como um produto de qualidade e baixo custo, principalmente para aplicação em revestimentos internos de paredes. Ele também tem maior rendimento na aplicação, rapidez na execução e bom acabamento final, chegando ao nível de não haver necessidade de aplicação de massa corrida, por exemplo (GASPARIN, 2020). Ele está cada dia mais presente entre os materiais de construção. Quando aplicado, dispensa o uso de chapisco ou reboco, uma vez que sua utilização pode ocorrer diretamente no bloco cerâmico ou de concreto, o que torna seu emprego vantajoso por conta da economia de material e mão de obra, quando comparado aos materiais cimentícios (FERNANDES, 2016).

Porém, o grande impasse ocorre devido ao alto volume de resíduos provenientes da utilização do gesso, que correspondem de 4% a 15% do total dos resíduos gerados em um canteiro de obras. Uma vez eliminados de forma inadequada, esses resíduos causam ocupação de áreas e lixiviação das águas superficiais e subterrâneas, geram poeira e exigem um custo alto para manutenção e monitoramento, além de que não podem ser destinados em aterro face à reação química do sulfato com substâncias orgânicas e, conseqüentemente, à formação de gases tóxicos (SILVA; SANTANA; RIBEIRO, 2019).

Para reduzir o desperdício de materiais, as construtoras devem criar o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) em suas obras. O PGRCC corresponde aos procedimentos que devem ser adotados para viabilizar a economia de recursos durante a execução da obra e amenizar os impactos ambientais causados pelos materiais que não têm mais serventia.

A Resolução nº 307/2002 define deveres e responsabilidades dos municípios quanto à fiscalização do cumprimento do PGRCC. Desde então, as construtoras precisam cumprir seu papel, obedecer à legislação e realizar o manejo e o destino adequado dos resíduos gerados em suas obras. (MOTA, 2017).

O presente estudo foi produzido com base em questionamentos relacionados à problemática dos resíduos de gesso gerados na construção civil. Destaca-se também, nessa perspectiva, a preocupação com os impactos causados por esses resíduos quando destinados de forma inadequada e, simultaneamente, reflete-se sobre o que poderia ser feito para mitigar tais impactos.

Diante disso, o estudo sustentou-se na problemática da geração e destinação dos resíduos de gesso e se voltou a investigar uma alternativa que possa diminuir os impactos causados pela destinação inadequada desses resíduos.

A hipótese considerada nesta pesquisa é a de que os resíduos de gesso da construção civil podem ser reutilizados na aplicação de pinturas em substituição à cal.

O objetivo geral é propor uma alternativa para a reutilização dos resíduos de gesso gerados nas obras de construção civil. E foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Avaliar o interesse de possíveis usuários, a respeito da reutilização dos resíduos de gesso da construção civil, na aplicação de pinturas em substituição à cal;
- ✓ Analisar a viabilidade técnica da reutilização dos resíduos de gesso da construção civil na aplicação de pinturas em substituição à cal;
- ✓ Verificar a satisfação de possíveis usuários ao reutilizarem resíduos de gesso na aplicação de pinturas em substituição à cal.

No Brasil, diversas abordagens já foram realizadas sobre a temática da geração dos resíduos de gesso. Existem estudos que abordam temas relacionados ao gerenciamento, à geração, aos impactos e às formas de destinação. Outros avaliam suas propriedades físicas, técnicas e mecânicas, seja quando reutilizados ou reciclados, bem como já foram publicados também trabalhos que buscam alternativas para reciclagem e reutilização desse resíduo, transformando-o em novos produtos ou sendo aplicado em diferentes tipos de serviços, contribuindo, dessa forma, para um mundo mais sustentável.

Santana (2019), ao realizar seu trabalho, tinha como proposta avaliar o desempenho mecânico de uma parede composta por blocos que foram produzidos mediante a mistura de gesso natural (70%) e resíduos de gesso (30%), com acréscimo de fibra de celulose. A parede apresentou desempenho superior ao satisfatório em três testes, sendo eles o ensaio de carga suspensa, o impacto de corpo duro e o impacto de corpo mole, sendo reprovada apenas em um ensaio (ensaio de rede). Santos (2014) tinha como objetivo a obtenção, caracterização e análise da viabilidade de um compósito com resíduos de mármore/granito, gesso e EPS triturados também na fabricação de blocos para uso na construção civil e, ao fim do seu estudo, chegou à conclusão de que é viável a utilização dos blocos fabricados com o material compósito proposto. Já Carvalho (2015), por sua vez, ao invés de desenvolver blocos para uso na construção civil, teve como proposta realizar a análise da viabilidade de aplicação dos resíduos de gesso em argamassa de assentamento para alvenaria de bloco cerâmico, concluindo seu estudo como uma alternativa viável do ponto de vista técnico e sustentável.

Na perspectiva de reutilização dos resíduos de gesso para o desenvolvimento de painéis e placas decorativas, Mattias (2017) analisou o comportamento de painéis de revestimento decorativo 3D com aplicação de gesso reciclado e obteve resultados positivos. Santos (2018) também buscou desenvolver painéis decorativos, porém com resíduos de gesso acartonado combinados com resíduos da agricultura e resíduos da produção de cana-de-açúcar, e conseguiu resultados satisfatórios. Já Dutra (2017), buscando valorizar os resíduos de gesso, tinha como objetivo produzir placas decorativas, utilizando também papel kraft, no entanto seus resultados apontaram queda de resistência à compressão.

Foram identificadas abordagens direcionando a reutilização dos resíduos de gesso na produção de cerâmica vermelha. Cipriano (2019) avaliou os efeitos da incorporação de resíduo de gesso da indústria de placas em argila residual obtida da extração da gipsita para obtenção de produtos de cerâmica vermelha, obtendo resultados melhores com a adição de 5% de resíduo de gesso queimado a 800°C, apresentando propriedades semelhantes às da argila pura. Almeida (2020) expôs uma visão geral sobre efeitos da utilização de resíduos de gesso, industriais e granitos também voltados para cerâmica vermelha, apresentando também resultados de outros trabalhos executados nessa área. Sua conclusão apresenta a quantidade escassa de pesquisas na área de reciclagem de resíduos de gesso e granito e evidencia que a utilização deles em massa cerâmica está em conformidade com a legislação vigente.

Estudos também foram elaborados para investigar a possibilidade de incorporação dos resíduos de gesso na confecção de telhas. Teske, Gonçalves e Nagalli (2015) investigaram a viabilidade técnica de aproveitamento dos resíduos de gesso como matéria-prima para a

produção de telhas, alcançando seu objetivo. Silva (2019) seguiu a mesma linha, porém utilizando resíduos de gesso oriundos de placas de forro, mas concluiu que a telha de resíduo sem incorporação de fibra não tem desempenho mecânico suficiente, sendo a melhor configuração quanto à ruptura simples a telha com fibra disposta longitudinalmente.

Aires (2015) analisou o potencial de aplicação do resíduo de gesso na produção industrial do cimento Portland e constatou que o cimento produzido com até 10% do resíduo de gesso atende às especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, podendo então ser caracterizado como matéria-prima alternativa no processo de fabricação de cimento. Por sua vez, Oliveira (2015) analisou um compósito com matriz de cimento com carga de resíduo de gesso e resíduo industrial plástico termofixo, alcançando resultados satisfatórios para a produção de compósitos de matriz de cimento com tais resíduos, apresentando potencial aplicação em compósitos com propriedade de isolante térmico.

Já o trabalho de Feitosa (2018) avaliou a viabilidade técnica e o custo de utilização de gesso reciclado derivado da construção civil como substitutivo ao gesso agrícola derivado de lavra mineral. A conclusão do trabalho demonstra que o gesso reciclado é tecnicamente um substituto eficiente para o gesso agrícola, todavia, por seu custo ser um pouco superior, ainda não deve ser usado como insumo na produção agrícola.

Mognon (2016), buscando uma alternativa para reaproveitar os resíduos de gesso com o menor uso de energia possível, encontrou como solução a utilização do resíduo como aditivo na agricultura apenas por simples moagem, o que caracteriza o reuso com o mínimo de energia possível.

Apesar de o reuso dos resíduos de gesso ser estudado para a produção de diversos novos produtos, como citado anteriormente, nenhum dos estudos avaliou a hipótese de que os resíduos de gesso da construção civil podem ser reutilizados na aplicação de pinturas em substituição à cal.

A dissertação está organizada em quatro capítulos, que abordam em detalhes o tema de estudo.

O primeiro capítulo discute a fundamentação teórica, estando dividido nos seguintes itens: resíduos sólidos, resíduos da construção civil, resíduos de gesso da construção civil e cal para pintura.

O segundo capítulo apresenta a metodologia, composta pelo método da pesquisa, pela caracterização da pesquisa e pelos procedimentos de coleta e análise de dados.

O terceiro capítulo refere-se aos resultados e discussões dos dados obtidos.

O quarto capítulo apresenta as conclusões do estudo, seguidas das referências, dos apêndices e dos anexos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos sólidos

A geração de resíduos sempre esteve presente ao longo da história. O homem, desde o período pré-histórico, gera “lixo”. Essa ação persiste nos dias atuais, sendo que se pode dizer que foi agravada pela urbanização, junto ao aumento populacional (PEREIRA, 2016). O quadro a seguir expõe um histórico sobre os resíduos ao longo dos anos.

Quadro 01: Histórico da geração de resíduos ao longo do tempo

PERÍODO	HISTÓRICO
8000 a.C	Os resíduos eram gerados por atividades de caça e consumo de frutas.
2500 a.C	Os resíduos passam a ser enterrados e desenterrados, sendo que o orgânico era utilizado como adubo na lavoura.
500 a.C	Criação do primeiro vazadouro de resíduos, "lixão", em Atenas.
150 a.C	Surgem os primeiros impactos devido a geração de resíduos, como a proliferação de vetores.
Século XV	O acúmulo dos resíduos provoca epidemias, além da contaminação da água.
Século XIX	A partir da Revolução Industrial, do aumento da produção e consumo, iniciam os primeiros serviços de coleta e surgem as primeiras incineradoras.
Século XX	Destaque para produção, consumo e construção de fábricas, sendo que em paralelo aumentaram os descartes de materiais como plástico e isopor nos lixões.
Século XXI	Aumento desenfreado do consumo e do uso de materiais não biodegradáveis, eletrônicos e nucleares. Aumento também das discussões sobre soluções para geração de tantos resíduos.

Organização: Ítalo José Silva Santos, 2021. Adaptado de Pereira, 2016.

O aumento no número de habitantes do planeta, aliado ao incentivo à consumação, são os grandes responsáveis pela crescente geração de resíduos sólidos urbanos. O correto manejo, a redução da geração e a realização da destinação final adequada dos resíduos constituem um dos maiores desafios enfrentados na atualidade.

O custo alto para coleta e tratamento do lixo e a dificuldade para encontrar áreas para disposição final estão entre as principais consequências negativas do aumento na geração de RSU. Pode-se citar também as consequências oriundas de sua má gestão, como o desperdício de matérias-primas provenientes da reciclagem, a contaminação do solo, água e ar, a proliferação de vetores, as enchentes, o entupimento de redes de drenagem urbana, doenças e a degradação do ambiente (KAMINSKI, 2021).

No ano de 2010, foi instituída no Brasil a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), mediante a Lei 12.305/2010, que estabeleceu um marco regulatório para gestão dos

resíduos sólidos no país. Ela foi criada diante de um cenário repleto de problemas na gestão de resíduos gerados no Brasil. A política reúne em seu conteúdo princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações relativos ao gerenciamento de resíduos sólidos. As medidas da PNRS têm como objetivo a redução do volume de resíduo gerado e o aumento da reciclagem e visam também a destinação adequada do lixo. A Política determina que no gerenciamento de resíduos sólidos deve ser observada a seguinte prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A PNRS, levando em consideração a preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, definiu resíduos sólidos da seguinte maneira:

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).

Além de definir, a mesma Política classifica os resíduos sólidos quanto à sua origem e periculosidade:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b";
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco

- à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a” (BRASIL, 2010).

Encontram-se na literatura outras definições para resíduos sólidos. Segundo a Norma Brasileira (NBR) 10.004, a qual estabelece os critérios de classificação para os resíduos sólidos conforme os riscos oferecidos ao meio ambiente e à saúde pública, tem-se:

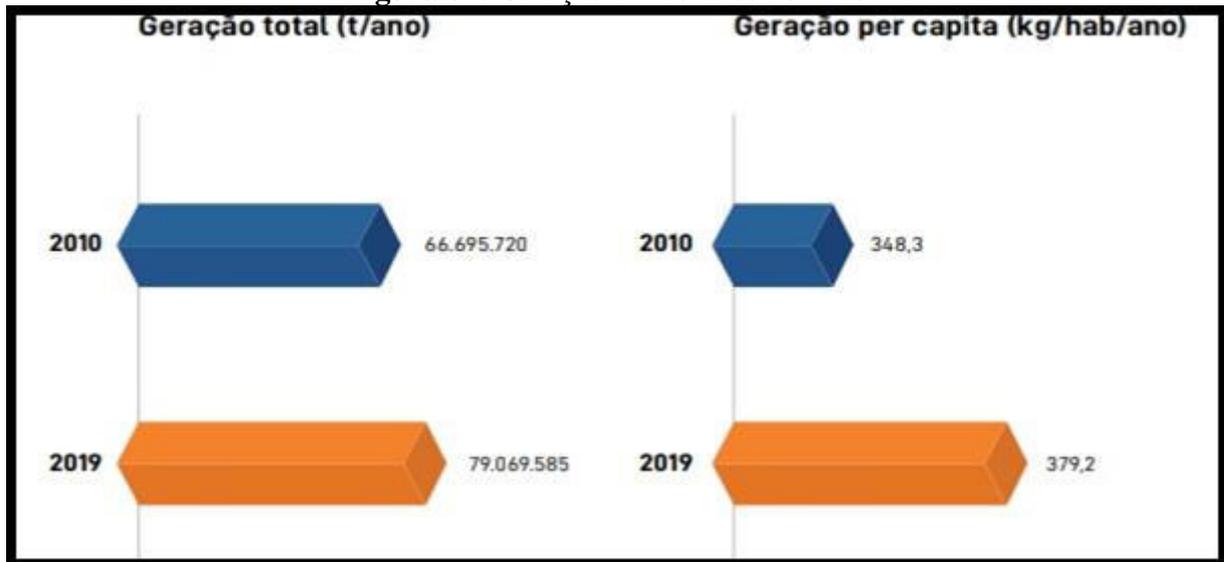
Resíduos nos estados sólidos e semissólido, que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos instalações de controle 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 à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A mesma norma classifica os resíduos sólidos de acordo com a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, bem como de acordo com os riscos de contaminação do meio ambiente. Oliveira (2019) definiu, baseado na NBR 10.004, que os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- a) Resíduos classe I – Perigosos: São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública ou provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma incorreta.
- b) Resíduos classe II – Não perigosos.
 - i. Resíduos classe II A – Não inertes: são os resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
 - ii. Resíduos classe II B – Inertes: não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente.

Podemos então dizer que os resíduos são todos os materiais produzidos pela humanidade que, por não terem mais serventia, precisam de uma destinação adequada para não prejudicarem o ambiente.

A geração de resíduos pela sociedade brasileira aumenta ano após ano. Segundo a ABRELPE, entre os anos de 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou um aumento considerável e passou de 67 milhões de toneladas por ano para 79 milhões de toneladas anuais. A geração per capita também aumentou, saindo de 348 quilos por ano para 379 quilos anuais em 2019, conforme demonstra a figura a seguir.

Figura 01: Geração de resíduos no Brasil

Fonte: ABRELPE, 2021.

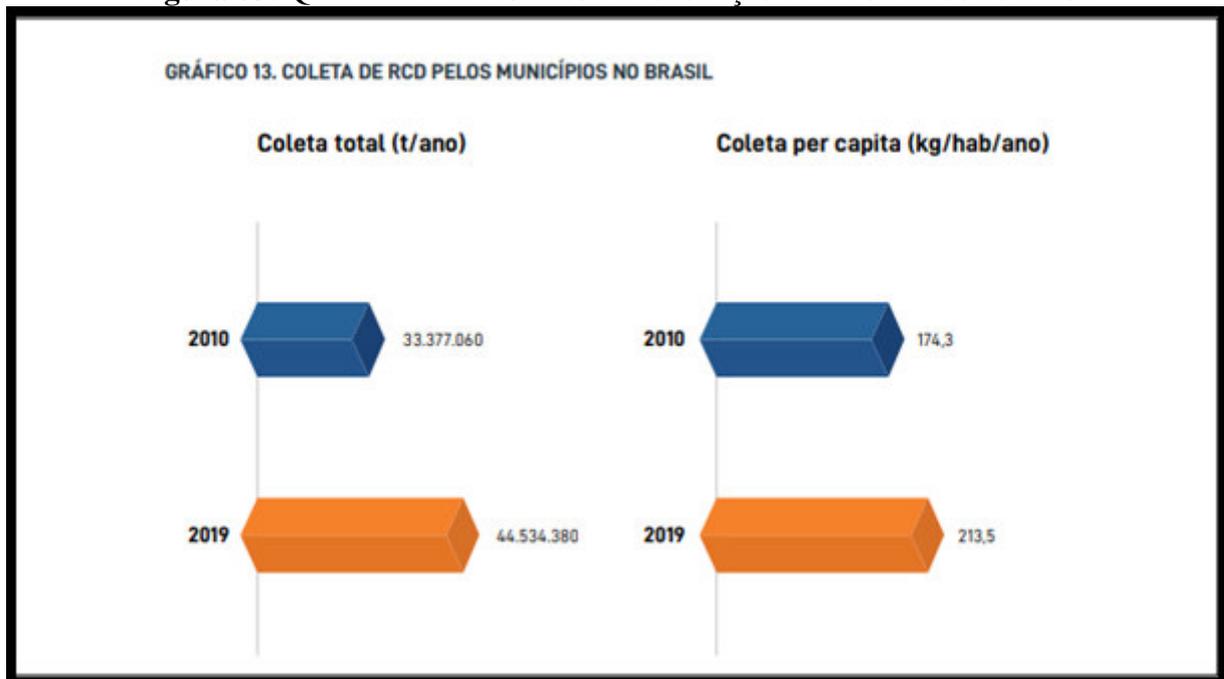
Além de se produzir em maior quantidade, hoje a cultura do supérfluo, aliada ao consumismo, fazem com que o descarte de produtos também seja alto. O grande problema é que esse descarte nem sempre é adequado. Parte considerável dos resíduos gerados no Brasil é destinada a locais inadequados, normalmente vazadouros a céu aberto, os famosos “lixões”, que não têm nenhum controle para prevenir a poluição e são grandes responsáveis pela contaminação de territórios a curto ou longo prazo. A ABRELPE publicou os dados referentes ao volume de resíduos destinados a lixões, volume esse que aumentou na última década, passando de 25 milhões de toneladas em 2010 para 29 milhões de toneladas em 2019, conforme imagem abaixo.

Figura 02: Quantidade de resíduos destinados de forma inadequada no Brasil

Fonte: ABRELPE, 2021.

Entre os resíduos que são gerados em grande quantidade, merecem destaque os resíduos da construção civil, os quais, devido ao aquecimento do setor nos últimos anos, tiveram um aumento também em sua produção. Ainda segundo a ABRELPE, foram coletados, no ano de 2010, 33 milhões de toneladas de resíduos da construção civil, enquanto em 2019 esse número subiu para 44,5 milhões de toneladas, conforme é exposto na imagem abaixo. Por esse motivo, torna-se cada vez mais importante encontrar soluções sustentáveis para tratar esses materiais.

Figura 03: Quantidade de resíduos da construção civil coletados no Brasil



Fonte: ABRELPE, 2021.

2.2 Resíduos da construção civil

A Indústria da Construção Civil (ICC) possui grande impacto na economia de um país. Estudos apontam que a ICC crescerá o correspondente a 85%, sendo esse índice comandado principalmente pelos Estados Unidos, pela China e pela Índia (LEAL, 2019).

Por ser uma atividade desenvolvida em um espaço dinâmico e receptivo a mudanças, a construção civil torna-se complexa. Ela faz parte de um dos setores que mais sofreu transformações com o passar dos anos devido às mudanças de tendências e tecnologias. Está sempre evoluindo suas técnicas, seus conceitos e suas práticas. Apesar de complexa, é de fundamental importância para a economia do Brasil. Nos últimos anos, inclusive, a expansão do mercado imobiliário, alavancado pelo estímulo dos programas habitacionais e de financiamentos, fez com que o setor fosse ainda mais aquecido (ALMEIDA, 2019).

A construção civil é muito importante para a indústria brasileira e está diretamente associada ao crescimento econômico e social do país. Ela gera emprego e renda, impulsiona a comercialização de insumos, equipamentos e serviços no seu processo. Além de ser uma atividade indispensável para criar a infraestrutura. É estratégica para o desenvolvimento do Brasil. Trata-se de uma área que possui alto contingente de pessoas empregadas e significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB) da economia (NOGUEIRA, 2015).

Apesar dos pontos favoráveis, a construção civil está entre as principais áreas consumidoras de recursos naturais. É uma atividade que gera impactos ambientais significativos. Em média, são consumidos aproximadamente 35% dos recursos naturais de todo o planeta, além de que compõe um dos principais focos de emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente e é conhecida por gerar uma grande quantidade de resíduos. Conciliar o desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente, compatibilizando a atividade produtiva com o conceito de desenvolvimento sustentável, é um dos grandes desafios do século XXI na construção civil (LEITE et al., 2018).

O volume de resíduos gerados na construção civil é crescente e se deve, principalmente, ao fato de que, no Brasil, a maioria dos processos de construção é realizado de forma manual, havendo muito desperdício. Os resíduos são gerados durante a edificação, seja na fase de execução, manutenção, reforma, ou até mesmo no processo de demolição (ANDRADE, 2017). O quadro abaixo detalha como acontece a geração dos resíduos da construção civil em cada uma dessas fases.

Quadro 02: Fases de geração de resíduos da construção civil

FASE	PROCESSO DE GERAÇÃO
Construção	Acontece em decorrência das perdas dos processos construtivos. É o caso da argamassa, peças de concreto, etc.
Manutenção ou reforma	Acontece em decorrência da correção de defeitos, demolições parciais, descarte e substituição de componentes que tenham se degradado ou atingido a vida útil.
Demolição	Acontece em decorrência da própria demolição, que por muitas vezes é devido ao tempo de vida da edificação.

Organização: Ítalo José Silva Santos, 2021. Adaptado de Andrade, 2017.

Existem geradores de resíduos da construção civil que optam por realizar o descarte de forma mais econômica e rápida, sem responsabilidade com as questões ambientais e a conservação do meio ambiente. Todavia, outros deles procuram adotar estratégias para reduzir

os impactos ambientais de suas atividades e assim criar valor para seus produtos, almejando ter vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Essa parcela de geradores procura adotar o conceito de desenvolvimento sustentável e se estrutura para alcançar esse objetivo (LUCHEZZI, 2019).

Os resíduos gerados na construção civil têm crescido consideravelmente mediante o desenvolvimento das cidades de médio e grande porte. Eles não só configuram a maior fração dos resíduos sólidos existentes nas áreas urbanas, como fazem do segmento o maior colaborador para o aumento do número de aterros. Países como Canadá, China e Malásia, assim como o Brasil, têm encontrado dificuldade em gerenciar seus aterros, enquanto são ininterruptamente reabastecidos por resíduos. A figura abaixo retrata um estudo feito a partir de diversos autores para identificar quais os tipos de resíduos mais frequentes em obras, sejam elas de construção, reforma ou demolição (LEAL, 2019).

Figura 04: Principais resíduos gerados na construção civil

Autores/Materiais	Concreto	Materiais metálicos	Tijolos	Madeira	Agregados	Materiais cerâmicos	Plástico	Papel	Gesso	Argamassa	Vidro	Cimento
Contreras et al. (2016)	X				X	X				X		
Lockrey et al. (2016)	X	X	X		X		X	X				X
Swanepoel, Heather-Clark (2013)		X		X	X			X				
Mália et al. (2013)	X	X	X	X		X						
Yeheyis et al. (2013)	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
Arif et al. (2012)	X	X	X				X		X	X		
Banias et al. (2011)	X	X	X	X	X	X	X	X			X	
Mokhtar et al. (2011)		X	X	X		X	X	X				X
Zhao, Leeftink, Rotter (2010)		X	X	X	X		X	X				
Cochran, Townsend (2010)	X	X	X	X					X			
Blengini (2009)	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
Nunes, Mahler, Valle (2009)	X	X	X		X	X			X			X
Gorgolewski (2008)	X	X		X								
Lau, Whyte, Law (2008)	X	X	X	X		X	X	X	X			X

Fonte: Leal, 2019.

O entulho de obra corresponde a 30% do volume de resíduos sólidos urbanos gerados em um país desenvolvido. Levantamentos feitos pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais indicam que, no Brasil, esse número pode ser ainda maior, representando até 70% do que é gerado de resíduo sólido urbano no país (GUALBERTO, 2017).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu normas para a correta gestão dos RCC. Elas são essenciais para lidar tecnicamente com os resíduos da construção. Almeida (2019) citou algumas dessas normas em seu estudo:

- a) ABNT 2004^a, 2004b – Classifica os resíduos sólidos em:
 - Classe I (Perigosos): apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
 - Classe II (Não Perigosos): estão divididos em Classe II A (Não Inertes) – Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Classe II B (Inertes) - São quaisquer resíduos que submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, à temperatura ambiente não tem nenhum de seus constituintes solubilizados.
- b) NBR 15112:2004 - Relacionada a resíduos da construção civil e resíduos volumosos, estabelecendo diretrizes para o projeto de implantação e operação para áreas de transbordo e triagem.
- c) NBR 15113:2004 - Estabelece requisitos mínimos para projeto, implantação e operação de aterros para RCC, solução está adequada aos resíduos de classe A de resíduo inertes.
- d) NBR 15114:2004 - Norma que constitui diretrizes para projeto, implantação e operação de centrais de reciclagem de RCC, onde possibilita a transformação dos resíduos 30 da classe A em agregados reciclados destinados a um novo uso na atividade da construção.
- e) NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camada de pavimentação.
- f) NBR 15116:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

A Resolução nº 307/2002 do CONAMA define como resíduos da construção civil aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

A mesma Resolução, em seu art. 3º, classifica os resíduos gerados na construção civil da seguinte forma:

- I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 2002).

De acordo com a Resolução nº 307/2002 do CONAMA, os geradores dos resíduos de construção deverão ter como principal objetivo a não geração de resíduos, seguida pela redução de geração, pela reciclagem, pelo tratamento e pela disposição final adequada.

A Resolução atribui também responsabilidades para o setor público e para o setor privado. Por exemplo, as empresas privadas que atuam no segmento de construção, as quais são potenciais geradoras de resíduos, precisam desenvolver projetos de gerenciamento de resíduos específicos, incluindo a segregação, o transporte através de empresas cadastradas em órgãos ambientais e a destinação adequada em áreas licenciadas. Já o poder público tem como obrigação responsabilizar-se pela coleta e destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores de resíduos (ALMEIDA, 2019).

Uma vez gerados, os resíduos deverão passar por um processo de triagem, sendo que sua destinação precisa ser executada de acordo com cada classe de resíduo, conforme segue:

- I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;
- II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (CONAMA, 2002).

O aumento do número de canteiros de obras civis, assim como o aumento dos resíduos gerados neles, resultam na criação de expectativas quanto à reciclagem desses materiais. Tal prática consolida-se como atividade importante para a sustentabilidade, reduzindo impactos ambientais e até mesmo custos (MORAES, 2018).

O Brasil não tem uma legislação que define metas de reciclagem para os resíduos da construção. No entanto, desde que a Resolução nº 431/2011 (CONAMA) alterou a 307 e definiu uma nova classificação para o resíduo de gesso, criou-se muita expectativa sobre sua reutilização, afinal, desde então, esse resíduo deixou de ser classe C e passou a ser classe B, pois já possui tecnologia para ser reutilizado (DUTRA, 2017).

2.3 Resíduos de gesso da construção civil

Desde o período neolítico, existem relatos de estudos arqueológicos que apontam o uso de gesso como material de construção. Na Turquia e na Síria, esse material foi empregado na fabricação de recipientes e de argamassas para pisos, obras datadas de 7.000 a.C. (DUTRA, 2017). O gesso é o aglomerante mais antigo. Ele também foi encontrado em alta concentração nas obras do antigo Egito, em ruínas do nono milênio a.C. na Turquia e em ruínas do sexto milênio a.C. em Jericó. As técnicas de utilização do gesso, como a calcinação e suas propriedades hidráulicas, eram conhecidas pelos povos antigos, que produziam objetos decorativos e o empregavam também em processos de revestimento de paredes (NEVES, 2018).

Segundo Neves (2018), o gesso é um produto utilizado em todo o mundo. Ele é fabricado em grande escala no continente americano, localização em que estão os maiores produtores, assim como os maiores consumidores do material. Destacam-se na produção mundial de gipsita, matéria-prima do gesso, os Estados Unidos (17%), a Espanha (10%), o Canadá (8%), a China (6%) e a França (4%).

Gráfico 01: Representatividade de países na produção mundial de gipsita



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O Brasil representa 1,3% da produção mundial de gipsita, posicionando-se entre os dez maiores produtores do material no mundo. A exploração da gipsita no país concentra-se na região Nordeste, sendo que a região de Araripina, no estado de Pernambuco, é responsável por 90% do volume nacional. A fabricação do gesso acontece em quatro etapas, sendo elas a extração do gipso, a preparação para calcinação, a calcinação e a seleção. Após esse processo, o gesso pode ser utilizado nas indústrias, inclusive da construção civil (NEVES, 2018).

Figura 05: Exploração de gipsita



Fonte: Neves, 2018.

A Norma Brasileira Técnica (NBR) que regulamenta o uso de gesso na construção civil é a NBR 13.207 – “Gesso para construção civil” – de 2017. A NBR 13207:2017 (ABNT, 2017) define o gesso para construção como “material moído em forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores do tempo de pega”.

Figura 06: Gesso em pó



Fonte: Neves, 2018.

Gasparin (2020) definiu o gesso utilizado na construção civil, assim como citou as principais fontes de geração de seus resíduos.

O gesso utilizado na construção é um mineral que vem da calcinação da matéria-prima gipsita, de sulfatos de cálcio hidratados, constituído essencialmente de sulfatos de cálcio – hemi-hidratado, anidritas, solúvel e insolúvel. As principais fontes de resíduos de gesso na construção são atividades de revestimento (88%), chapas de gesso acartonado (8%) e os componentes pré-moldados (4%) (GASPARIN, 2020).

A procura por materiais que empreguem menos combustível no processo de produção, para satisfazer as necessidades dos homens e da indústria da construção civil, despontou o gesso como produto de destaque para ser utilizado nas construções. Ele tem baixo consumo energético e tem também a possibilidade de ser reciclado, o que viabiliza sua utilização como material construtivo. A construção civil é responsável por absorver entre 85% e 90% da produção do gesso (GASPARIN, 2020).

O gesso possui diversas opções de uso quando aplicado em obras (acabamentos, forros, moldes cerâmicos, revestimentos, placas e fabricação de blocos). Com o passar do tempo, tornou-se cada vez maior seu uso nos canteiros de obras. A figura a seguir demonstra algumas das opções de aplicação do gesso na construção civil e em outros setores, conforme suas características e propriedades.

Figura 07: Formas de aplicação do gesso na construção civil

Aplicação	Características - propriedades requeridas	Referência
Revestimento	Apresenta excelente capacidade de aderência em vários tipos de substrato; tempo de pega; resistência mecânica; Rapidez no endurecimento; excelente acabamento final; agilidade na execução do serviço; elimina imperfeições; apresentar boa trabalhabilidade; fácil aplicação; facilidades no corte; diminuição do revestimento de argamassa.	SATO et al., (2001); BAUER, (2005); TAVARES et al., (2010); BERNHOEFT et al., (2011); RIBEIRO, (2011); PEREIRA et al., (2014); BARDELLA, (2011); SILVA et al.,(2019)
Placa 3 d decorativa	Arquiteturas de interiores; rebaixamentos de teto; boa aparência estética; boa resistência ao fogo; facilidade de inovar e de realizar manutenção, baixo custo de produção;	TENÓRIO et al., (2017); SPEK, (2014); DUTRA (2017). BAUER (2000);
Forro e molduras de gesso	Proporcionam fechamento rápido e acabamento fino e liso; facilita a pintura; servem como passagem para fiação, tanto elétrica como hidráulica.	TENÓRIO et al., (2017); FRANCO (2008). OLIVEIRA, (2009)
Divisórias Acartonadas	Alta resistência mecânica; rapidez na aplicação; flexíveis; Bom acabamento final; aceitam qualquer tipo de pintura; material alternativo de baixo custo; auxilia um melhor isolamento térmico e acústico do ambiente; maior resistência ao fogo; facilidade de execução de eventuais manutenções nas instalações e/ou reformas.	ROHDEM E MECABÓ (2015); SINAT (2020); TAVARES et al (2010); SAVI, (2012); NBR 15758-1(2009); LOSSO e VIVEIROS (2004).
Barreiras acústicas	Excelente isolamento acústico; Alta porosidade do revestimento e promove isolamento; capacidade do material de impedir a transmissão sonora de um ambiente ao outro, eliminando ruídos que possam ser prejudiciais à saúde.	RIBEIRO, (2011); TROVÃO (2012); BAUER, (2005); PINHEIRO, (2011); BISPO e FRÓIS, (2017).
Barreiras térmicas	Devido ter baixa condutividade térmica, dificulta a passagem de calor formando barreiras entre os dois meios.	FERREIRA E CRUVINEL (2014); PINHEIRO (2011); SILVA et al.,(2017)
Barreiras contra fogo	Contém elevado coeficiente a acústica; Produto não inflamável.	FERREIRA E CRUVINEL (2014)
Agricultura	Atua como fertilizante corretivo de solo, condicionador de superfície; Ajuda a reduzir a acidez do solo.	(CAVALCANTE e MIRANDA (2012); EMBRAPA (2015); SANTOS et al., (2014)

Fonte: Gasparin, 2020.

Com o passar do tempo, o gesso ganhou destaque no Brasil, mesmo sendo utilizado em escala menor quando comparado a outros ligantes inorgânicos, como o cimento e a cal (ALMEIDA, 2019). Ele tem sido utilizado de forma intensa no revestimento interno de edificações em substituição a materiais cimentícios. Seu uso se reflete na redução do tempo de execução do revestimento e do tempo para realização de atividades posteriores, como a pintura, devido ao seu endurecimento rápido, atingindo com brevidade o seu fim de pega, fator esse que gera economia de material e mão de obra. Outros fatores importantes, quando se fala na

substituição da argamassa de cimento por revestimento de gesso, são a redução de emissões de CO₂ e a economia de energia, uma vez que a calcinação na fabricação do gesso ocorre em temperaturas de 140°C e 200°C, enquanto o processamento do clínquer do cimento Portland é de 1.450°C. No município de Pelotas-RS, as casas erguidas no século XIX utilizaram, entre outros materiais, o gesso na pintura de suas fachadas, podendo essa substância ser adicionada à tinta cal como agente nivelante (FONSECA, 2006). O grande problema da utilização do gesso na construção civil está no seu desperdício, pois esse volume está estimado em 45% do total utilizado em uma obra, o que representa cerca de 4% de todo o volume de resíduo da construção civil gerado em um canteiro de obras no Brasil (FERNANDES, 2016).

Como o volume dos resíduos de gesso gerados nos canteiros de obra é considerável, é muito importante que sejam praticadas ações de reciclagem e reutilização. Porém, apesar de comprovada a possibilidade de reciclagem do resíduo de gesso, na prática poucas ações são observadas. O reaproveitamento do material é necessário devido ao grande volume gerado e à necessidade de valorizá-lo, porém no Brasil esse processo ainda é primário por conta do baixo custo da matéria-prima (gipsita) ou por haver poucos locais de coleta e triagem do resíduo (KOCHEM, 2016).

O reaproveitamento dos resíduos de construção é muito importante para o aumento do ciclo de vida dos materiais. Uma vez executado, diminui o impacto ambiental, pois é reduzido à extração de mais matérias-primas, e também atenua a disposição final realizada em áreas de descarte (FERNANDES, 2016).

2.4 Cal para pintura

A cal ficou conhecida na humanidade no período Paleolítico. Existem evidências de seu uso no ano 10 mil a.C. na França. Desde então, ela foi empregada nas construções da civilização egípcia, na pirâmide de Quéops (Egito), nas muralhas de Jericó e da China e na Via Ápia em Roma. No Brasil, os primeiros registros do uso da cal são datados de 1549. Na época, o governador Tomé de Souza fundou a primeira mineração de calcário para produção de cal. Esse produto seria utilizado em argamassas para construção do casario da cidade de Salvador. Há também outros registros do uso de cal em argamassas de assentamento e revestimento de alvenarias em cidades coloniais como Ouro Preto-MG, Paraty-RJ e Olinda-PE (FONSÊCA, 2018).

No período Paleolítico Superior, também foi possível identificar a aplicação de cal na realização de pinturas. Na imagem abaixo, ao lado do vermelho da argila ferruginosa e do preto do óxido de manganês, foi possível enxergar pigmentos brancos, que eram utilizados como tinta pelos homens Cro-Magnon (CASALINHO, 2013).

Figura 08: Pintura do ano 10 mil a.C. feita com cal



Fonte: Casalinho, 2013.

Godoy (2018) cita algumas obras mundialmente conhecidas que utilizaram a cal em sua execução:

- ✓ A grande Muralha da China;
- ✓ O Teatro de Pompeia;
- ✓ O Panteão Romano;
- ✓ A cidade bíblica de Jericó;
- ✓ Construções romanas: Santuário de Fortuna;
- ✓ Aquedutos em Roma, Segóvia, Constantinopla e França;
- ✓ Construções feitas pelos índios americanos e pré-colombianos;
- ✓ No Brasil: cidades de Diamantina, Ouro Preto e Paraty.

Dados do ano de 2016 registraram que a produção mundial de cal foi equivalente a 350 milhões de toneladas, sendo que a China liderou a participação, representando 66% do total produzido. Enquanto isso, o Brasil ocupou 2,3% do total, o equivalente a 8,3 milhões de toneladas produzidas, as quais garantiram a 5ª posição ao país. São mais de 200 produtores de cal no Brasil, sendo que 85% do volume total é produzido no Sudeste, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo (PIAZZA, 2020).

Para ser gerada a cal virgem, é necessária a calcinação de rochas calcárias, que são aquecidas em fornos com temperaturas superiores a 725°C. A cal pode ser produzida e

apresentada em formato de pedras, ou moída e ensacada. Para produção de 1,0 tonelada de cal virgem, é preciso cerca de 1,8 toneladas de rocha calcária. Já com 1,0 tonelada de cal virgem pode-se obter aproximadamente 1,3 toneladas de cal hidratada (PIAZZA, 2020).

Produto oriundo da calcinação de rochas carbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas, a cal é composta de forma predominante por óxido de cálcio e óxido de magnésio resultantes da calcinação de calcário. Sua qualidade varia de acordo com as propriedades químicas do calcário e a qualidade de sua queima. O tipo de cal mais comum de se encontrar no mercado é a cal hidratada, que tem baixo custo e é muito utilizada na construção civil. Consiste em um pó de cor branca, o qual costuma ser ensacado em recipientes plásticos ou em sacos de papel kraft, numa granulometria 85% abaixo de 0,074mm (PEREIRA, 2019).

Segundo Piazza (2020), a cal é muito utilizada na construção civil, mas seu uso também se dá nos seguintes processos:

- ✓ Tratamento de águas potáveis e industriais;
- ✓ Estabilização de solos;
- ✓ Obtenção de argamassas de assentamento e revestimento;
- ✓ Misturas asfálticas;
- ✓ Corretivo de acidez de pastagens e solos agrícolas;
- ✓ Sinalização de campos esportivos;
- ✓ Proteção de árvores;
- ✓ Desinfetantes de fossas;
- ✓ Proteção a estábulos e galinheiros.

Para ser utilizada na construção civil, a cal precisa ser hidratada ou “apagada”. Para tanto, deve ser misturada com água para transformar o óxido de cálcio em hidróxido de cálcio. Em forma de pasta, a cal pode ser utilizada como aglutinante ou plastificante em argamassas para rejuntas ou reboco (FONSECA, 2006).

Com o passar do tempo, dado o aumento da produção da cal e também pelo grande número de aplicações, ela se popularizou e passou a ser muito utilizada na construção civil, principalmente por ter baixo custo e por possuir várias utilidades, como nos exemplos já citados (argamassa, rejuntas e reboco) e também na aplicação de pinturas (CASALINHO, 2013).

Para que seja utilizada como tinta, a pasta de cal deve ser diluída para que se forme o “leite” de cal. Esse processo de pintura tradicional feita com cal é conhecido como “caiação”. As pinturas minerais à base de cal e silicatos trazem bons resultados quando aplicadas em edificações, sendo que a caiação possui superioridade estética quando comparada ao silicato. Outro produto que pode ser comparado à cal é o gesso, visto que a poluição ambiental acelera

a deterioração das rochas calcárias e também da cal. Por isso, ao ser utilizada em pinturas de superfícies que são expostas à poluição, o carbonato de cálcio transforma-se em sulfato de cálcio, ou seja, gesso (FONSECA, 2006).

METODOLOGIA DA PESQUISA

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

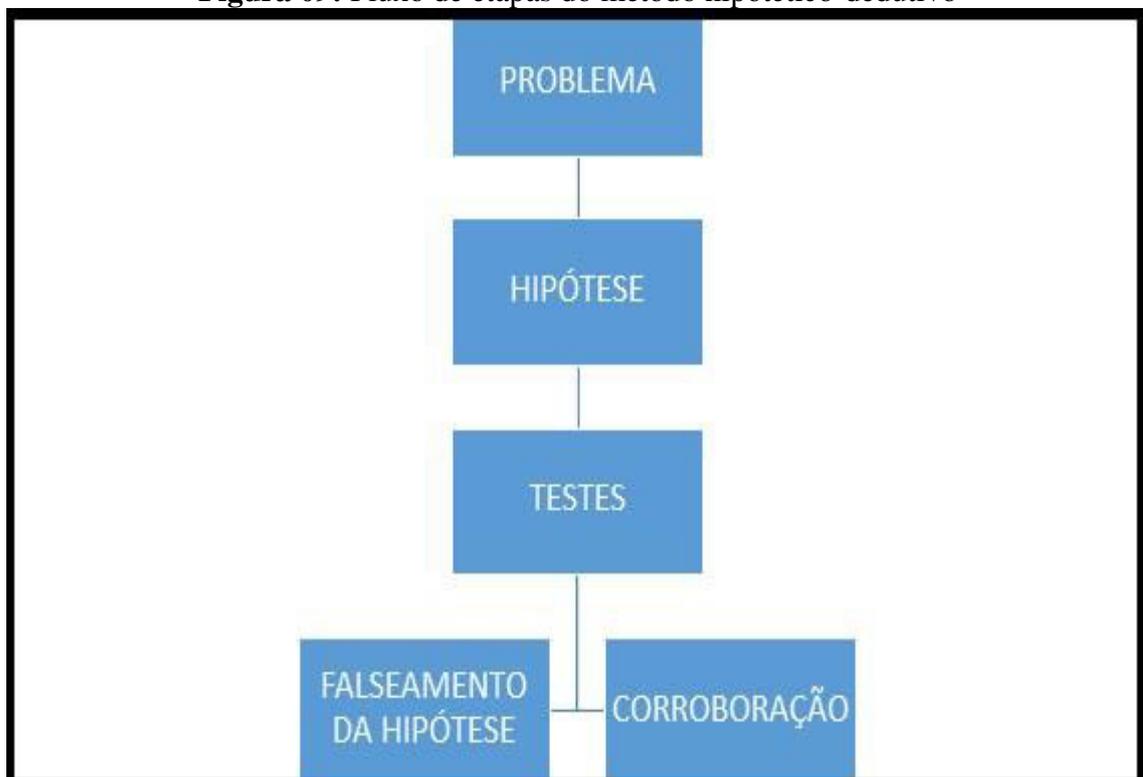
3.1 Método da pesquisa

A fim de alcançar os objetivos da pesquisa, foi utilizado o método hipotético-dedutivo. Esse método foi desenvolvido por Karl Popper (1902-1994). Sua maior contribuição foi o desenvolvimento da noção de falseabilidade como principal critério para a explicação das teorias científicas.

O método hipotético-dedutivo de Popper, segundo Marconi e Lakatos (2003), propõe que as discussões científicas partem de um problema, para o qual é sugerida uma hipótese de solução provisória. Essa transitória deve passar por alguns testes em que será confirmada ou não sua corroboração.

Para melhor entendimento, o processo de aplicação desse método é demonstrado no esquema abaixo.

Figura 09: Fluxo de etapas do método hipotético-dedutivo



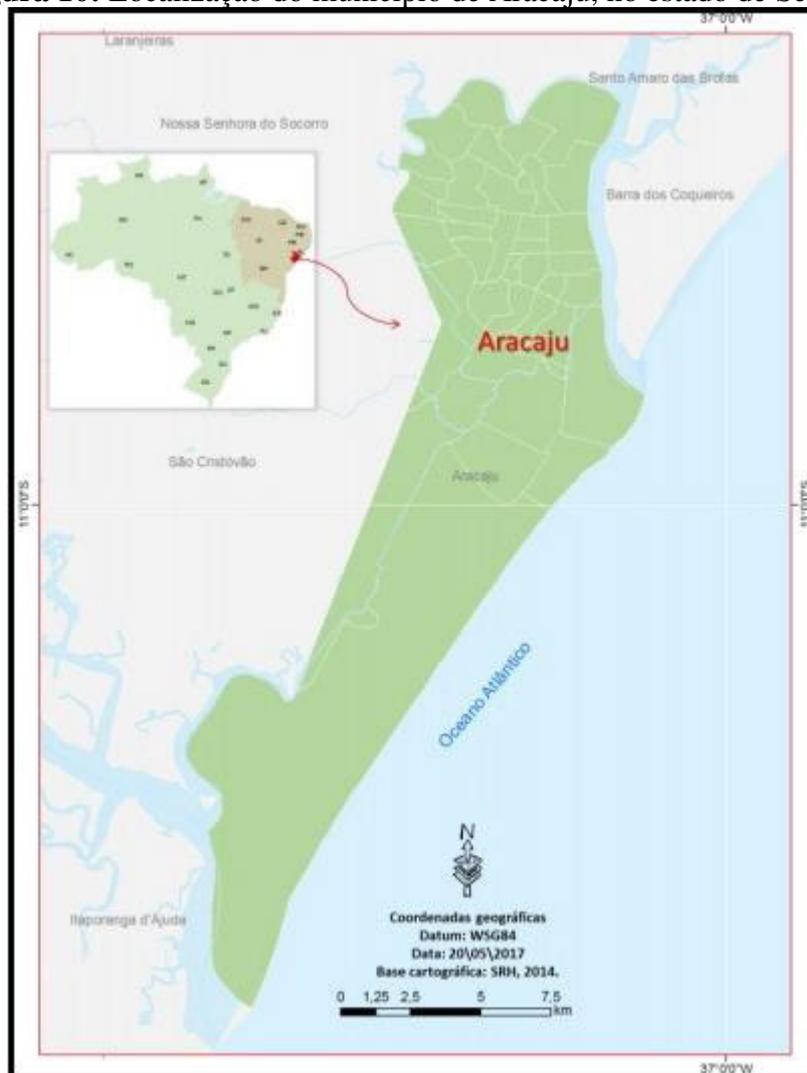
Organização: Ítalo José Silva Santos, 2021. Adaptado de Leal, 2019.

3.2 Caracterização da pesquisa

3.2.1 Área de estudo

O território de Aracaju está localizado no Leste do estado de Sergipe, na região Nordeste do Brasil, possuindo uma área de 182,163 km². Sua população em 2010 era de 571.149 habitantes e estimada em 2020 em 664.908 habitantes (IBGE, 2021).

Figura 10: Localização do município de Aracaju, no estado de Sergipe



Fonte: Anjos et al., 2017.

Segundo Andrade (2017), o município de Aracaju tem passado por um aumento no volume de obras de construção nos últimos anos, o que resulta em impactos ambientais, como extração de recursos naturais, poluição do ar, do solo e sonora. Essa questão, aliada ao fato de

o pesquisador residir no município, justificam a escolha da área de estudo ser o município de Aracaju.

3.2.2 Objeto de estudo

O objeto de estudo foi o resíduo de gesso gerado durante a execução de uma obra de construção civil presente no município de Aracaju. Não há diferença estatisticamente significativa entre o gesso utilizado em obras de construção civil. O desempenho de todos é semelhante (FERREIRA; SOUSA; CARNEIRO, 2019). Como as características do gesso utilizado em canteiros de obra não costumam ter variações e foi necessário limitar a amostra de modo a facilitar a coleta dos dados, o resíduo de gesso utilizado para a realização desta pesquisa foi coletado em uma única construção.

3.2.3 Sujeitos da pesquisa

Para a realização do estudo, foram convidados para contribuir com a pesquisa profissionais que possam se tornar usuários do resíduo de gesso quando beneficiados e que atuam no segmento da construção civil, em cooperativas de reciclagem, em empresas gerenciadoras de resíduos e também em órgãos públicos que realizam serviços urbanos.

3.2.4 Forma de abordagem

A pesquisa, quanto à sua natureza, é do tipo aplicada. Entende-se por pesquisa aplicada aquela que parte de um problema específico e tem ênfase em sua solução.

Partindo do pressuposto assinalado por Bauer e Gaskell (2002), não há quantificação sem qualificação e não há estatística sem interpretação. Sendo assim, no que se refere à forma de abordagem, optou-se por realizar uma pesquisa quanti-qualitativa.

Quanto aos objetivos, por sua vez, trata-se de uma pesquisa do tipo exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória visa gerar maior familiaridade com o problema. Pode-se dizer que seu principal objetivo é o aprimoramento de ideias ou a descoberta de instituições. Foi também descritiva porque descreveu as características de determinado fenômeno (GIL, 2002).

No que concerne aos procedimentos, refere-se a uma pesquisa bibliográfica, documental, de campo e experimental. É bibliográfica porque se fundamentou em periódicos

científicos que apresentavam relação com o objeto de estudo; documental porque foram consultadas normas, resoluções e legislações; de campo devido à observação direta de atividades e de outros procedimentos, como a aplicação de questionários para captar informações; e experimental, pois houve um objeto de estudo analisado mediante a realização de experimentos (GIL, 2002).

3.3 Coleta dos dados

Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa, os procedimentos de coleta de dados foram divididos em etapas de acordo com cada objetivo específico.

1. *Avaliar o interesse de possíveis usuários, a respeito da reutilização dos resíduos de gesso da construção civil, na aplicação de pinturas em substituição à cal.*

Para atingir o primeiro objetivo específico, foi aplicado um questionário, adaptado de Bitencourt (2008), com 13 profissionais, os quais atuam no segmento da construção civil, em cooperativas de reciclagem, em empresas gerenciadoras de resíduos e em órgãos públicos que realizam serviços urbanos. A aplicação desse questionário teve a finalidade de avaliar o interesse dos representantes em se tornarem possíveis usuários do resíduo de gesso beneficiado para aplicação de pinturas em substituição à cal. O questionário foi composto por sete perguntas fechadas do tipo sim ou não e teve a intenção de perceber como os participantes avaliavam a possibilidade de uso, ou até mesmo de compra, do resíduo de gesso quando beneficiado.

Primeiro foi realizado um contato inicial com os profissionais citados para explicar os objetivos da pesquisa e criar um ambiente confortável a ponto de motivá-los a participar. No total foi feito contato com 20 pessoas, das quais 13 aceitaram contribuir para o estudo.

2. *Analisar a viabilidade técnica da reutilização dos resíduos de gesso da construção civil na aplicação de pinturas em substituição à cal.*

Para atingir o segundo objetivo específico, foi necessário dividir o procedimento em cinco etapas:

- a) Coleta dos resíduos de gesso;

Os resíduos de gesso utilizados na pesquisa foram gerados durante a execução de uma obra de construção presente no município de Aracaju. Esse resíduo foi coletado seguindo procedimentos adaptados da NBR 6.471 – “Cal virgem e cal hidratada - Retirada e preparação de amostra – Procedimento” de 1998.

Figura 11: Resíduo de gesso coletado para utilização na pesquisa



Fonte: Capturado pelo autor (17/09/2021), 2021.

Os resíduos foram coletados, acondicionados em recipientes limpos e secos e fechados após a coleta. Foram analisados nove dias depois. A quantidade total da amostra enviada para análise em laboratório foi calculada pela equação $Ma = \sqrt{Mt/F}$, seguindo instrução da NBR 6.471, onde:

Ma é a massa da amostra a ser coletada, em quilogramas;

Mt é a massa do lote, em quilogramas;

F é o fator, que será igual a 2, pois esse é o valor correspondente à faixa granulométrica acima de 40mm, segundo a NBR 6.471.

Sendo assim, foi enviado para análise o correspondente a 2.090,25kg de resíduo de gesso (**Ma** da equação).

Tal amostra foi identificada com nome do produto, local, quantidade, data e horário da coleta. Em seguida, o resíduo foi enviado para o Laboratório de Biotecnologia Ambiental – LABAM da Universidade Federal de Sergipe. Lá foram cumpridos os demais procedimentos.

b) Moagem e peneiramento;

A segunda etapa ocorreu no Laboratório de Biotecnologia Ambiental – LABAM da Universidade Federal de Sergipe, onde o resíduo de gesso coletado no canteiro de obras foi submetido às análises.

Primeiro, o resíduo passou por um processo de fragmentação manual, com auxílio de uma marreta de cabo, a fim de reduzir os resíduos de gesso a frações menores, facilitando sua moagem.

Figura 12: Resíduo de gesso após fragmentação



Fonte: Capturado pelo autor (30/09/2021), 2021.

Após ter sido fragmentado, o resíduo foi empregado em um moinho de bolas e moído por 3h53min.

Figura 13: Resíduo de gesso empregado no moinho de bolas



Fonte: Capturado pelo autor (30/09/2021), 2021.

Figura 14: Resíduo de gesso após emprego no moinho de bolas



Fonte: Capturado pelo autor (30/09/2021), 2021.

Seguindo o que é proposto na NBR 6.471:1998, após a moagem foi necessário peneirar o material com auxílio de uma peneira em inox Tyler 100. Uma vez atingida a granulometria de 0,150mm, o resíduo peneirado pôde ser separado para realização dos testes de aplicação.

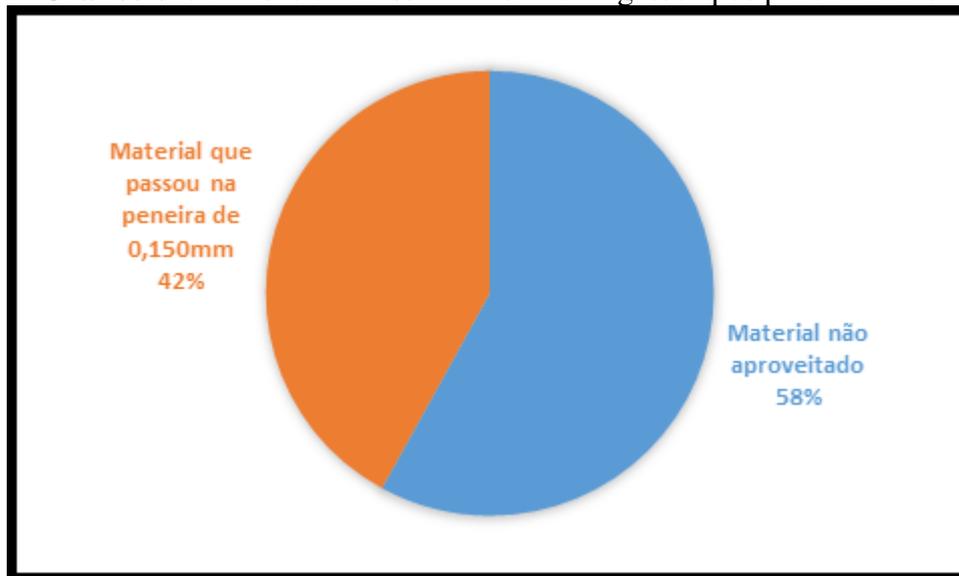
Figura 15: Peneira Tyler 100 utilizada no peneiramento



Fonte: Capturado pelo autor (30/09/2021), 2021.

A massa de 2.090,25kg, após peneiramento, ficou dividida conforme exposto no gráfico a seguir.

Gráfico 02: Divisão da massa de resíduo de gesso após peneiramento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Finalizado o peneiramento, foi possível segregar 872,59g de resíduo de gesso com granulometria 0,150mm, condição equivalente à cal para pintura, segundo a NBR 6.471.

Figura 16: Cal, resíduo de gesso peneirado em malha 0,150mm e retido em 100 mesh.



Fonte: Capturado pelo autor (27/10/2021), 2021.

c) Construção de parede experimental;

A terceira etapa consistiu na construção de uma parede experimental para realização dos testes de aplicação dos resíduos de gesso como tinta. Esta fase também foi realizada no Laboratório de Biotecnologia Ambiental – LABAM e executada conforme método adaptado de Casalinho (2013). Foi erguida uma parede de alvenaria em tijolos, assentada com argamassa e rebocada com cimento. A parede foi construída sobre uma plataforma móvel para facilitar seu deslocamento.

Figura 17: Parede experimental construída



Fonte: Capturado pelo autor (10/01/2022), 2022.

d) Aplicação;

Esta etapa refere-se à aplicação do resíduo de gesso, após moagem e peneiramento, paralelo à aplicação da cal, para fins de comparação de comportamento na parede experimental. Nesta fase também foram adotadas instruções adaptadas do trabalho de

Casalinho (2013). Após o tempo de cura do reboco da parede experimental, foi dado início à aplicação da pintura. Para isso, foi misturado 1,0L de água em 400g do resíduo de gesso peneirado em malha 0,150mm, e as mesmas proporções foram utilizadas para misturar a cal. As quantidades foram definidas seguindo as instruções, de forma proporcional, recomendadas pelos fabricantes de cal, que em suas embalagens recomendam 20L de água para 8kg de cal.

Figura 18: Mistura do resíduo de gesso com água



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Antes da execução da pintura, foi feita uma marcação na parede para dividi-la em duas áreas, assim facilitando a comparação entre a aplicação da pintura com gesso e com cal.

e) Realização de testes

Para atestar a qualidade da aplicação do resíduo de gesso, foram adaptadas as instruções citadas por Casalinho (2013). Após a pintura com ambos os produtos, foram realizados testes de aplicabilidade e poder de cobertura, abrasão, aderência, pulverulência e exposição a intempéries climáticas, sempre comparando os resultados do resíduo de gesso com a cal.

Teste de aplicabilidade e poder de cobertura: a pintura da parede foi realizada de forma semelhante a um processo de caiação simples. Para espalhamento da pintura nas faces da parede experimental, foi utilizada uma broxa de crina retangular, conforme indicado na bibliografia e por profissionais atuantes na área de pintura. Foram contabilizados sete movimentos de subir e descer com o pincel, seguindo o método utilizado por Casalinho (2013), para o resíduo de gesso e para a cal.

Durante a pintura com o resíduo de gesso, foram observadas a facilidade para aplicação e a capacidade do resíduo de gesso de “esconder” a cor do reboco da parede experimental.

Figura 19: Parede experimental logo após aplicação da pintura com resíduo de gesso e cal



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Teste de abrasão: para realização do teste, foi necessária a utilização de uma escova de cerdas duras. Inicialmente, foi demarcada uma área de 20cm x 10cm tanto para a área da parede pintada com resíduo de gesso quanto para a área pintada com cal. Ambos os espaços foram escovados verticalmente, contando 50 vezes o movimento de subir e descer, objetivando verificar a resistência à abrasão após exposição ao desgaste.

Figura 20: Realização do teste de abrasão



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Teste de aderência: neste, foram utilizados bisturi, fita adesiva transparente e escalímetro. Para iniciar, foi preciso a realização de uma limpeza na parede para retirada dos resíduos de pó, sujeira e qualquer outro tipo de partícula solta na superfície. Em seguida, foram executados dois cortes sem interrupção, com auxílio do bisturi e do escalímetro, formando um “X” em uma área de 30cm² demarcada na área da parede pintada com resíduo de gesso e o mesmo procedimento na área pintada com cal.

Figura 21: Corte em “X” realizado com bisturi na parede



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Em seguida, foi colado um pedaço de fita adesiva em uma das incisões das duas áreas.

Figura 22: Colagem de fita adesiva



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Aproximadamente um minuto depois, a fita foi removida e pesada em balança digital, com objetivo de verificar a quantidade de resíduo de gesso e de cal que havia sido destacada da alvenaria.

Teste de pulverulência: para realização deste teste, procedeu-se com certa pressão os dedos das mãos sobre as áreas pintadas com resíduo de gesso e cal. Em seguida, os dedos submetidos ao teste foram avaliados visualmente, baseando-se na quantidade de resíduos que ficaram presos à mão.

Figura 23: Realização do teste de pulverulência



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Teste de exposição a intempéries climáticas: o protótipo de parede ficou exposto às intempéries climáticas, inicialmente em área coberta, por um período de 20 dias, sendo que foram realizados registros fotográficos, no 1º e no 20º dia de exposição, da área pintada com resíduo de gesso e com cal para fins de comparação no que diz respeito ao desbotamento da tinta com o passar dos dias e também para comparação entre os produtos.

Em um segundo período, a parede foi movimentada para uma área descoberta e seguiu exposta a intempéries climáticas, inclusive chuva (o índice de pluviometria nos 20 últimos dias de exposição, de 01/02/2022 a 21/02/2022, alcançou 27mm, segundo a plataforma “ClimaAju”). Mais uma vez, foram realizados registros fotográficos, no 1º

e no 20º dia de exposição, em área descoberta para fins de comparação no que diz respeito ao desbotamento da tinta com o passar dos dias e também para comparação entre os produtos.

3. *Verificar a satisfação de possíveis usuários ao reutilizarem resíduos de gesso na aplicação de pinturas em substituição à cal.*

Objetivando verificar a aceitação dos resíduos de gesso, foram distribuídas amostras ensacadas com 200g do resíduo moído e peneirado para profissionais que trabalham no segmento da construção civil, cooperativas de reciclagem, empresas gerenciadoras de resíduos e em órgãos públicos que realizam serviços urbanos, os quais anteriormente já haviam demonstrado interesse em ser um possível usuário do resíduo de gesso beneficiado.

Figura 24: Amostras distribuídas para os possíveis usuários



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Juntamente com as amostras, foram entregues um manual de instruções para aplicação do produto e novos questionários, os quais permitiram captar dados quanto à satisfação dos profissionais após a reutilização do resíduo.

3.4 Análise dos dados

Em termos práticos, para a primeira e a terceira etapas da pesquisa, a análise dos dados partiu da interpretação dos questionários aplicados. Quanto à segunda etapa, os dados foram analisados conforme aspectos de: (1) facilidade para aplicação e poder de cobertura; (2) resistência à abrasão; (3) resistência à aderência; (4) pulverulência; (5) desbotamento após exposição a intempéries climáticas, citados por Casalinho (2013).

A análise foi dividida em três tópicos: (1) avaliação do interesse dos possíveis consumidores; (2) potencialidade de reutilização para aplicação em pintura, substituindo a cal; (3) satisfação dos possíveis consumidores ao reutilizar o resíduo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

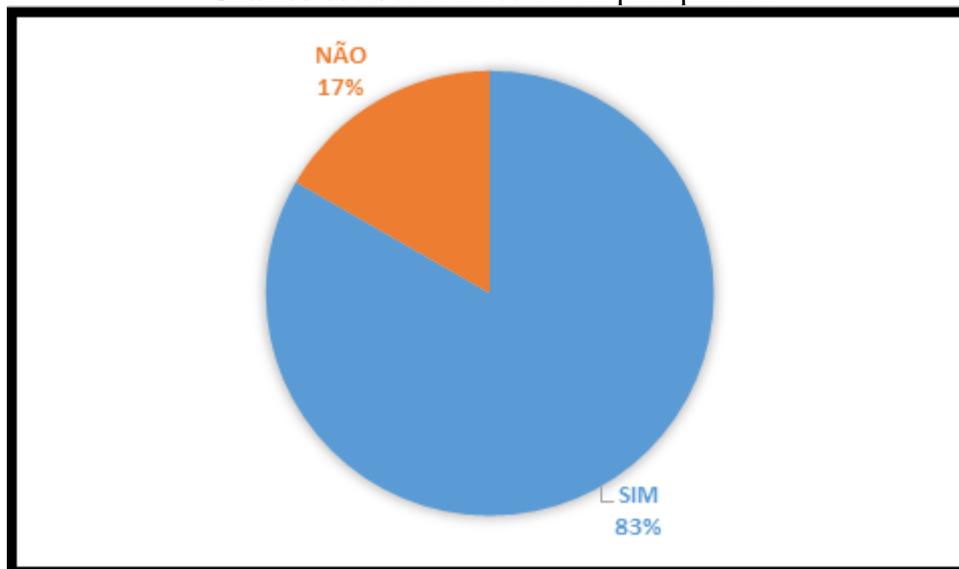
4.1 Avaliação do interesse dos possíveis consumidores

Os parâmetros empregados para avaliação do mercado consumidor para reutilização dos resíduos de gesso serão apresentados neste tópico, a partir das respostas obtidas após a aplicação do primeiro questionário.

4.1.1 *Uso de cal para pintura*

Observou-se que predominaram entre os participantes da pesquisa aqueles que utilizam a cal para pintura em suas atividades profissionais (83%), enquanto uma pequena parte dos entrevistados não faz uso desse material (17%).

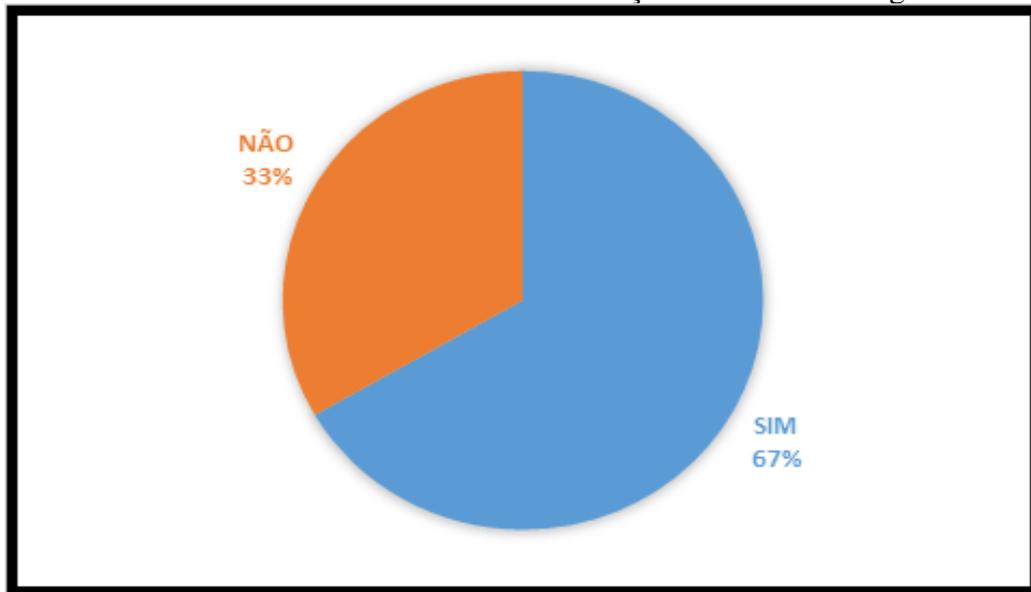
Gráfico 03: Sobre o uso de cal para pintura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.1.2 *Ciência da possibilidade de reutilização dos resíduos de gesso*

Mais da metade (67%) dos profissionais participantes da pesquisa tem conhecimento sobre a possibilidade de reutilização dos resíduos de gesso, enquanto a outra parte (33%) não conhecia essa alternativa.

Gráfico 04: Conhecimento sobre reutilização dos resíduos de gesso

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.1.3 Reutilização dos resíduos de gesso

Todos os profissionais que participaram da pesquisa (100%) nunca reutilizaram resíduos de gesso.

4.1.4 Possibilidade de reutilização dos resíduos de gesso na aplicação de pinturas

Observou-se que todos os profissionais que participaram da pesquisa (100%) afirmam que os resíduos de gesso podem ser reutilizados na aplicação de pinturas.

4.1.5 Uso e compra dos resíduos de gesso para aplicação em pinturas

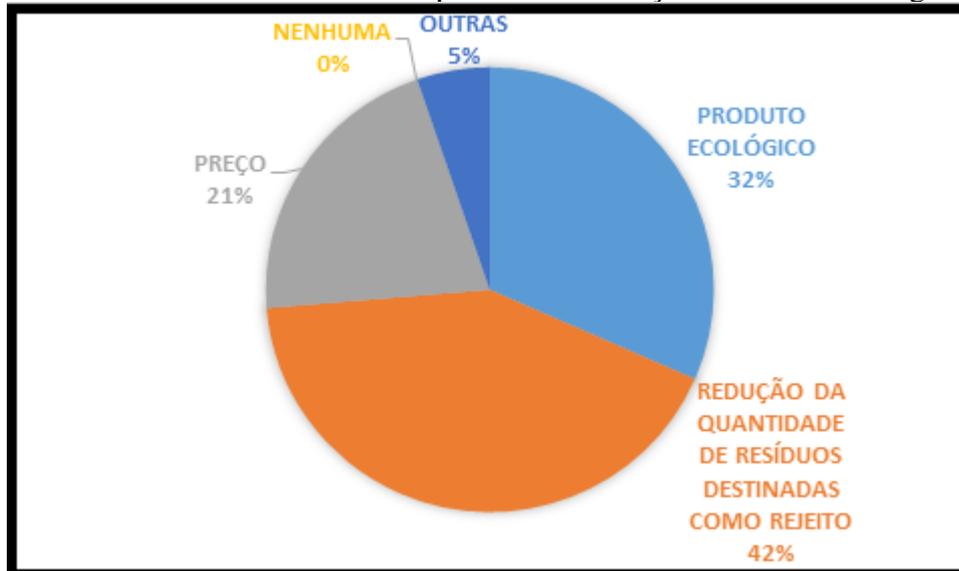
Todos os profissionais consultados demonstraram interesse em reutilizar, inclusive mediante processo de compra, os resíduos de gesso na execução de pinturas.

4.1.6 Diferenciais citados quanto à reutilização dos resíduos de gesso

Os profissionais que participaram da pesquisa tiveram opinião dividida quanto aos diferenciais da reutilização dos resíduos de gesso para aplicação de pinturas. Porém, entre as opções, destaca-se a redução do descarte dos resíduos de gesso como rejeito (42%). O fato de ser um produto ecológico (32%) e a possibilidade de ter um preço diferenciado (21%) quando

comparado à cal dão sequência à lista. Houve também outras opiniões citadas (5%), como ampliar o mercado das cooperativas, uma vez que esse resíduo seria mais uma opção de comercialização para elas.

Gráfico 05: Diferenciais citados quanto à reutilização dos resíduos de gesso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2 Potencialidade de reutilização para aplicação em pintura, substituindo a cal

Os resultados obtidos para verificar o potencial de reutilização dos resíduos de gesso na aplicação de pinturas, substituindo a cal, foram analisados conforme testes adaptados da pesquisa de Casalinho (2013).

4.2.1 Facilidade para aplicação e poder de cobertura

A facilidade para aplicação e a cobertura satisfatória são dois dos objetivos mais buscados pelos profissionais que utilizam a cal para pintura.

Durante a pintura da parede experimental com resíduo de gesso, foi perceptível a facilidade para realizar sua aplicação. O resíduo não demonstrou dificuldade no momento da mistura com água e teve fluidez durante a execução da pintura. Por fim, apresentou secagem rápida. Seu comportamento foi semelhante ao da cal; sendo assim, atingiu resultado satisfatório.

Para avaliar o poder de cobertura, foi verificada a capacidade do resíduo de gesso de “esconder” a cor do reboco da parede após sua aplicação. O que se observou após a secagem é

que o reboco foi escondido, e, mais uma vez, o resultado assemelhou-se ao da cal. Sendo assim, o resultado foi convincente.

Figura 25: Parede experimental pintada com cal e resíduo de gesso, respectivamente



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

4.2.2 Resistência à abrasão

O objetivo da aplicação do teste de resistência à abrasão foi comparar o comportamento da pintura quando exposta ao desgaste.

Após escovação, foi identificado leve desgaste na área escovada, comparado à área não escovada. Porém, comparando o desgaste da área pintada com resíduo de gesso e com cal, os desgastes identificados são semelhantes. Sendo assim, o resíduo de gesso teve comportamento

similar ao da cal. Ambos apresentaram leve desgaste no revestimento após escovação, por isso o resultado do teste foi aceitável.

Figura 26: Parede experimental após realização do teste de abrasão



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

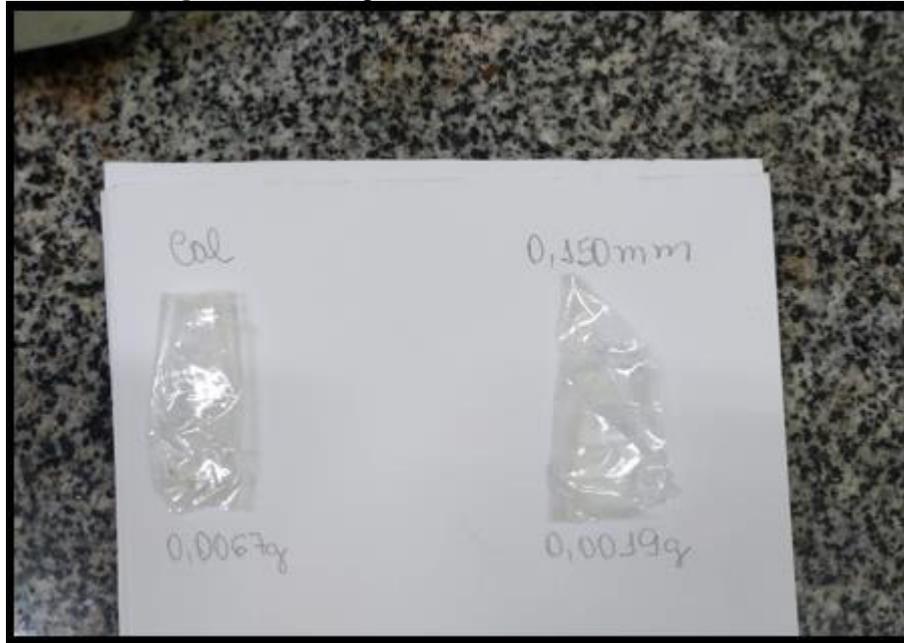
4.2.3 Resistência de aderência

Após a aplicação do teste de resistência de aderência, foi possível verificar o grau de deslocamento do resíduo de gesso utilizado na pintura da parede experimental.

Foi constatado que a fita adesiva aplicada na área pintada com resíduo de gesso apresentou 0,0019g de resíduo, enquanto a fita adesiva aplicada na área pintada com cal apresentou 0,0067g. Ou seja, a aderência da área pintada com resíduo de gesso foi superior,

alcançando melhor resultado que a área pintada com cal, já que a fita da cal manifestou maior quantidade de resíduo quando retirada.

Figura 27: Pesagem realizada nas fitas adesivas



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

4.2.4 Pulverulência

Após pintura das áreas da parede delimitadas para a cal e o resíduo de gesso, foi verificado o poder de cada revestimento quanto à pulverulência.

Foi possível avaliar sob o aspecto visual a quantidade de resíduos liberados após a pressão feita com os dedos nas áreas pintadas com cal e com resíduo de gesso.

Mais uma vez, o resíduo de gesso apresentou melhor resultado que a cal, uma vez que, após finalização do teste, ficou evidente a presença de mais resíduo no dedo utilizado para pressionar a área pintada com cal, conforme demonstrado na figura 28.

Figura 28: Resíduos presos à mão após aplicação do teste de pulverulência



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

4.2.5 Desgaste após exposição a intempéries climáticas

Foram observadas características quanto ao desgaste da pintura feita com resíduo de gesso quando a parede foi exposta às intempéries climáticas em área coberta e, em seguida, descoberta.

Figura 29: Parede experimental no 1º dia de exposição em área coberta



Fonte: Capturado pelo autor (11/01/2022), 2022.

Após o 20º dia de exposição às intempéries climáticas em área coberta, o desbotamento na pintura feita com resíduo de gesso foi mínimo em comparação ao 1º dia de exposição. Ao comparar com a área pintada com cal, não foi perceptível diferença entre as aplicações, sendo que as duas se comportaram de forma semelhante. Por isso, em área coberta, a pintura feita com resíduo de gesso teve bom resultado, como apresentado nas figuras 29 e 30.

Figura 30: Parede experimental no 20º dia de exposição em área coberta



Fonte: Capturado pelo autor (31/01/2022), 2022.

Figura 31: Parede experimental no 1º dia de exposição em área descoberta



Fonte: Capturado pelo autor (31/01/2022), 2022.

Após o 20º dia exposta em área descoberta, inclusive em contato com chuva, a pintura feita com resíduo de gesso sofreu discreto desbotamento e desgaste em comparação ao 1º dia. Além do desgaste, foram constatados setores que sofreram descamação no revestimento.

Ao comparar com a área revestida com cal, foi possível identificar desgaste pouco maior da área pintada com resíduo de gesso. Sendo assim, interpreta-se que o resíduo de gesso sofre um desbotamento mais acelerado que o da cal quando exposto em áreas descobertas, que tenham contato com a chuva. Esse desbotamento é mais lento quando exposto em ambientes cobertos.

Figura 32: Parede experimental no 20º dia de exposição em área descoberta



Fonte: Capturado pelo autor (20/02/2022), 2022.

4.3 Satisfação dos possíveis consumidores

Os parâmetros empregados para avaliar a satisfação de possíveis usuários ao reutilizarem os resíduos de gesso na aplicação de pinturas serão apresentados a seguir, mediante análise das respostas obtidas após a aplicação do segundo questionário.

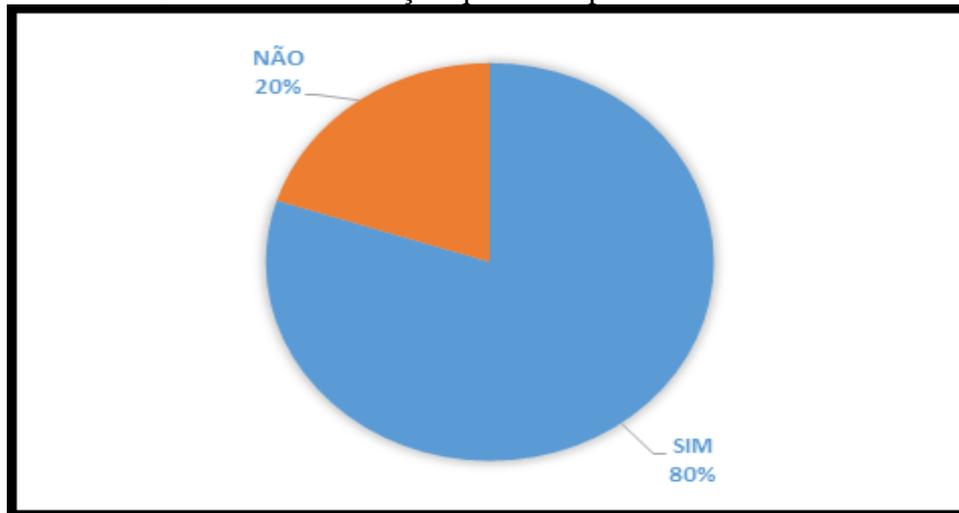
4.3.1 Facilidade e fluidez durante a realização da pintura

Predominou entre os profissionais que responderam ao questionário (100%) a satisfação quanto aos aspectos de facilidade e fluidez durante a aplicação do resíduo de gesso para realização de pinturas.

4.3.2 Poder de cobertura após execução da pintura

Para a grande maioria (80%) dos profissionais que testaram o resíduo de gesso na execução de pinturas, o poder de cobertura foi satisfatório, enquanto a minoria (20%) não ficou satisfeita com o resultado.

Gráfico 06: Satisfação quanto ao poder de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

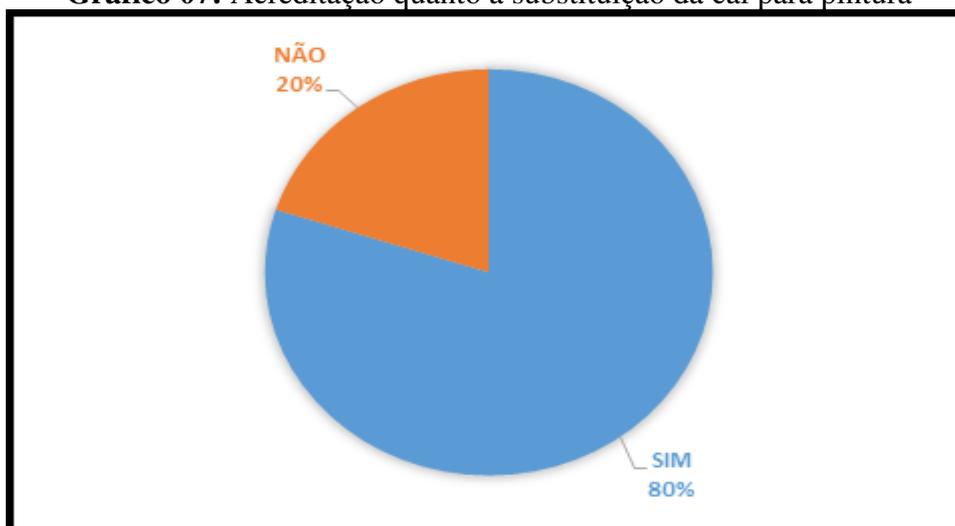
4.3.3 Semelhança em aspectos de tonalidade com a cal para pintura

Todos os profissionais que responderam ao questionário (100%) concluíram que o resíduo de gesso, quando aplicado em pinturas, assemelha-se à cal quanto ao aspecto tonalidade.

4.3.4 Substituição à cal para pintura

Os profissionais que testaram o resíduo de gesso na aplicação de pinturas realçam, em sua maior fração (80%), que tal resíduo pode substituir a cal para pintura, enquanto uma pequena parcela crê no contrário (20%).

Gráfico 07: Acreditação quanto à substituição da cal para pintura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

Apesar dos aspectos positivos que circundam a construção civil, o impacto ambiental causado pela atividade é alarmante. A geração de resíduos nos canteiros de obras, inclusive do resíduo de gesso, aumenta ano após ano. Dentre as formas de viabilizar a mitigação dos impactos ocasionados pelo descarte inapropriado dos resíduos de gesso e de fazer-se cumprir a Resolução nº 431/2011 do CONAMA está a apresentação de uma alternativa para reutilização dos resíduos de gesso que possa ser executada pelos geradores do resíduo.

Diante do contexto e das questões que orientaram a realização da pesquisa, é chegada a hora de apresentar a conclusão dos resultados pertinentes a ela – os resíduos de gesso da construção civil podem ser reutilizados na aplicação de pinturas em substituição à cal, tornando-se esta uma alternativa para reduzir os impactos ambientais causados por sua destinação inapropriada?

Mediante a realização desta pesquisa, percebeu-se que, apesar de muitos profissionais nunca terem reutilizado resíduos de gesso, a maioria deles tem conhecimento sobre a possibilidade de sua reciclagem e reutilização. Inclusive, destacam que esse resíduo pode alcançar bons resultados ao ser aplicado na realização de pinturas. Alguns deles testaram e aprovaram o produto e até mesmo demonstraram interesse em comprar o material para reutilização nessa finalidade. Percebe-se que o mercado consumidor para a reutilização dos resíduos de gesso é próspero, comprovando-se a existência de sujeitos interessados na reaplicação do resíduo.

Uma vez constatada a existência de sujeitos interessados na reutilização do resíduo, testou-se também seu potencial técnico na aplicação de pinturas em substituição à cal. Dos testes realizados, o resíduo de gesso superou as expectativas em três. Foram eles os testes de resistência à abrasão, aderência e pulverulência. Neles, os resultados foram melhores que os da cal quando aplicada em pinturas. Quanto à facilidade para aplicação e ao poder de cobertura, percebeu-se desempenho semelhante ao da cal, sendo que esse foi um resultado satisfatório. Quando a pintura feita com resíduo de gesso foi exposta a intempéries climáticas em área coberta, seu resultado foi aceitável e semelhante ao da cal, porém, quando em área descoberta, foi percebido que o resíduo de gesso sofreu desgaste mais acelerado que o da cal. Nota-se que em áreas descobertas, e principalmente devido ao contato com chuva, ao passar dos dias, o resíduo apresenta desbotamento mais rápido quando comparado à cal.

Portanto, os resíduos de gesso gerados na construção civil podem ser reutilizados na aplicação de pinturas em substituição à cal, sendo que, em áreas cobertas, seu comportamento assemelha-se ao da tinta. Já em áreas descobertas, o desgaste da pintura é mais acelerado. Por fim, a reutilização dos resíduos de gesso em pinturas torna-se uma alternativa de reaplicação do resíduo, em cumprimento da Resolução nº 431/2011 do CONAMA, colaborando como alternativa para mitigação de impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado.

5.2 Sugestões

Com base no estudo realizado, verificou-se a possibilidade de reutilizar os resíduos de gesso na aplicação de pinturas, em substituição à cal e como alternativa para destinação, reduzindo, assim, os impactos ambientais causados por seu descarte inapropriado.

Percebe-se a viabilidade dessa alternativa do ponto de vista ambiental. Ressalva-se que a análise da viabilidade econômica e social da alternativa não cabe a este trabalho devido ao tempo disponível para execução e ao foco da pesquisa, deixando-se todo o estudo como importante contributo para tal. Para essa outra etapa, seriam necessárias a coleta de dados e uma análise mais detalhada, como: (1) volume de geração dos resíduos de gesso; (2) dimensionamento de equipamentos e capacidade de processamento; (3) composição do custo de produção e venda; (4) benefícios sociais alcançáveis, entre outros.

Deixam-se também elencadas outras ideias possíveis de serem pesquisadas com base no conhecimento descrito neste trabalho:

- a) Reutilização dos resíduos de gesso em substituição à massa corrida como alternativa à mitigação de impactos ambientais;
- b) Reutilização dos resíduos de gesso em substituição à tinta em pó para ambientes internos como alternativa à mitigação de impactos ambientais;
- c) Avaliação e dimensionamento de equipamentos para reutilização dos resíduos de gesso com menor energia possível;
- d) Avaliação do cumprimento da Resolução nº 431/2011 do CONAMA quanto à destinação de resíduos de gesso.

Por fim, é possível, através deste estudo, que profissionais que em suas atividades geram resíduos de gesso, pesquisadores, estudantes e a população em geral conheçam uma alternativa para reutilização desses resíduos que cumpra as determinações de normas ambientais, que tenha a capacidade de mitigar impactos ambientais e, assim, contribua para a melhoria da qualidade de vida de gerações atuais e futuras.

REFERÊNCIAS

AIRES, Kenia. **Aplicação industrial dos resíduos de peças pré-moldadas de gesso na produção de cimento Portland**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2015.

ALMEIDA, Roberta. **Análise ergonômica da atividade na execução do serviço de revestimento de gesso**. 2019. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2019.

ALMEIDA, Ana. **Diagnóstico da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos de construção civil pelas cooperativas de reciclagem no município de Belém-PA**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2019.

ANDRADE, Neide. **Gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil no bairro Jabotiana em Aracaju**. 2017. 122 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.

ANJOS, Max et al. Rede climática urbana aplicada ao estudo da ilha de calor em Aracaju-SE. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 62, p. 203-216, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.207 - Gesso para construção civil – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.471 - Cal virgem e cal hidratada - Retirada e preparação de amostra - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

BAUER, Martin W.; GASKELL, George. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

BITENCOURT, Daniela. **Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos de coco (cocus nucifera L.)**. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2008.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2010.

CARVALHO, Eliedson. Estudo da viabilidade da aplicação de resíduos de gesso em argamassa de assentamento para alvenaria de bloco cerâmico. *In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. 2015.

CASALINHO, Paula. **Análise comparativa de pinturas para intervenções no patrimônio edificado em Pelotas no final do século XIX**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2013.

CIPRIANO, Pâmelo. Produção de cerâmica vermelha utilizando argila da mineração de gipsita e resíduo de gesso. **Revista Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 25-29, 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

DUTRA, Mônica. **Uso de resíduos de gesso in natura e calcinado na produção de placas decorativas**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2017.

FEITOSA, Hélio. **Avaliação da viabilidade técnica do uso de gesso reciclado da construção civil como insumo para a agricultura familiar periurbana no Distrito Federal**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

FERNANDES, Carlos. **Reciclagem de resíduos de gesso de construção para uso em revestimentos, placas de forro e molduras de acabamento**. 2016. 236 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016.

FERREIRA, Fernanda; SOUSA, José; CARNEIRO, Arnaldo. Caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 207-221, 2019.

FONSECA, Daniele. **Tintas e pigmentos no patrimônio pelotense: um estudo dos materiais de pintura das fachadas do século XIX**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2006.

FONSÊCA, Nayara. **Potencial de substituição do cimento pela cal em tijolos de solo-cimento com incorporação de resíduo cerâmico**. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2018.

GASPARIN, Paula. **Obtenção e Avaliação de compósito à base de resíduos de gesso e poliestireno expandido (EPS)**. 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, PR, 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, Vinícius. **Desempenho de misturas de distintos materiais com cinza volante e cal submetidas a condições climáticas severas**. 2018. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2018.

GUALBERTO, Alane. **Avaliação do uso de resíduos da construção civil reciclados como agregados do concreto em um pátio de compostagem**. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Aracaju**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/se/aracaju.html>. Acesso em: 10 mar. 2021.

KAMINSKI, Lisandra. **Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos para o município de União da Vitória-PR: contribuições para a aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2021. 225 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2021

KLEIN, Flávio; GONÇALVES DIAS, Sylmara. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, p. 483-506, 2017.

KOCHEM, Keila. **Potencialidades de logística reversa do resíduo de gesso da indústria da construção civil**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2016.

LEAL, Elaine. **Análise da desertificação socioambiental no Bairro Jabotiana - Aracaju/SE**. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

LEFF, Enrique. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. **Olhar de Professor**, v. 14, n. 2, p. 309-335, 2011.

LEITE, Izabella et al. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, p. 159-175, 2018.

LUCHEZZI, Celso. **Logística reversa na construção civil**. 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP, 2019.

MARCONI, Andrade; LAKATOS, Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo, SP: Atlas, 2003.

MATTIAS, Lucas. Gesso reciclado: Análise da viabilidade de sua aplicação em painéis de revestimento decorativo. *In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. 2017.

MOGNON, C. Estudos para destinação do resíduo de gesso por upcycling. *In: Anais do 60º Congresso Brasileiro de Química*. 2016.

MORAES, Andréa. **Análise da normatização, gestão e destinação dos resíduos da construção civil** – estudo de caso de três empresas. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) - Universidade La Salle, Canoas, RS, 2018.

MOTA, Gláucia. **Análise da sustentabilidade ambiental em canteiro de obra no município de Aracaju à luz da Resolução CONAMA nº 307/2002**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

NEVES, Thiago. **Avaliação dos tipos de base na aderência de revestimento de gesso em pasta**. 2018. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

NOGUEIRA, Edithe. **A construção civil e o desenvolvimento no município de Imperatriz - MA**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) - Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2015.

OLIVEIRA, Allan. **Avaliação do ciclo de vida aplicada na gestão dos resíduos sólidos urbanos**: estudo de caso do Distrito Federal. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

OLIVEIRA, Flávia. **Caracterização de um compósito utilizando cimento com agregado de resíduo plástico e resíduo gesso**. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2015.

PEREIRA, Alessandra. **Gestão de resíduos sólidos urbanos em Nossa Senhora da Glória**: desafios à sustentabilidade socioambiental. 2016. 192 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

PEREIRA, Luana. A indústria da cal no Brasil. *In: Anais da XVII Jornada de Iniciação Científica - CETEM*. 2009.

PIAZZA, Stéphanie. **Geração e valorização de um novo compósito para construção civil utilizando resíduos da produção de painéis de mdf, de celulose e de cal**. 2020. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2020.

PINHEIRO, Sayonara; CAMARINI, Gladis. Characteristics of gypsum recycling in different cycles. **IACSIT - International Journal of Engineering and Technology**, v. 7, n. 3, p. 1-5, 2015.

PREFEITURA DE ARACAJU. **Clima em Aracaju**. Disponível em: <https://www.instarain.com.br/climaju/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

SANTANA, Clóvis. Avaliação de desempenho mecânico de parede de blocos fabricados com resíduos de gesso e fibra de celulose. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 100-110, 2019.

SANTOS, Luiz et al. Os resíduos sólidos urbanos no Brasil e a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, p. 1-8, 2018.

SANTOS, Natanaelyfle. **Caracterização mecânica, térmica e acústica de um compósito que utiliza rejeitos de mármore, granito e eps para a fabricação de blocos para a construção civil**. 2014. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.

SANTOS, João Lucas. Estudos de painéis produzidos a partir dos resíduos de gesso acartonado reciclado e bagaço de cana de açúcar. *In: Anais do XII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial*. 2018.

SILVA, Leonete. Incorporação de resíduos de gesso de construção civil na fabricação de telha plana para construção civil. *In: Anais do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2019.

SILVA, Deoclebson; SANTANA, Clóvis; RIBEIRO, Leila. Avaliação de desempenho mecânico de parede com blocos fabricados com resíduos de gesso e fibra de celulose. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 100-110, 2019.

SILVA NETO, Carlos et al. Utilização de resíduos de gesso da construção civil para incremento no desenvolvimento de *Crotalaria Retusa*. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 6, n. 1, p. 140-155, 2015.

TESKE, S.; GONÇALVES, P. F. A.; NAGALLI, A. Desenvolvimento de modelo conceitual de telha ecológica a partir de resíduos de PET e gesso da construção. **Revista Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 190-198, 2015.

ANEXO A – Questionário de avaliação do interesse dos possíveis consumidores

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO

**REÚSO DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO À CAL PARA
PINTURA: MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS**

Orientador: Roberto Rodrigues de Souza

Mestrando: Ítalo José Silva Santos

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO INTERESSE DOS POSSÍVEIS CONSUMIDORES		
O(A) Sr.(a) utiliza cal para pintura em sua atividade profissional?	SIM__	NÃO__
O(A) Sr.(a) já ouviu falar em reutilização de resíduos de gesso?	SIM__	NÃO__
O(A) Sr.(a) já fez uso de resíduos de gesso reutilizados?	SIM__	NÃO__
O(A) Sr.(a) acredita que o resíduo de gesso pode ser utilizado em pinturas?	SIM__	NÃO__
O(A) Sr.(a) utilizaria esse produto?	SIM__	NÃO__
O(A) Sr.(a) compraria esse produto?	SIM__	NÃO__
Que tipo de vantagem o(a) Sr.(a) veria nesse produto?		
Produto ecológico	SIM__	NÃO__
Diminui a quantidade de resíduo destinado como rejeito	SIM__	NÃO__
Preço	SIM__	NÃO__
Nenhuma	SIM__	NÃO__
Outras vantagens (especificar)_____	SIM__	NÃO__

ANEXO B – Questionário de satisfação dos possíveis consumidores

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**

**REÚSO DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SUBSTITUIÇÃO À CAL PARA
PINTURA: MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS**

Orientador: Roberto Rodrigues de Souza

Mestrando: Ítalo José Silva Santos

QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO DOS POSSÍVEIS CONSUMIDORES		
Quanto a aspectos de facilidade e fluidez para realização da pintura, o resultado foi satisfatório?	SIM__	NÃO__
Quanto ao poder de cobertura após a pintura da superfície escolhida, o resultado foi satisfatório?	SIM__	NÃO__
A tonalidade do resíduo de gesso após aplicado assemelha-se ao da cal para pintura?	SIM__	NÃO__
Baseado no resultado da aplicação, o(a) senhor(a) acredita que este produto poderia substituir a cal para pintura?	SIM__	NÃO__