



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO

COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

ANTONIO WELITON NOGUEIRA DOS SANTOS

**ESTUDO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE GESSO DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE TRINDADE-PE**

OURICURI-PE

2024

ANTONIO WELITON NOGUEIRA DOS SANTOS

**ESTUDO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE GESSO DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE TRINDADE-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Licenciatura Plena em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Ouricuri-PE, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Renato César da Silva

OURICURI-PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237 Santos, Antonio Weliton Nogueira dos.

Estudo da gestão de resíduos sólidos de gesso da construção civil no município de Trindade-PE / Antonio Weliton Nogueira dos Santos. - Ouricuri, 2024.
67 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Ouricuri, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Renato César da Silva.
Coorientação: Dr. Alcidênio Soares Pessoa.

1. Química. 2. Resíduos de gesso. 3. Gestão de resíduos sólidos. 4. Reutilização.
I. Título.

CDD 540

ANTONIO WELITON NOGUEIRA DOS SANTOS

**ESTUDO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE GESSO DA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE TRINDADE-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Ouricuri-PE, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em química.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato César da Silva
IFSertãoPE – Campus Ouricuri

Prof. Dr. Alcidênio Soares Pessoa
IFSertãoPE – Campus Ouricuri

Prof. Dr. André Henrique Barbosa de Oliveira
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dedico este trabalho a Deus, pois sem ele nada seria possível. Da mesma forma, aos meus pais Antonio Zacarias e Marly Nogueira, alicerces da minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido no caminho certo durante este projeto de pesquisa, com forças e saúde para chegar até o final.

Ao Professor Dr. Renato César da Silva pela oportunidade, orientação, incentivos e paciência ao longo dessa caminhada.

A minha mãe Marly Nogueira da Silva que sempre esteve ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

Também agradeço aos meus colegas e amigos de turma Hadhy Hally, Thamirys Alves, Glauciane Barros e José William pela amizade, incentivos, conselhos e convívio durante esse percurso acadêmico.

A todos os meus professores do Curso de Licenciatura Plena em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano Campus Ouricuri, pela excelência técnica, ensinamentos, incentivos e amizade ao longo do curso. Gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho acadêmico.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998, p. 131).

RESUMO

Esta pesquisa apresenta como finalidade o estudo do gerenciamento dos resíduos de gesso da construção civil no município de Trindade-PE. Para efetivar a proposta deste objetivo foi necessário caracterizar o gerenciamento dos resíduos de gesso no município, assim como identificar e avaliar os principais aspectos que influenciam esse gerenciamento. Além disso, descrever a importância, no âmbito social e ambiental, da gestão desses resíduos. A construção civil é uma das áreas que mais cresce no país e se caracteriza como uma importante atividade para o desenvolvimento econômico e social, no entanto, apresenta-se como grande geradora de resíduos sólidos e que são nocivos ao meio ambiente, tanto pelo consumo de recursos naturais, quanto pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. O gerenciamento adequado dos resíduos de gesso é primordial para o meio ambiente e à saúde pública. Assim sendo, o referencial metodológico deste trabalho foi realizado através de uma pesquisa qualitativa, fundamentado em um estudo exploratório. A pesquisa abrangeu vários estudos de forma simultânea, mais especificamente: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental em órgãos públicos, observações de campo, entrevistas e questionários. Os processos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa foram feitos através de um estudo com os responsáveis pela gestão dos resíduos de gesso, para compreender a forma de gerenciamento desses resíduos. Os instrumentos de pesquisa, além dos bibliográficos e documentais, foram entrevistas e questionários semiestruturados, com perguntas abertas e fechadas para identificação do gerenciamento do resíduo de gesso no município de Trindade-PE. Diante do exposto, a deposição irregular dos resíduos de gesso em áreas de domínio público está associada à falta de um órgão de fiscalização e ineficiência da administração municipal no controle dos resíduos de gesso, na deposição irregular em vias e logradouros públicos pela ausência de uma área privada ou pública para deposição desses resíduos, sendo um fator limitante para correta deposição destes resíduos, além da falta de conhecimento das bases legais que norteiam o gerenciamento e reaproveitamento dos resíduos de gesso no município de Trindade-PE. Espera-se que esse trabalho possa contribuir para a discussão das estratégias e práticas do gerenciamento de resíduos de gesso.

Palavras-chaves: Resíduos de gesso; reaproveitamento; gestão de resíduos sólidos.

ABSTRACT

The aim of this research is to study the management of construction plaster waste in the municipality of Trindade-PE. In order to achieve this objective, it was necessary to characterize the management of gypsum waste in the municipality, as well as to identify and evaluate the main aspects that influence this management. In addition, it was necessary to describe the social and environmental importance of managing this waste. Civil construction is one of the fastest growing areas in the country and is characterized as an important activity for economic and social development. However, it is also a major generator of solid waste, which is harmful to the environment, both because it consumes natural resources and because it changes the landscape or generates waste. Proper management of gypsum waste is essential for the environment and public health. Therefore, the methodological framework of this work was carried out through qualitative research, based on an exploratory study. The research encompassed several studies simultaneously, specifically: bibliographical research, documentary research in public bodies, field observations, interviews and questionnaires. The methodological processes used to carry out this research were carried out through a study with those responsible for managing gypsum waste, in order to understand how this waste is managed. The research tools, in addition to the bibliographic and documentary ones, were interviews and semi-structured questionnaires, with open and closed questions to identify the management of gypsum waste in the municipality of Trindade-PE. In view of the above, the irregular disposal of gypsum waste in areas of public domain is associated with the lack of a supervisory body and the inefficiency of the municipal administration in controlling gypsum waste, irregular disposal on public roads and streets due to the absence of a private or public area for the disposal of this waste, which is a limiting factor for the correct disposal of this waste, in addition to the lack of knowledge of the legal bases that guide the management and reuse of gypsum waste in the municipality of Trindade-PE. It is hoped that this work will contribute to the discussion of gypsum waste management strategies and practices.

Keywords: Gypsum waste; reuse; solid waste management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização e mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe....	19
Figura 2 - Localização do Polo Gesseiro do Araripe.....	23
Figura 3 - Localização do Município de Trindade-PE.	32
Figura 4 - Resíduos de gesso em canteiros de obras.	36
Figura 5 - Áreas de descarte dos resíduos de gesso.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos de gesso.....	16
Quadro 2 - Gestão dos resíduos de gesso com base no PGRCC.....	35
Quadro 3 - Destinação final dos resíduos de gesso.	37

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação geral da produção do gesso.....	21
Equação 2 - Equação química da produção do hemidrato- α	21
Equação 3 - Equação química da produção do hemidrato- β	21
Equação 4 - Equação química da produção da γ -anidrita.	22
Equação 5 - Equação química da produção da β -anidrita.	22
Equação 6 - Equação química da formação do óxido de cálcio.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Definição e aplicação do gerenciamento de resíduos de gesso	14
3.1.1	<i>Resíduos da construção civil</i>	14
3.1.2	<i>Classificação dos resíduos</i>	15
3.1.3	<i>Resíduos sólidos e as legislações</i>	17
3.2	Panorama nacional e regional do setor gesseiro	18
3.2.1	<i>Origem do gesso</i>	18
3.2.2	<i>Reservas de gipsita no Brasil</i>	19
3.2.3	<i>Processo de produção do gesso</i>	20
3.2.4	<i>Importância econômica</i>	23
3.2.5	<i>O consumo de gesso no Brasil</i>	24
3.2.6	<i>Reciclagem de resíduos de gesso na indústria cimenteira</i>	25
3.2.7	<i>Impacto ambiental dos resíduos de gesso</i>	27
3.3	Resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável	28
3.3.1	<i>Reciclagem de resíduos de gesso</i>	28
3.3.2	<i>Reciclagem de resíduos de gesso na construção civil</i>	30
3.3.3	<i>Reciclagem dos resíduos de gesso na agricultura</i>	30
4	METODOLOGIA	32
4.1	Processo de coleta de dados	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Caracterização do gerenciamento dos resíduos de gesso no município de Trindade-PE	33

5.2 Fatores que influenciam o gerenciamento dos resíduos de gesso no município de Trindade-PE	39
5.3 Importância da gestão de resíduos sólidos de gesso no âmbito social e ambiental.....	41
6 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICES.....	50
ANEXOS.....	62

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional nos últimos anos e, conseqüentemente, o crescimento do processo de urbanização, muitas vezes acelerado, vem proporcionando o avanço do setor habitacional, tendo como resultado o acúmulo significativo de resíduos sólidos da construção civil. A qualidade de vida dos centros urbanos está diretamente associada ao destino dado a esses resíduos, e o manuseamento inadequado pode causar a contaminação da crosta terrestre, hidrosfera e atmosfera (CARTAXO, 2011). Em função disso, é imprescindível o gerenciamento dos resíduos sólidos, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde pública.

A construção civil é uma das áreas que mais cresce no país e vem se destacando gradualmente no âmbito da economia. De acordo com os resultados do Produto Interno Bruto (PIB), calculado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor da construção civil cresceu 2,7 % no segundo trimestre de 2022 em comparação aos primeiros três meses do ano. Deste modo, o desenvolvimento do setor supera o registrado pela economia nacional (IBGE, 2022).

No Brasil, as indústrias da construção civil são os principais agentes produtores de rejeitos urbanos e cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos sólidos são produzidos por ano (ABRECON, 2015). O contínuo desenvolvimento provocado pelo setor da construção civil produz impactos nocivos ao meio ambiente, quer pela modificação do meio natural ou pela grande quantidade de resíduos gerados, que sem o controle e gerenciamento adequado, causam danos desastrosos e muitas vezes irreparáveis ao meio ambiente (GUEDES, 2014).

Dentre esses resíduos, destaca-se o gesso, matéria derivada do minério de gipsita e cujas aplicabilidades são diversas. Porém, é frequentemente utilizado na construção civil como revestimento de alvenarias, blocos para execução de divisórias, placas de acartonado para forros e divisórias, ornamento pré-moldados etc. (BALTAR et al., 2001). Os resíduos de gesso demanda um gerenciamento específico, comparado aos demais resíduos da construção civil, em função da sua alta taxa de contaminação. Além disso, apresenta baixa taxa de reutilização e reciclagem, fato que contribui para o acúmulo desses resíduos e aumento dos impactos ambientais causados por deposições irregulares (JOHN; CINCOTTO, 2007).

O princípio regulatório para a gestão de resíduos sólidos no Brasil ocorreu a partir da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que regula a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em conjunto com a Lei de Saneamento Básico nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 e com as Resoluções 307/02 e 431/11 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Essas legislações norteiam as atribuições dos pequenos e grandes geradores de resíduos sólidos (CARTAXO, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, em seu Art. 3º, inciso X, define o gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações direcionadas para a busca de soluções dos resíduos sólidos, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final. Fundamentado no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou no plano de gerenciamento de resíduos sólidos, tendo em vista o âmbito ambiental, político, social e econômico (BRASIL, 2010, p. 2).

Dessa forma, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, determina que é responsabilidade do poder público e dos agentes privados a realização de planos integrados de gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos da construção civil e estes em condições legais com a Lei 9.605/1988 que define os crimes ambientais (BRASIL, 2002).

No município de Trindade-PE, o princípio regulatório sobre resíduos sólidos ocorre por meio da Lei Orgânica do Município, cuja função de coordenar sua implementação, bem como acompanhar e monitorar sua aplicação e desdobramentos deve-se à Secretaria do Meio Ambiente, que em seu Art. 93 determina que toda a população tem o direito a um ambiente ecologicamente equilibrado, de utilização comum do povo e essencial à boa qualidade de vida (TRINDADE (PE), 1990).

Da mesma forma, fica evidente no parágrafo 1º, inciso I, que para garantir a efetividade do Art. 93, cabe ao Poder Público Municipal fiscalizar, proteger, recuperar e preservar as florestas, a fauna e a flora, de forma colaborativa com a União e o Estado. Além disso, no parágrafo 1º, inciso V, destaca que é dever do Poder Público Municipal incentivar, participar e colaborar com o desenvolvimento de planos, programas e projetos de proteção ambiental de interesse do município (TRINDADE (PE), 1990).

De modo geral, as legislações advertem como ação a ser priorizada na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos a não geração e, concomitantemente, a sua redução, reutilização, reciclagem e destinação final. Entretanto, estas condutas ainda se mostram incipientes na maior parte do Brasil, não havendo parâmetros que demonstrem o volume total que foi descartado ou reduzido (BRASIL, 2022).

Diante dos fatos apresentados, essa pesquisa manifesta a seguinte indagação: de que forma a aplicação do gerenciamento de resíduos sólidos pode contribuir no aproveitamento dos rejeitos de gesso?

Levando em consideração o atual cenário sobre o gerenciamento de resíduos sólidos de gesso no município de Trindade-PE, o interesse em realizar esse estudo surgiu mediante o crescimento progressivo dos resíduos de gesso ao longo dos últimos anos e em consequência dos rejeitos de gesso demandar um manejo diferenciado em função da confirmação de haver, atualmente, uma baixíssima reutilização ou reciclagem, originando gradativamente mais resíduos, da qual o gerenciamento é indefinido.

Os problemas relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos de gesso vão desde a contaminação do solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, vetores de transmissão de doenças até a formação de sulfetos. Dentre eles o sulfeto de hidrogênio (H_2S), também denominado gás sulfídrico, composto corrosivo e odor característico de ovo podre, cuja inalação em pequenas concentrações pode acarretar irritação nos olhos, dor de cabeça e fadiga. Ademais, podendo causar a morte se inalado em altas concentrações (PINHEIRO, 2011).

Em ambientes úmidos, associado as condições aeróbicas e na presença de bactérias redutoras de sulfato, ocorre a liberação de íons sulfetos em solução, contaminando lençóis freáticos e modificando aspectos da água como, cor, odor e sabor. Produção de dióxido de enxofre (SO_2), no processo de incineração do gesso, que reage com compostos alcalinos poluindo a atmosfera (CIWMB, 2001).

Diante do exposto da problemática, é possível notar que a gestão de resíduos sólidos de gesso pode impactar direta ou indiretamente a qualidade de vida dos centros urbanos, serviços públicos de limpeza, biodiversidade, setores industriais e população em geral, proporcionando benefícios no âmbito social, ambiental e econômico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a gestão de resíduos sólidos de gesso no município de Trindade-PE.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o gerenciamento de resíduos sólidos de gesso;
- Apresentar os principais aspectos que influenciam no gerenciamento de resíduos de gesso;
- Descrever a importância da gestão de resíduos sólidos no âmbito social e ambiental.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os principais conceitos, definições, classificações, marcos regulatórios, leis, resoluções e normas técnicas referente ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, com destaque para os resíduos de gesso. Será explicitado os conceitos mais relevantes relacionado a temática, a descrição das diretrizes, suas classificações, o cenário nacional e regional do setor gesseiro, os impactos ambientais provenientes da geração de resíduos, manejo e melhor gerenciamento dos resíduos de gesso.

3.1 Definição e aplicação do gerenciamento de resíduos de gesso

3.1.1 *Resíduos da construção civil*

No Brasil, a construção civil é um dos setores de grande destaque, uma vez que seus indicativos de crescimento decorrentes da produção proporcionam oportunidades de emprego, desenvolvimento social, inovação em infraestrutura e fortalecimento da economia. No entanto, segundo Segantini e Wada (2011, p. 179),

A construção civil é uma atividade geradora de grandes volumes de resíduos, tendo como consequência enormes desperdícios de materiais nobres, como areia, pedra, madeira, gesso, cimento, entre outros. Pode também vir a se tornar um sério problema ambiental, sobretudo pela atual escassez de locais para a deposição deste grande volume de materiais, em geral, rejeitado nas construções civis.

A Resolução Conama nº 307/02, artigo 2º, estabelece a definição de resíduos sólidos da construção civil como:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos 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 ou metralha (Brasil, 2002, artigo 2º, inciso I).

De modo geral, a construção civil gera basicamente resíduos de complexa degradação ou não degradáveis, vistos como resíduos inertes e baixa periculosidade, sendo o impacto causado, essencialmente, pelo grande volume gerado, o que os torna singular comparado aos demais resíduos sólidos e disposição final no solo.

3.1.2 Classificação dos resíduos

De acordo com a Resolução CONAMA 307/02, os resíduos da construção civil são classificados da seguinte forma:

- Resíduos Classe A

São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados resultantes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura; solos de terraplanagem; de edificações, tais como materiais cerâmicos (tijolos, azulejos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto. Materiais de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.), produzidos nos canteiros de obras.

- Resíduos Classe B

São pertencentes a esse grupo os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras entre outros.

- Resíduos Classe C

Fazem parte os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

- Resíduos Classe D

Integram os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e similares, ou aqueles contaminados provenientes de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais etc.

Em conformidade com o uso das atribuições e competências que lhe são conferidas, o CONAMA alterou em 25 de maio de 2011, o artigo 3º da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para os resíduos de gesso. Isto significa que os resíduos de gesso saem da categorização de Resíduos Classe C, para a categorização de Resíduos Classe B, mediante a Resolução 431/11, passando a vigorar a seguinte redação: “Resíduos Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso”.

A mudança realizada pela Resolução CONAMA 431/11 proporciona beneficiamento dos resíduos de gesso, ou seja, atribui condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto. Essa alteração está em concordância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que expressa como prioridade ações voltadas para à recuperação energética dos resíduos, como: a reutilização, a reciclagem e disposição final ambientalmente adequada.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), de nº 10.004/2004, classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública em:

- Classe I (perigosos)

Resíduos que apresentam periculosidades (risco à saúde e ao meio ambiente), inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

- Classe II A (não-perigosos e não-inertes)

Resíduos que não se enquadram na Classe I nem na Classe II B. Podem ter prioridades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

- Classe II B (não perigosos e inertes)

Resíduos que quando submetidos a ensaios de solubilização da NBR 10.006 não apresentam teores solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

O quadro 1 descreve de maneira geral a classificação dos resíduos de gesso de acordo com a Resolução CONAMA 307/02, Norma Brasileira (NBR) 10.004/2004 e a Resolução CONAMA 431/11.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos de gesso.

Resolução/Norma	Classificação	Definição
Resolução CONAMA 307/02	Classe C	Inclui-se os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis.
Norma Brasileira (NBR) 10.004/2004	Classe II A	São resíduos não-perigosos e não-inertes
Resolução CONAMA 431/11	Classe B	São resíduos recicláveis para outras destinações.

Fonte: de autoria própria.

3.1.3 Resíduos sólidos e as legislações

Os registros históricos acerca dos resíduos sólidos da construção civil evidenciam que o princípio regulamentar surgiu através da Resolução CONAMA 307/02, em 05 de janeiro de 2002. Até então não existiam leis, normas ou resoluções específicas estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos gerados pelo setor da construção civil (CARTAXO, 2011).

A Resolução CONAMA 307/02 indica a segregação dos resíduos em diferentes classes, seu encaminhamento para reciclagem e disposição final adequada. Assim como estabelece que as áreas destinadas para essas finalidades precisam passar pelo processo de licenciamento ambiental e ser fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes. Além disso, estabelece que os municípios e geradores são os responsáveis pelo gerenciamento desses resíduos.

Em 02 de agosto de 2010 o Governo Federal promulga a Lei nº 12.305, denominada Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), sendo regulamentada em 12 de janeiro de 2022 pelo Decreto nº 10.936/2022, que estabelece as diretrizes, responsabilidades, princípios e objetivos que norteiam os diferentes participantes na implementação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2022).

A PNRS determina os recursos essenciais para o avanço na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no território nacional e, nessa perspectiva, ressalva a importância do planejamento a ser constituído por meio da articulação entre as diferentes esferas do poder público e o setor organizacional, tendo em vista à colaboração para a aplicabilidade dos objetivos da lei.

De acordo com Cabral e Moreira (2011), a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos é partilhada entre o poder público municipal, a iniciativa privada e os transportadores. Concerne aos Municípios e Distrito Federal implementar um Plano Integral de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRSCC), empregue pelos gestores municipais como recurso gerencial para o controle da geração, aproveitamento, triagem, transporte e destinação final.

Além disto, incorporar um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), que estabelece diretrizes técnicas e condutas para o

exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, de acordo com as normas técnicas do sistema de limpeza urbana local.

Ainda segundo Cabral e Moreira (2011), cabe aos geradores a elaboração e implementação de Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que tem como objetivo definir os métodos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

3.2 Panorama nacional e regional do setor gesso

3.2.1 Origem do gesso

Os minerais de sulfato de cálcio podem ocorrer na natureza nas formas dihidratada (gipsita: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), desidratada (anidrita: CaSO_4) e, raramente, semi-hidratada (bassanita: $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Esta é de difícil identificação e representa apenas cerca de 1% dos depósitos minerais de sulfato de cálcio (JORGENSEN, 1994, apud BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008).

Conforme OLIVEIRA *et al.* (2012, p. 72)

A gipsita é um sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cuja composição teórica é 46,6% SO_3 , 32,5% CaO , 20,9% H_2O . Cristaliza-se no sistema monoclinico, apresenta a classe prismática, biaxial positivo. Apresenta hábito fibroso, prismático, lamelar a tabular, maciço ou granular. Acontece associada com calcários, folhelhos, margas e argilas.

Ainda de acordo com Oliveira *et al.* (2012), o minério de gipsita integra-se as rochas sedimentares, composto pelos grupos dos cloretos e sulfatos (Ca, Mg, K), gerado pela evaporação intensiva de águas salinas em áreas específicas, geralmente sob climas secos e pouca profundidade. A gipsita também pode ser encontrada em regiões vulcânicas, particularmente, onde o calcário sofreu ação dos vapores de enxofre (BALTAR *et al.*, 2008).

Frequentemente os vocábulos “gesso”, “gipsita” e “gipso” são utilizados como sinônimos. Entretanto, as expressões gipsita e gipso referem-se a matéria-prima que produz o gesso, ou seja, o mineral em seu estado natural. Ao mesmo tempo em que a expressão gesso indica o produto industrial calcinado.

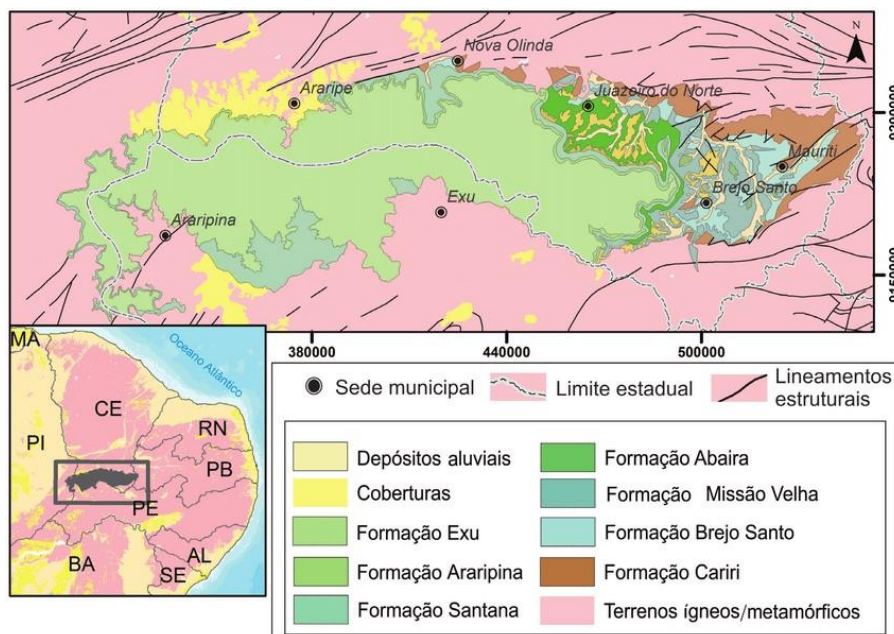
3.2.2 Reservas de gipsita no Brasil

No Brasil, as bacias sedimentares de gipsita localizam-se em nove estados brasileiros e estão distribuídas por um grande agrupamento de minas que se encontram em atividade, em processo de paralisação e inativas.

No território brasileiro os principais depósitos de gipsita ocorrem associados às bacias sedimentares conhecidas como Bacia Amazônica (Amazonas e Pará); Bacia do Meio Norte ou Bacia do Parnaíba (Maranhão e Tocantins); Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte); Bacia Sedimentar do Araripe (Piauí, Ceará e Pernambuco); e Bacia do Recôncavo (Bahia) (SOBRINHO et al., 2001, P. 2).

A Bacia Sedimentar do Araripe, mais conhecida como Polo Gesseiro do Araripe, é responsável por cerca de 90% da produção nacional, apresentando condições favoráveis de mineração (relação estéril/minério e a geomorfologia da jazida de gipsita), elevado grau de pureza do minério, com teor médio de pureza em torno de 95% (SINDUSGESSO, 2011). A figura 1 evidencia a localização geográfica e mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe.

Figura 1 - Localização e mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe.



Fonte: Geologia USP, 2017.

O Polo Gesseiro é formado por um conjunto de empresas de micro, pequeno e médio porte que proporciona cerca de 12.800 empregos diretos e aproximadamente 64.000 indiretos. A região é composta por 40 minas de gipsita, 140 indústrias de calcinação e cerca de 400 indústrias de pré-moldados (SINDUSGESSO, 2011).

Frequentemente encontra-se nas jazidas camadas intercaladas de argilas, sílex, carbonatos e minerais evaporíticos tais como, anidrita e halita (CALVO, 2003). Em Pernambuco, as jazidas estão inseridas em domínios da Formação Santana, do Cretáceo Inferior, formada por siltitos, margas, calcários, folhelhos e intercalações de gipsita (BALTAR, *et al.*, 2008).

3.2.3 Processo de produção do gesso

O processamento da gipsita pode dar-se de duas maneiras diferentes, a partir de lavra subterrânea ou a céu aberto, e sua obtenção emprega métodos e maquinários convencionais. Independentemente do procedimento adotado, este deve ser seguro e propiciar condições convenientes aos operários, atenuar os impactos causados ao meio ambiente, permitir condições de manutenção da vida útil da mina e ser adaptável as condições geológicas e de infraestrutura, viabilizando um maior rendimento e reduzindo custos (HARTMAN, 2002).

No Polo Gesseiro do Araripe, o meio usado para a extração da gipsita é o Método da Cratera (Open Pit Mining), em função da geologia da jazida e de suas características morfológicas. Embora seja o mais utilizado, este método de extração implica em maiores custos operacionais e maiores impactos ambientais.

De acordo com Baltar, Bastos e Luz (2008, p. 511)

O beneficiamento da gipsita, em geral, resume-se a uma seleção manual, seguida de britagem, moagem e peneiramento. É comum o uso de britadores de mandíbula e moinhos de martelo. Em alguns casos, a britagem é realizada em dois estágios, em circuito fechado com peneiras vibratórias a seco. O produto resultante das operações de fragmentação deve apresentar uma distribuição granulométrica uniforme, a fim de evitar uma desidratação desigual para as partículas de gipsita.

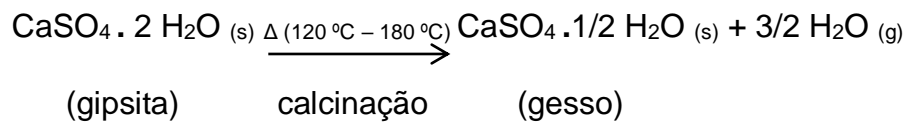
De modo geral, o gesso industrialmente produzido, é resultado do produto da desidratação térmica do minério de gipsita, moagem e seleção em frações granulométricas menores de acordo com sua utilização.

Conforme a variação da temperatura durante o processo de calcinação, o minério de gipsita perde moléculas de água para o meio externo e converte-se em diferentes tipos de gesso. No decorrer do processo térmico, a gipsita (sulfato de cálcio dihidratado) perde 3/2 de moléculas de água e transforma-se em gesso (hemidrato-β ou gesso-β e hemidrato-α ou gesso-α), ou ainda em β-anidrita (insolúvel) e γ-anidrita (solúvel) em meio aquoso.

Na temperatura ambiente encontra-se o minério de gipsita (sulfato de cálcio dihidratado), em temperaturas de 100 °C em diante inicia-se o processo de desidratação da gipsita e, conseqüentemente, a formação dos hemidratos (alfa ou beta). A diferenciação de formação entre um e outro procede das condições de operação do sistema.

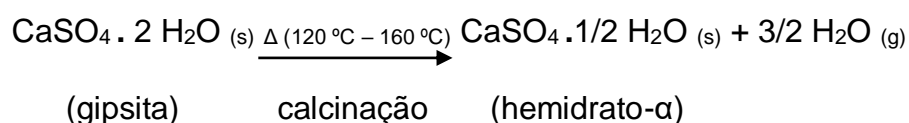
A princípio, a cinética de reação é muito lenta e em processos industriais a velocidade de produção exigida varia em um intervalo de 120 °C e 180 °C.

Equação 1 - Equação geral da produção do gesso:



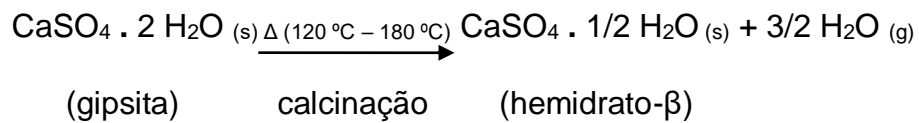
A produção do hemidrato-α é realizado através da calcinação em processos “úmidos”, com variação de temperatura entre 120 °C e 160 °C e pressões acima da atmosférica. Uma reação acurada e lenta produz cristais de forma alongada-prismática ou de bastão. No entanto, se a velocidade de reação é rápida, cristais de formato acicular ou de agulha são produzidos, sendo estes de baixa qualidade (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008).

Equação 2 - Equação química da produção do hemidrato-α:



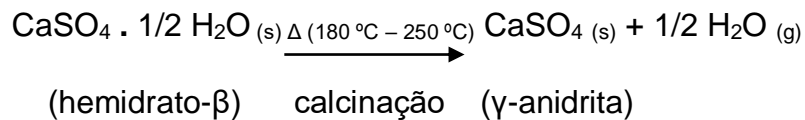
A produção do hemidrato- β é realizado através da calcinação em processos “secos”, com variação de temperatura entre 120 °C e 180 °C e eliminação de água à pressão atmosférica, originando cristais de estrutura aberta. Quimicamente, não há diferença entre o hemidrato- α e hemidrato- β , apenas a conformação e tamanho dos cristais os diferencia, uma vez que, a superfície específica do hemidrato- α é menor do que o hemidrato- β (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008).

Equação 3 - Equação química da produção do hemidrato- β :



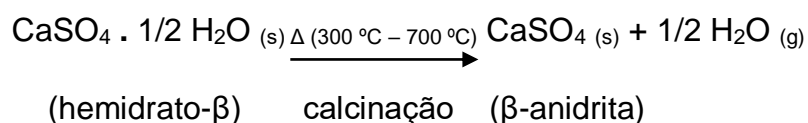
Com uma variação de temperatura entre 180 °C e 250 °C forma-se a γ -anidrita, também conhecida como anidrita III ou ainda anidrita ativa, um produto solúvel, instável e ávido por água, que pode absorver umidade atmosférica e se transformar novamente no hemidrato (JOHN; CINCOTTO, 2007, apud PINHEIRO, 2011).

Equação 4 - Equação química da produção da γ -anidrita:



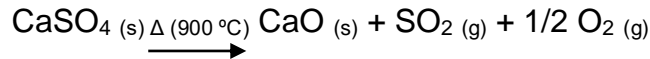
Na faixa de temperatura entre 300 °C e 700 °C obtém-se a β -anidrita, conhecida como anidrita II, produto completamente desidratado, insolúvel e natureza mineralógica análoga à anidrita natural.

Equação 5 - Equação química da produção da β -anidrita:



Em uma variação de 700 °C e 900 °C origina-se um produto inerte e sem aplicação industrial. A partir de 900 °C em diante ocorre a dissociação do sulfato de cálcio (CaSO₄) e a formação de óxido de cálcio (CaO), dióxido de enxofre (SO₂) e oxigênio gasoso (O₂) (JOHN; CINCOTTO, 2007, apud PINHEIRO, 2011).

Equação 6 - Equação química da formação do óxido de cálcio:

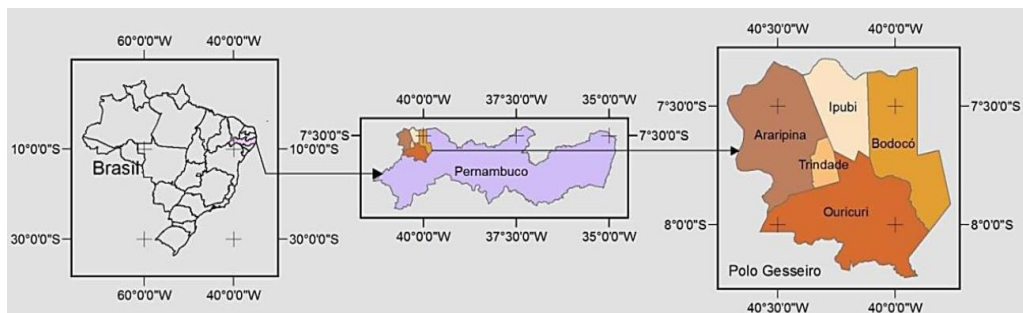


3.2.4 Importância econômica

De acordo com Oliveira *et al.* (2012), os principais depósitos de gipsita que apresentam melhores condições de exploração econômica estão localizados na Bacia Sedimentar do Araripe, especialmente no Polo Gesseiro do Araripe, formado pelos municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Ipubi, Ouricuri e Trindade. Localizado no extremo do Sertão Pernambucano, a área é considerada o epicentro do semiárido nordestino, com subsolo cristalino e responsável por cerca de 95% da produção nacional de gipsita, gesso e derivados (SINDUSGESSO, 2023).

A figura 2 apresenta a localização da Bacia Sedimentar do Polo Gesseiro do Araripe, bem como, os respectivos municípios constituintes.

Figura 2 - Localização do Polo Gesseiro do Araripe.



Fonte: ALVARENGA, 2020.

Sob a perspectiva econômica a exploração das reservas de gipsita depende de alguns fatores, como a localização das reservas em relação aos centros urbanos, característica geológica das reservas de gipsita (minas de superfície ou subterrâneas), serviços de infraestrutura e a pureza do mineral (PINHEIRO, 2011).

O Polo Gesseiro do Araripe se destaca no âmbito econômico de extração e produção devido a alguns fatores como a proximidade das reservas acerca dos centros consumidores; geologia das jazidas, uma vez que, possuem duas camadas não contíguas, das quais a superior é sempre a mais importante, o que favorece a exploração a céu aberto; a relação estéril/minério que é 1:4 ou 1:5, considerado o minério de boa qualidade, ou seja, seu valor comercial viabiliza os custos da extração; a excelente classificação da pureza do mineral, em função da consistente concentração de sulfatos, da ordem de 95%, a qual as impurezas de origem terrígena se manifestam em quantidades desprezíveis, raras vezes ultrapassando 0,5% do minério (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O Estado de Pernambuco apresenta o maior número de minas em atividade no país, sendo 37 minas ativas e 18 minas paralisadas. De acordo com a DNPM (2018), tal circunstância tão vantajosa, junto a quantidade encontrada na região, estabelecem com que o estado de Pernambuco seja o principal responsável por 79,7% de toda produção interna do país. A intensa extração das reservas de gipsita promoveu um conjunto de atividades empresariais com eficiente reflexo na economia da região, caracterizando um “cluster” bem dinâmico e que recebeu a denominação de “Polo Gesseiro do Araripe” (BALANÇO MINERAL BRASILEIRO, 2001).

3.2.5 O consumo de gesso no Brasil

O consumo do minério de gipsita está associado à sua variada aplicabilidade no mercado, em razão das suas características peculiares como a facilidade em desidratar-se e reidratar-se. Deste modo, a gipsita pode ser consumida sob a forma bruta e beneficiada. A forma bruta é empregue pelos setores cimenteiro e agrícola.

Com o recente desenvolvimento das indústrias cimenteiras, a gipsita passou a ser utilizada na produção do cimento Portland, uma vez que, exige a adição desse mineral ao clínquer, para retardar o seu tempo de pega. Na agricultura, a gipsita é utilizada como corretivo de solos alcalinos onde, ao reagir com o carbonato de sódio, dá origem ao carbonato de cálcio e o sulfato de sódio, substâncias de grande importância agrícola. Assim como, é aplicado na dessalinização de solos deficientes em enxofre, para permitir a assimilação do potássio e o aumento do conteúdo de nitrogênio (SOBRINHO *et al.*, 2001).

No setor industrial, de modo geral, a gipsita é utilizada na fabricação de tintas, pólvora, botões de fósforos, no acabamento de tecidos de algodão, como carga para papel, e como distribuidor e carga de inseticidas. Ademais, pode ser adicionada à água empregue na fabricação de cerveja para aumentar a sua “dureza”. Da mesma maneira, a indústria química utiliza o minério de gipsita e a anidrita para obter vários produtos, nos quais se destacam: ácido sulfúrico, enxofre, cimento, barrilha, cloreto de cálcio, sulfato de amônio e carbonato de cálcio (SOBRINHO *et al.*, 2001)

Sob a forma beneficiada, denominada gesso, sua maior aplicabilidade está relacionada aos serviços de construção civil, na fabricação de pré-moldados, revestimentos de paredes e como componente de decoração arquitetônica. Todavia, de acordo com Sobrinho *et al.* (2001), o gesso é muito utilizado na confecção de moldes no âmbito das indústrias de cerâmica, metalúrgica e de plásticos; em serventias ortopédicas e dentárias; como agente desidratante; isolante térmico e acústico; em moldes artísticos; aglomerante do giz e na transformação do carvão.

Deste modo, nos países desenvolvidos o consumo de gipsita está associado à produção de gesso, enquanto que nos países em desenvolvimento o predomínio é do segmento cimenteiro. Logo, as mineradoras de gipsita operam para manter o campo formado, preferencialmente, pelas entidades cimenteira e gesseira.

3.2.6 Reciclagem de resíduos de gesso na indústria cimenteira

A indústria cimenteira é outro setor que apresenta viabilidade para a destinação dos resíduos de gesso. De acordo com a Associação Drywall (2009), pesquisas vem sendo realizadas sobre métodos de reciclagem do gesso na indústria cimenteira, onde o gesso atua como componente útil e essencial, visto que, opera como propulsor retardante do tempo de pega do cimento.

A Portland Cement Association (PCA), organização sem fins lucrativos, pesquisa a reestruturação e especificações para novos cimentos com maiores adições de gesso para conservar energia e reduzir as emissões de gases do efeito estufa (BNET, 2004). De acordo com Barros (2010), o gesso é utilizado para favorecer a trabalhabilidade do cimento. O gesso atua, antes de mais nada, como inibidor de hidratação, isto é, a ausência do gesso causaria o endurecimento muito rápido do cimento, dificultando sua aplicabilidade na construção.

O gesso forma uma camada protetora ao redor dos cristais de silicato tricálcico (Ca_3SiO_5 ou C_3S), privando por algum tempo a hidratação deste composto. O tempo de pega é determinado como o tempo necessário para que o gesso, ao ser combinado com a água, complete seu ciclo de endurecimento (BALTAR *et al.*, 2008).

Segundo a Environmental Technologies Centres Industrial Colaboration (ETCIC, 2010), são múltiplas as vantagens do uso do gesso reciclado na fabricação de cimento, dentre as quais se destacam: o gesso reciclado normalmente se encontra próximo das fábricas de cimento, isto reduz os custos associados as operações de transporte; o custo de gesso reciclado torna-se altamente competitivo com o gesso natural, principalmente se a demanda para o gesso virgem começa a superar oferta e o material precisar ser importado; ao reciclarem os resíduos de gesso os fabricantes cumprem com o índice de desempenho, da mesma maneira que reduz o consumo de recursos naturais e potencializa o uso de resíduos de outras indústrias ou fontes.

Em 2007 foi elaborado um projeto entre diferentes instituições – Cimento Lafarge, Coventry University UK Ltd e Skanska, para investigar a combinação de cimento com gesso reciclado. O resultado do estudo concluiu que o gesso pode ser inquestionavelmente utilizado na fabricação de cimento para a produção de misturas de concreto de média resistência para uso em fundações de estradas.

Nesse sentido, fabricantes de cimento como a Castle Cement e Reino Unido Mid já empregam gesso reciclado como alternativa para produção de cimento, da mesma forma que fabricantes de cimento dos Estados Unidos também estão utilizando gesso reciclado em suas operações de fabricação como alternativa ao gesso natural (ETCIC, 2010).

No entanto, para Pinheiro (2011), a aplicação de resíduos de gesso na fabricação de cimento requer pureza do resíduo, tornando-se possível apenas se o material estiver isento de contaminação de outros resíduos da obra. Essa condição enfatiza a importância da triagem e acondicionamento do gesso de forma adequada.

Portanto, o aproveitamento dos resíduos de gesso como alternativa à gipsita virgem utilizada na produção de cimento corresponde a uma solução para a redução deste material sobre o meio ambiente, assim como garante a redução de gastos para as fábricas cimenteiras, construtoras e poder público, visto que, são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos quando descartados de forma irregular.

3.2.7 Impacto ambiental dos resíduos de gesso

Modernamente, o gesso se tornou um dos principais materiais de consumo no setor da construção civil. Isso deve-se, em grande parte, devido as suas propriedades inerentes, tais como: lisura, endurecimento rápido e relativa leveza, que compreende sua utilização em revestimento de tetos e parede. Além disso, componentes pré-moldados como forros e divisórias e elemento decorativo.

Contudo, a deposição inadequada dos resíduos de gesso pode causar sérios impactos na esfera social, ambiental e econômica. Desta forma, Pinheiro (2011, p. 85) afirma que: “o resíduo do gesso é constituído de sulfato de cálcio dihidratado e sua facilidade de solubilização promove a sulfurização do solo e a contaminação do lençol freático. Com isso, além de ser tóxico, o gesso também pode ser inflamável. ”

Segundo Melo (2012), o grande impacto ambiental dos resíduos de gesso ocorre devido ao seu processo de calcinação em altas temperaturas, promovendo consumo energético retirado da flora local, em que a maior parte das empresas não se comprometem em criar uma área de plantio para essa finalidade, devastando a flora, a fauna e a restauração do lugar.

No decorrer do processo de fabricação, libera-se grande quantidade de água e resíduos da combustão, que não são aproveitados, dado que, no processo de calcinação são liberados óxidos de enxofre (SO_2) que reagem com a água, resultando em gás sulfídrico (H_2S) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), desenvolvendo uma possibilidade de chuva ácida (MELO, 2012).

Para Siqueira *et al.* (2007), a mineração da gipsita, que envolve a retirada da cobertura vegetal e remoção da camada orgânica do solo, causa grave impacto ambiental com efeitos negativos sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Os fungos são de grande importância, pois constituem a microbiota do solo e apresentam potencial biotecnológico na agricultura. Segundo Souza *et al.* (2010), os fungos micorrízicos apresentam papel significativo na manutenção da diversidade e produtividade dos ecossistemas vegetais terrestres.

Ademais, estudos epidemiológicos analisaram os fatores do material particulado na saúde das pessoas. De acordo com Niosh (2002), a poeira do gesso pode originar um amplo espectro de problemas à saúde das pessoas, causando

efeitos irritativos nos olhos, nas mucosas e no aparelho respiratório. Assim como, implicações cutâneas, efeitos crônicos ou permanentes.

Frequentemente são diagnosticadas afecções, tais como: conjuntivite, amigdalite, rinite, irritação nos brônquios e traqueia, sangramentos nasais e diminuição do olfato e paladar, doenças pulmonares crônicas, como por exemplo, pneumoconiose, calcicossilicosis e fibrose pulmonar.

Conforme os estudos de Medeiros (2010), sobre a poluição ambiental e impactos a saúde da população da região do Araripe por exposição a poeira do gesso, mostrou que o contato com a poeira do gesso está associado ao desenvolvimento de enfermidades, atingindo cerca de 30% dos casos de internações provocados por problemas respiratórios.

Ainda de acordo com as pesquisas de Medeiros *et al.* (2010), sobre a saúde no contexto do Polo Gesseiro de Araripina, mostrou que a presença da poeira do gesso em domicílios condiz com as queixas dos moradores acerca de irritação dos olhos, irritação da pele, cansaço e tosse. Na maioria dos casos, crianças de 1 a 9 anos de idade e idosos acima de 60 anos relataram sentir com maior intensidade os sintomas.

Desse modo, nota-se que os materiais provenientes da produção do gesso impactam diretamente a diversidade biológica, ocasionando sérios problemas. Dentre eles destacam-se: desarborização da caatinga, poluição da hidrosfera, contaminação do solo, poluição do ar, poluição das vias públicas e poluição visual. Além disto, a exposição a esses materiais, sejam por vias diretas ou indiretas, vem desencadeando vários problemas ao sistema respiratório. Estes problemas, atrelados a outros problemas sociais, provocam sérios impactos a saúde da população.

3.3 Resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável

3.3.1 *Reciclagem de resíduos de gesso*

A Gestão Integrada, Sustentável e Participativa é um modelo de gerenciamento ideal para os resíduos do gesso, uma vez que, antefere fatores de sustentabilidade ambiental e social como fundamentais no desenvolvimento de processos, aquisição e utilização de recursos naturais.

Conforme Lead *et al.* (2005), a gestão integrada e sustentável de resíduos envolve uma organização de objetivos que compreendem: o decréscimo da geração de resíduos; atenuação dos impactos negativos ao meio ambiente; maximização da reutilização, reciclagem e compostagem; reintegração da energia; progresso no tratamento e a disposição final de forma ambientalmente segura.

Neste contexto, Günther e Grimberg (2005), ressaltam sua compreensão a partir de três níveis relacionados:

- As etapas da operação: geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, reaproveitamento e disposição final com recuperação energética;
- Maior intersetorialidade pela administração pública, articulando as diferentes áreas do governo sobre a temática;
- O envolvimento de múltiplos agentes sociais em ações coordenadas pelo poder público, planejando ações articuladas entre governo, setor privado e a sociedade.

Nesta perspectiva, o desenvolvimento sustentável colabora para a solução dos problemas atuais e garantia da vida, assegurando proteção e manutenção dos sistemas naturais. Em função disso, torna-se indispensável mudanças no sistema de produção e organização da sociedade e utilização dos recursos naturais, fundamentais à vida do nosso planeta (REIS *et al.*, 2005).

Conforme discutido anteriormente, a nova Resolução 431/11 do CONAMA, que altera o artigo 3º da Resolução nº 307/02, estabelece uma nova classificação para o gesso. Proporcionando, desta forma, que os resíduos de gesso sejam recicláveis para outras destinações. Isso admite um novo cenário de utilização do mesmo.

De acordo com Gama (2015), o gesso tem sido reutilizado essencialmente em três setores: a indústria cimenteira, gesso agrícola e produção do gesso de construção. Para Cartaxo (2011), o reaproveitamento dos resíduos de gesso deve contemplar aspectos ambientais, tecnológicos, econômicos e sociais. Conforme a ABRAGESSO (2011), os resíduos de gesso podem ser reutilizados novamente na cadeia produtiva, logo após um processo de triagem e segregação dos demais resíduos do canteiro de obra. Dessa forma, o material limpo e isento de contaminantes readquire características químicas da gipsita.

3.3.2 *Reciclagem de resíduos de gesso na construção civil*

Estudos recentes acerca das propriedades físicas e mecânicas do gesso residual proveniente da construção civil, comprovam que este material tem potencial para ser reutilizado no próprio setor da construção, após o processo de reciclagem.

De acordo com os estudos de Bardella e Camarini (2004), o gesso reciclado apresenta propriedades mecânicas semelhantes ao gesso comercial, manifestando um desempenho melhor quando calcinado a uma temperatura de 200 °C. Nessa perspectiva, Pinheiro (2011) concluiu que os resíduos de gesso apresentam propriedades físicas e mecânicas como: tempo de pega, resistência e consumo de energia para fabricação, bastante parecido com as do gesso comercial.

A Associação Brasileira de Chapas de Drywall (Associação Drywall), recicla seus próprios resíduos desde 2003, esse processo somente é proporcionado devido a composição das chapas de gesso. Esse processo é aprovado e utilizado em outros países como Alemanha, Canadá, Estados Unidos e Japão (JOHN; CINCOTTO, 2003).

Outro material que pode ser reutilizado na construção civil é o gesso acartonado. Para John e Cincotto (2003), os resíduos de gesso acartonado pode ser largamente aproveitado após um beneficiamento para remoção de papel e outras impurezas. Essa atividade é muito frequente nos Estados Unidos, na qual 95% dos resíduos de gesso acartonado é reciclado para a fabricação de novos materiais.

No Brasil, a reciclagem do gesso acartonado ainda é escassa, da mesma forma que os resíduos do gesso de revestimento e placas de gesso. Desse modo, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar as tecnologias existentes e explorar novas aplicações para os resíduos de gesso acartonado.

3.3.3 *Reciclagem dos resíduos de gesso na agricultura*

Na agricultura, os resíduos de gesso podem ser utilizados de forma eficiente e contribuir de modo sustentável para o meio ambiente. A aplicação do gesso ocorre como: fonte de cálcio (Ca) e de enxofre (S); correção de solos ácidos; melhoramento do ambiente radicular (diminuição na toxidez de alumínio); redução nas perdas de nitrogênio na fermentação do esterco e diminuição na salinidade do solo ou do adubo (MALAVOLTA, 1992 apud BARROS, 2010).

Os resíduos de gesso provenientes da construção civil podem ser reutilizados para a correção de solos na agricultura, em razão de possuir as mesmas características do uso do gesso agrícola (MARVIN, 2000 apud GAMA, 2015). Segundo Peres (2001), nos Estados Unidos é bastante comum a aplicação dos resíduos de gesso na agricultura, sendo cerca de 22 toneladas de gesso por hectare. No Brasil essa prática é pouco difundida, tornando-se mais comum o emprego do gesso agrícola (fosfogesso) na correção de solos.

Ainda de acordo com Peres (2001), o projeto “A produção de Gesso Agrícola Reciclado”, realizado em parceria com a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e o Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP), ratificou a viabilidade desse processo de transformar resíduos de gesso similar ao gesso agrícola com menor custo de transporte.

Santos *et al.* (2014), avaliaram a eficiência do uso de resíduos de gesso na melhoria de um Neossolo Flúvico salino-sódico. Os resultados foram convincentes na lixiviação de sais e sódio, sendo capaz de substituir o cálcio na recuperação da porcentagem de sódio no complexo de troca. O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), realizou estudos sobre o uso de resíduos de gesso no cultivo de cana-de-açúcar. Os estudos comprovam que o gesso reciclado tem proporcionado um aumento da produtividade da lavoura, aproximadamente 10 toneladas por hectare (IBRAM, 2009).

4 METODOLOGIA

O referencial metodológico deste trabalho foi realizado através de uma pesquisa qualitativa, fundamentado em um estudo exploratório sobre o gerenciamento de resíduos de gesso no município de Trindade-PE. A análise do gerenciamento abrangeu vários estudos de forma simultânea, especificamente: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental em órgãos públicos, observações de campo, entrevistas e questionários (conforme apêndice neste trabalho de pesquisa).

4.1 Processo de coleta de dados

O método de coleta de dados foi realizado através da pesquisa bibliográfica e documental; entrevistas com órgãos públicos responsáveis pela fiscalização e agentes participantes do gerenciamento dos resíduos de gesso. A pesquisa documental foi realizada de forma direta, em fontes primárias, tais como: leis federais, estaduais e municipais; resoluções e normas técnicas; relatórios gerenciais entre outros documentos.

Para descrever o gerenciamento de resíduos de gesso no município de Trindade-PE, investigou-se os agentes responsáveis pelo manejo, desde o momento da geração, seguido pelo transporte até a destinação final. Realizou-se entrevistas e consultas em relatórios gerenciais e normas técnicas na Secretaria de Meio Ambiente. Ademais, foram aplicados questionários aos responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos de gesso da construção civil.

Para compreender os fatores que mais influenciam no gerenciamento dos resíduos de gesso e verificar quais as dificuldades que impedem um adequado e eficiente gerenciamento, foi realizado um levantamento de informações mediante entrevistas e análise de documentos disponibilizados pelos órgãos públicos responsáveis. Além disso, foram realizadas inspeções nas áreas que são mais propícias a deposição irregular dos resíduos de gesso. Tendo como finalidade ilustrar essas potenciais áreas, foi usado uma câmera fotográfica para registro.

Para descrever a importância da gestão de resíduos sólidos no âmbito social e ambiental, foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre modelos de gestão integrada, a reciclagem do resíduo de gesso na construção civil, indústrias cimenteiras e na agricultura. Além disso, compreender como esses resíduos podem ser comercializados de forma rentável e sustentável.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do gerenciamento dos resíduos de gesso no município de Trindade-PE

O município de Trindade, popularmente conhecido como a Capital do Gesso, está localizado no Estado de Pernambuco, na região do Sertão do Araripe. Com uma área territorial de 295.765 km², população de aproximadamente 30.321 habitantes e densidade demográfica 102,52 hab/km², vivencia um intenso processo de urbanização e avanço no setor industrial (IBGE, 2022). A figura 3 apresenta a localização geográfica do município de Trindade-PE.

Figura 3 - Localização do Município de Trindade-PE.



Fonte: Brasil Pernambuco location map.svg, 2019.

As visitas de campo ao município de Trindade para a caracterização do gerenciamento dos resíduos de gesso contemplaram o órgão ambiental da prefeitura, responsável pela fiscalização e aplicação das leis sobre a destinação adequada dos resíduos; construtoras, empresas privadas da construção civil que se beneficiam com uso do gesso, e transportadores, responsáveis pelos serviços de limpeza urbana.

Para compreender como é realizado o gerenciamento dos resíduos sólidos de gesso em Trindade-PE, foi necessário entrevistar o secretário responsável pela Secretaria de Meio Ambiente (SEMAM), órgão ambiental municipal e responsável pelo supervisionamento e cumprimento das leis e normas municipais a respeito do gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil.

Durante a entrevista, foi questionado sobre a existência do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRSCC) e o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PMGRCC), sua estruturação e quais agentes participantes desse programa.

Foi comprovado que no momento não existe um Plano Integrado nem ao menos um Programa Municipal a respeito do gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil e que não há fiscalização sobre a destinação adequada desses resíduos. Mas que está em andamento a criação de um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, como também a criação da Agência do Meio Ambiente (AMA), órgão destinado a fiscalização e cumprimentos das leis.

A Secretaria de Meio Ambiente esclareceu que foi realizado em outubro de 2023 um levantamento e diagnóstico de pontos de descarte e composição dos resíduos sólidos. Este levantamento tem como intuito, fazer um diagnóstico da atual situação dos pontos de descarte dos resíduos sólidos no perímetro urbano do município, assim como também, descrever as características composicionais destes materiais, e por fim, gerar um material de suporte logístico que possa contribuir na elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos.

Questionada sobre qual a destinação dada aos resíduos de gesso ou se há uma área apta para recebimento, triagem e armazenamento desses resíduos, a secretaria afirmou que todos os resíduos sólidos da construção civil e incluindo os resíduos de gesso são destinados ao Aterro de Salgueiro-PE, pois o vazadouro a céu aberto (lixão) está em processo de desativação. Entretanto, a secretaria esclareceu que existe um planejamento em comum acordo com empresários do setor privado para a criação de uma área de transbordo e triagem.

Questionada se é do conhecimento o que o gerador tem feito pela destinação adequada dos resíduos de gesso, a secretaria argumentou que não é do seu conhecimento, mas pressupõe que, por não possuir no município uma legislação própria nem mesmo uma área adequada para triagem, os geradores estejam depositando esses resíduos de forma irregular em vias públicas, terrenos baldios ou margens de rios, gerando um alto custo social, econômico e ambiental.

Indagada sobre o conhecimento de alguma forma de aproveitamento dos resíduos de gesso no município, a Secretaria do Meio Ambiente relatou que das 246 empresas de pré-moldados apenas uma faz o beneficiamento dos resíduos de gesso. Com relação as mineradoras, apenas a Servex – Engenharia, Mineração e Meio Ambiente faz a reutilização do gesso. O processo é realizado na própria mineradora e os resíduos são utilizados na fabricação do gesso agrícola.

Por fim, indagou-se sobre a participação do município em algum consórcio intermunicipal de gestão ou deposição de resíduos sólidos. A Secretaria de Meio Ambiente explicou que vem sendo discutido o desenvolvimento de um Programa Intermunicipal na área ambiental com a participação entre municípios para o desenvolvimento de um aterro sanitário.

De acordo a secretaria, o objetivo é desenvolver políticas públicas efetivas, que visem conter a problemática da destinação inadequada dos resíduos sólidos, ligados a produção e beneficiamento do gesso e seus derivados. Essas medidas podem se estender a ações como a implementação de um sistema de coleta seletiva e de reciclagem dos resíduos de gesso, aproveitando o seu potencial econômico e ambiental.

O segundo grupo a ser entrevistado foram as construtoras e/ou geradores, que de acordo com a Resolução CONAMA 307/02, artigo 2º, inciso II, estabelece que “Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução” (BRASIL, 2002). Com a finalidade de entender o processo de gestão dos resíduos de gesso nas construções, ao menos 4 construtoras foram entrevistadas.

Para compreender como de fato ocorre a gestão de resíduos de gesso nas construções é necessário saber se essas empresas estão de acordo com o que as normas estabelecem. Sendo assim, o quadro 2 ilustra como as construtoras gerenciam seus resíduos de acordo com Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), desde a geração, caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e descarte final.

Quadro 2 - Gestão dos resíduos de gesso com base no PGRCC.

Construtoras	Caracterização	Triagem	Acondicionamento	Transporte	Destinação final
Construtora 1	Não	Não	Não	Terceirizado	Não soube responder
Construtora 2	Sim	Sim	Sim	Própria empresa	Reciclagem
Construtora 3	Sim	Sim	Sim	Terceirizado	Não soube responder
Construtora 4	Não	Não	Não	Terceirizado	Não soube responder

Fonte: de autoria própria.

Questionadas a respeito da elaboração e implementação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), apenas as construtoras 2 e 3 possuem e tentam implementar de acordo com o que é exigido por lei. Logo, os resíduos de gesso são identificados, quantificados, selecionados e acondicionados em caçambas para posteriormente ser transportado. As construtoras 1 e 4 afirmaram não possuir o projeto de gerenciamento, e que os resíduos de gesso são descartados junto com os demais resíduos da construção.

Questionadas acerca do transporte desses resíduos, as construtoras 1, 3 e 4 argumentaram que o transporte fica a cargo de empresas terceirizadas e não souberam responder qual a destinação final desses resíduos, uma vez que, nenhuma delas reutilizam os resíduos de gesso na própria obra.

Indagadas se existe uma área apta para recebimento, triagem e armazenamento desses resíduos no município, visto que, os resíduos de gesso não podem ser descartados em qualquer ambiente, as mesmas afirmaram que não existe uma área licenciada de transbordo e triagem.

A construtora 2 realiza o transporte e a reciclagem. Assim, todos os resíduos in natura da construção, provenientes da aplicação do gesso, são armazenados, transportados, calcinados e reaproveitados de maneira sustentável para fabricação de blocos mais baratos e mais resistentes. Dessa maneira, sendo a única empresa que apresenta uma destinação ambientalmente adequada para os resíduos de gesso.

Durante a entrevista foi questionado se existe fiscalização por intermédio da prefeitura e todas as construtoras explicaram que no município não há um órgão fiscalizador para esse tipo de descarte de resíduo. Ademais, questionou-se o grau de conhecimento das empresas acerca das leis e normas que regem o gerenciamento

adequado dos resíduos sólidos da construção civil, e somente as construtoras 2 e 3 conhecem e tentam seguir o regimento. Enquanto as construtoras 1 e 4 desconhecem totalmente quais as legislações que estabelecem diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos grandes geradores.

Para entender como são realizados o transporte e a deposição final dos resíduos de gesso, aplicou-se um questionário para os transportadores existentes no município. De acordo com a Resolução do CONAMA 307/02, artigo 2º, inciso III, define-se que “Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação” (BRASIL, 2002).

De acordo com a Resolução CONAMA 307/02, a triagem deverá ser realizada, de preferência, pelo gerador na origem da obra, ou ser separado em Áreas licenciadas de Transbordo e Triagem (ATT). No entanto, a realidade mostra que a maioria das construtoras e os pequenos geradores não obedecem às normas vigentes sobre o gerenciamento adequado para esses resíduos.

Conforme os transportadores descreveram, a grande maioria dos geradores não separam os resíduos por classe, como exige a resolução do CONAMA 307/02. Em vez disso, as construtoras e pequenos geradores depositam os resíduos de gesso junto com os demais resíduos da construção civil nos canteiros de obras, onde permanecem acondicionados à espera da coleta e transporte, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Resíduos de gesso em canteiros de obras.



Fonte: de autoria própria.

Questionados em relação ao tipo de resíduos que coletam, os mesmos afirmaram que transportam todo tipo de material de construção, demolição, reformas e reparo de construções. Além disso, foi perguntado qual a destinação final desses resíduos, visto que, no município não existe uma área propícia para essa finalidade. Os transportadores argumentaram que os resíduos de construção, inclusive o gesso, são depositados em áreas inapropriadas ao redor da cidade.

A figura 5 retrata os principais pontos de descarte dos resíduos de gesso pelos transportadores. Resíduos da construção civil, cuja destinação final deveria receber tratamento com soluções economicamente viáveis, de acordo com a legislação e as tecnologias atualmente disponíveis, mas acabam, em grande parte, sendo despejados a céu aberto, lançados próximo a zona urbana da cidade.

Figura 5 - Áreas de descarte dos resíduos de gesso.



Fonte: de autoria própria.

O quadro 3 exemplifica as respostas dos transportadores sobre o descarte final dos resíduos de gesso, como também, a explicação do transportador 4, empresa terceirizada e responsável pela limpeza urbana do município de Trindade-PE.

Quadro 3 - Destinação final dos resíduos de gesso.

Transportadores	Destinação final dos resíduos
Transportador 1	Área imprópria
Transportador 2	Área imprópria
Transportador 3	Área imprópria
Transportador 4 (limpeza urbana)	Aterro Sanitário – Salgueiro-PE

Fonte: de autoria própria.

O transportador 4, coletor dos resíduos sólidos urbanos da cidade, informou que os resíduos de gesso são coletados de forma inadequada, agregado a outros resíduos urbanos, e que esses resíduos são encaminhados para o aterro sanitário de Salgueiro-PE. Perguntado sobre quais medidas podem ser adotadas para uma destinação adequada para os resíduos de gesso, a empresa não soube informar, já que no município não existe nenhuma área adequada como um aterro sanitário ou áreas de Transbordo e Triagem.

De modo geral, conforme descreveu os transportadores, todas as construtoras às quais prestam serviço de transporte acondicionam os resíduos de gesso com outros tipos de resíduos. Em princípio, não existe triagem dos resíduos de gesso, visto que, não existe uma fiscalização eficiente para os grandes e pequenos geradores. Observa-se que o gerenciamento é negligenciado, tanto por parte dos construtores como por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização.

5.2 Fatores que influenciam o gerenciamento dos resíduos de gesso no município de Trindade-PE

Conforme foi analisado, observa-se que o gerenciamento de resíduos de gesso no município de Trindade-PE constitui um grave problema ambiental, político, econômico e tecnológico. As razões pelas quais essa problemática vem crescendo consiste na inexistência de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRSCC), a qual deverá incorporar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), que deve ser elaborado pela Prefeitura Municipal.

Além disto, a falta de um órgão fiscalizador que exerça suas atribuições, tal como, elaborar, aplicar e supervisionar as normas ambientais existentes. Atuando de forma mais consistente, responsável e integrada com outros órgãos públicos, para proibir esta prática que tanto pode impactar a cidade.

Outro fator que impede o adequado gerenciamento dos resíduos de gesso no município é o desconhecimento e descumprimento das leis, normas e resoluções vigentes acerca dessa temática, bem como, a inexistência do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) por parte dos grandes geradores de resíduos.

Destaca-se também, a ausência de uma Área de Transbordo e Triagem (ATT), para armazenamento temporário dos resíduos, assim como, a inexistência de uma área, pública ou privada, para possibilitar a segregação, reutilização e reciclagem dos resíduos de gesso.

Ausência de políticas públicas para coordenar planos, executar projetos, realizar atividades e criar programas de educação ambiental, intrínsecos a preservação e recuperação das áreas degradadas. Além disto, orientar os grandes e pequenos geradores a se comprometerem com a causa, destacando a importância dessa questão para sociedade atual e futuras gerações, beneficiando um bem comum ao meio ambiente do município.

Deste modo, compreende-se que a gestão de resíduos de gesso é um problema preocupante para o município de Trindade-PE. O poder público arca com o compromisso de grande parte dos resíduos de gesso, pois estes são acondicionados irregularmente em vários pontos da cidade. Este problema ocorre devido à falta de um órgão fiscalizador e um Programa Municipal de Gerenciamento, bem como a ausência de um local adequado para a destinação correta desses resíduos.

As bases legais, Resolução do CONAMA 307/02, Resolução do CONAMA 431/11 e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceram diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos sólidos da construção civil, dentre eles o gesso. As normas incluem também que o gerador é exclusivamente responsável pelo resíduo gerado, e no caso do gesso, o gerenciamento deveria estar presente em todas as etapas, desde a fase de coleta do resíduo, passando pela segregação, transporte e destinação final.

A gestão dos resíduos de gesso merece uma atenção mais acurada, pois com a nova atualização da Resolução CONAMA 431/11, o gesso passou a ser classificado como resíduo Classe B, sendo, portanto, reutilizado e reciclado. Esse processo tem que iniciar momento da escolha do material a ser trabalhado no canteiro de obras, seguido pelo treinamento da mão-de-obra dos trabalhadores, tendo como finalidade minimizar a quantidade de resíduos gerados.

5.3 Importância da gestão de resíduos sólidos de gesso no âmbito social e ambiental

O gerenciamento de resíduos de gesso consiste em um grande desafio para gestores públicos e empresas privadas. Para superar esses problemas socioambientais são necessárias ações de coletividade para construir uma gestão segura e participativa entre governo e sociedade. Concerne aos responsáveis assumir responsabilidades inerentes a esse problema, envolvendo temas ambientais, políticos, econômicos, sociais e de saúde pública, os quais visam incentivar a não geração, redução e reutilização desses resíduos.

Quando se trata de problemas de ordem ambiental, não se deve levar em consideração apenas os aspectos físicos e químicos da região, mas também a conjuntura socioeconômica daquela localidade. O ambiente configura-se, portanto, como reflexo da formação social, cujos aspectos culturais, sociais, educacionais, econômicos e políticos, influenciam positivamente ou negativamente a relação do homem com a natureza.

Dessa forma, é fundamental um modelo de gestão ambiental que faça uso das ferramentas da educação ambiental, como forma de desenvolver a conscientização e sensibilização de cada indivíduo sobre a sua responsabilidade e o impacto ambiental por aquilo que consome e pela forma como descarta seu resíduo, assegurando a melhoria da qualidade de vida das pessoas e da natureza.

Sendo assim, uma gestão eficiente tem como finalidade garantir ao máximo o reaproveitamento da matéria-prima, sua redução e reutilização, agregando valor aos seus resíduos e minimizando os impactos negativos ao meio ambiente. Deste modo, a educação ambiental passa a ser um instrumento relevante na construção de uma nova sociedade, com a utilização sustentável dos recursos naturais, priorizando o crescimento com equidade social e o equilíbrio ecológico.

6 CONCLUSÃO

Atualmente, o gerenciamento dos resíduos sólidos de gesso na cidade de Trindade-PE é totalmente irregular, pois o município não possui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRSCC) e o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PMGRCC). A pesquisa constatou que a gestão dos resíduos se mostrou frágil para atender um gerenciamento eficaz, tendo em vista que muito dos resíduos gerados está sendo depositado em áreas proibidas por lei, como terrenos baldios e vias públicas.

A fiscalização por parte dos órgãos responsáveis se mostrou falha para atender a demanda das construtoras que utilizam o gesso em suas obras. No entanto, o maior problema identificado é a inexistência de um plano de gestão e um local apropriado para a reciclagem dos resíduos de gesso, pois ainda que o órgão fiscalize as construtoras e as transportadoras, não há um local adequado para a destinação final. Sendo assim, não há como exigir das empresas uma correta destinação.

O elevado crescimento do setor da construção civil no município tem acarretado uma elevada geração dos resíduos de gesso, este crescimento determina a necessidade da criação de novas políticas de valorização deste resíduo e o investimento nas suas possíveis formas de reaproveitamento.

A pesquisa demonstrou soluções viáveis para a reutilização dos resíduos de gesso. Este material tem potencial para ser reutilizado no próprio setor da construção, após o processo de reciclagem. A indústria cimenteira é outro setor que apresenta viabilidade, visto que, os resíduos de gesso operam como retardante do tempo de pega do cimento. Ademais, podem ser reutilizados para a correção de solos na agricultura, em razão de possuir as mesmas características do uso do gesso agrícola.

Em conformidade com as conclusões apresentadas, recomenda-se que futuros estudos se aprofundem na temática do aproveitamento dos resíduos de gesso na região do Araripe, enfatizando não geração e redução do resíduo. Dessa maneira, futuras pesquisas ou ações podem abordar: O uso da Logística Reversa no reaproveitamento dos resíduos de gesso da construção civil, a partir da análise do ciclo de vida deste material; Estudo de viabilidade econômica do reaproveitamento dos resíduos de gesso na construção civil; Identificação e quantificação do desperdício dos resíduos de gesso gerado no município de Trindade-PE.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *NBR 10004*. Resíduos Sólidos – Classificação, Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL (Brasil) (Org.) - ABRAGESSO. Números do segmento. Disponível em: <www.drywall.org.br>, 2023. Acesso em: 20 out. 2023.

ABRECON - Associação Brasileira para a Reciclagem de RCD. Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015. São Paulo, 2015.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2022.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. Gipsita, 2001.

BARDELLA, P. S.; SANTOS, F. M.; CAMARINI, G. Reciclagem de gesso de construção. In: **Congresso de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável-ICTR**, 2004.

BNET – Business Net, Cement Makers eye recycled gypsum. Março-Abril, 2004. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0QMH/is_2_6/ai_n6014997/ Acessado em: 07 de nov. de 2023.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Balanco mineral brasileiro 2001**: Gipsita. Brasil: DNPM, 2001.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Anuário mineral brasileiro 2006**. Brasil: DNPM, 2007.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Sumário mineral brasileiro de 2008**. Brasil: DNPM, 2009.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Sumário mineral brasileiro de 2010**. Brasil: DNPM, 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 17 jul. 2002.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 25 maio 2011.
BRASILEIRO, BALANÇO MINERAL. Ministério de minas e energia. Ano base, 2001.

BRASIL, *Lei nº12305/10*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 2010.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. V.; **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Programa Qualidade de Vida na Construção**. Fortaleza, 2011.

CALVO, J. P. Y. **Curso Internacional de Técnico Especialista em Rocas y Minerales Industriales. Ilustre Colégio Oficial de Geólogos, Madrid, 16p**, 2003.

CAMACHO, C. R.; SOUZA, F. R. F. R. O. O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. **Geologia USP. Série Científica**, v. 17, n. 3, p. 149-161, 2017.

CARTAXO, G. A. A.; FREITAS, I. M. D. P.; ZANTA, V. M. Análise do gerenciamento de resíduos de gesso no município de Salvador-BA. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 33, 2013.

CIWMB (*California Integrated Waste Management Board*) **Drywall Recycling**, 2001.

LIMA, D. J. S.; COELHO, L. F. M.; RODRIGUES, R. G. Influência da Indústria do Gesso e da Agropecuária na Dinâmica da Cobertura Vegetal no Polo Gesseiro do Araripe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3326-3335, 2020.

SEGANTINI, A. A. S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. Arquitetura e Construção. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas-SP, 2011.

BARROS, J. S. Viabilidade da reutilização dos resíduos de gesso advindos da construção civil para aplicação na indústria cimenteira. Meio Ambiente. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG, 2010.

DNPM, **Departamento Nacional de Produção Mineral**, 2001. Disponível em :<<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/gipsita.pdf>>. Acesso em: 09 de nov. De 2023.

Drywall - Associação Brasileira do Drywall. Vantagens e aplicações, 2015. Disponível em: <https://drywall.org.br/>. Acesso em 13 dez. de 2023.

ETCIC - Environmental Technologies Centres Industrial Colaboration - Recyclet Limited collect plasterboard and gypsum based wastes to be processed in their recycling facility. Disponível em: <http://www.etcic.com/content/view/84/65/> acessado em: 07 de nov de 2023.

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil. 1º edição. Brasília: IPEA, 2012.

GAMA, S. C. A. Análise do gerenciamento dos resíduos de gesso da construção civil no município de João Pessoa-PB. Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba-PB, João Pessoa, 2015.

GUEDES, G. S. Gestão de resíduos na construção civil. **Revista Terceiro Setor & Gestão de Anais-UNG-Ser**, v. 1, pág. 21-28, 2014.

GÜNTHER, W. M. R.; GRIMBERG, E. Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en America Latina y el Caribe. In: **Directrices para la gestion integrada y sostenible de residuos solidos urbanos en America Latina y el Caribe**. p. 117-117, 2005.

HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J.M. Introductory Mining Engineering, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-34851-1, 2002

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Restos de gesso serão usados na agricultura, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Contagem **da população 2022**. População recenseada e estimada, segundo os municípios – Trindade. Brasil, 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 20 de nov. de 2023.

John, V. M.; Cincotto, M. A. Alternativas da gestão de resíduos de gesso. Contribuição para reformulação da Resolução CONAMA 307, São Paulo, 2003.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de Construção Civil. In: Geraldo cechella isaia. São Paulo-Org. Materiais De Construção Civil e princípios de ciência e engenharia de materiais: Aglomerantes Minerais. São Paulo: Ibracon, 2007. Cap. 225. p. 727-761, 2007.

JØRGENSEN, S.E. Modelos como instrumentos de combinação entre teoria ecológica e prática ambiental. **Modelagem Ecológica**, v. 75, p. 5-20, 1994.

LEAD, C. et al. Gestão, processamento e desintoxicação de resíduos. **Ecosystemas e bem-estar humano: Respostas políticas**, p. 313-334, 2005.

SOBRINHO, A. C. P. L. et al. Gipsita. **Balanco Mineral Brasileiro**, 2001.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 24-51, 2018.

MALAVOLTA, E. Gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta - perguntas e respostas. 1992, Anais. Uberaba: Ibrafos, 1992.

MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 91-105, 2015.

MARVIN, E. Oportunidades de reciclagem e reutilização de painéis de gesso no estado de Vermont. **Agência de Recursos Naturais de Vermont**, 2000.

MEDEIROS, M. S.; GUERRERO, J. C. H.; SILVA, L. G. A. A saúde no contexto do polo gesseiro de Araripina-Pernambuco, Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 19, p. 358-370, 2010.

MELO, D. C. P. Processo de calcinação da gipsita/resíduo em um forno piloto rotativo contínuo para a produção de gesso beta reciclável. Recife, 2012. Tese (doutorado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, 2012.

MESQUITA, E. G.; FIUZA, M. S. S.; SARTORI, H. J. F. Gerenciamento de resíduos sólidos: estudo de caso em campus universitário. **CONSTRUINDO**, 2011.

NAVARRO, G. L.; ALVARENGA, J. B. O. Gerenciamento de resíduos de gesso na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, Universidade Evangélica, Anápolis-GO, 2020.

OLIVEIRA, F. M. C. et al. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do araripe/mineralogical and crystallographic features of the gypsum in araripe. **HOLOS**, v. 28, n. 5, p. 71, 2012.

OLIVEIRA, T. B.; JUNIOR, A. C. J. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 55-64, 2016.

PERES, L.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. **O gesso: produção e utilização na construção civil**. Bagaço, 2001.

Portland Cement Association – PCA - Cement Research Library DVD 025: Cement Chemistry – Properties – Manufacture – Environment – Energy – Safety, 2008.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E.; Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

SANTANA, R. F.; JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade. 1º edição. Recife: EDUFRPE, 2020.

SANTOS, J. P. O. et al. Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. 1º edição. Recife: EDUFRPE, 2018.

SANTOS, J. P. O. Resíduos Sólidos: gestão pública e privada. **Grupo Gestão Ambiental de Pernambuco (Gampe/UFRPE). Recife-PE**, 2018.

SANTOS, P. M. et al. Uso de resíduos de gesso como corretivo em solo salino-sódico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 95-103, 2014.

SCHALCH, V. et al. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. **São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo**, 2002.

SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade. 1º edição. Recife: EDUFRPE, 2020.

SINDUSGESSO - Sindicato da Indústria do Gesso do Estado do Pernambuco. **Polo Gesseiro**. Disponível em: <https://sindusgesso.org.br/>. Acesso em: 06 de nov. de 2023.

SINDUSGESSO – Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcáreos, Derivados de Gesso e de Minerais Não-Metálicos do estado de Pernambuco. **Pólo Gesseiro** – Força para o gesso de Pernambuco. Disponível em: <www.sindusgesso.org.br>, 2011. Acesso em: 10 dez. 2023.

SIQUEIRA, J. O. et al. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 219-306, 2007.

SOUZA, F. A. et al. Classificação e taxonomia de fungos micorrizos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. **Micorrizas**, v. 30, p. 15-73, 2010.

TRINDADE. Lei Orgânica Municipal. Trindade, PE: Câmara Municipal de Trindade, 1990.

VIEIRA, M. C. M. et al. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos de São Paulo na perspectiva da avaliação ambiental estratégica. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

NIOSH, W. K. M. **(National Institute for Occupational Safety and Health) indoor air quality in office buildings**. National Inst. for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH (USA), 2002.

APÊNDICES



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA
PLENA EM QUÍMICA**

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

Enfatiza-se que esta pesquisa está relacionada ao curso de Licenciatura Plena em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Esta entrevista está inserida no Trabalho de Conclusão de Curso – Análise da Gestão de Resíduos Sólidos de Gesso no Município de Trindade – PE, sob orientação do Professor Dr. Renato César da Silva e autoria de Antonio Weliton Nogueira dos Santos.

Os dados informados não serão divulgados, caso seja a determinação do entrevistado.

Questionário 1 – Grupo: Prefeitura

Entrevistado: _____
Cargo/Função: _____
Departamento/Secretaria: _____
Fone: _____ Celular: _____
Endereço: _____
Cidade: _____ CEP: _____
E-mail: _____
Data: ____/____/____

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

1. Existe em Trindade um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil? (Ou algum plano similar).

() Sim

() Não

2. Em caso afirmativo, como está estruturado e quais os agentes participantes do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil?

3. O poder público se baseia em qual norma, resolução ou lei para gerenciar esses resíduos?

4. É de responsabilidade da Prefeitura a destinação final dada aos Resíduos de Construção Civil?

() Sim () Não

5. Quais as áreas que estão aptas para o recebimento, triagem e armazenamento de Resíduos de Construção Civil?

- () Aterro Sanitário
- () Aterro Controlado
- () Vazadouro a céu aberto (lixão)
- () Outros (especificar)

6. Qual a destinação dada aos Resíduos de Construção Civil coletados pela Prefeitura?

- () Aterro Sanitário
- () Aterro Controlado
- () Vazadouro a céu aberto (lixão)
- () Reciclagem
- () Outros (especificar)

7. Existe no município área de transbordo e triagem, pública ou privada para Resíduos da Construção Civil? (Especifique em caso afirmativo).

- () Sim. Especifique Pública/Privada
- () Não

8. Existe no município *Postos de Entrega Voluntária* para Resíduos da Construção Civil?

- () Sim
- () Não

9. Em caso afirmativo, quantos foram criados e quantos estão em funcionamento?

Criados: _____ em funcionamento: _____

Localização:

10. Existe uma área apta para recebimento, triagem e armazenamento de resíduos de gesso no município de Trindade?

- () Sim
- () Não

11. Qual a área apta para recebimento, triagem e armazenamento de resíduos de gesso no município de Trindade?

12. Existe fiscalização para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, do gerador?

() Sim () Não

13. Qual o órgão fiscalizador que acompanha os Projetos de Gerenciamentos de Resíduos da Construção Civil feitos pelo gerador?

14. O que está sendo feito com estes resíduos, classificados pela Resolução CONAMA n° 307/02 como resíduos classe C, neste município?

15. Você conhece alguma forma de aproveitamento dos resíduos de gesso no município?

16. É de seu conhecimento o que o gerador tem feito pela destinação adequada do resíduo de gesso? Especifique.

() Sim

() Não

17. O Município de Trindade possui legislação própria para os Resíduos de Construção Civil? Em caso afirmativo, especifique.

() Sim, especifique () Não

18. O Município de Trindade já está elaborando o Plano Municipal de Gestão de Resíduos nos termos da Lei Federal N° 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos)?

() Sim

() Não

19. O Município integra algum consórcio intermunicipal de gestão ou disposição final de resíduos sólidos?

() Sim

() Não



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA
PLENA EM QUÍMICA**

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

Enfatiza-se que esta pesquisa está relacionada ao curso de Licenciatura Plena em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Esta entrevista está inserida no Trabalho de Conclusão de Curso – Análise da Gestão de Resíduos Sólidos de Gesso no Município de Trindade – PE, sob orientação do Professor Dr. Renato César da Silva e autoria de Antonio Weliton Nogueira dos Santos.

Os dados informados não serão divulgados, caso seja a determinação do entrevistado.

Questionário 2 – Grupo: Transportadores de resíduos da construção civil

Entrevistado: _____
Cargo/Função: _____
Fone: _____ Celular: _____
Endereço: _____
Cidade: _____ CEP: _____
E-mail: _____
Data: ____/____/____

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

1. Sua empresa realiza coleta de Resíduos de Construção Civil?
 - () Sim
 - () Não
2. Há quanto tempo sua empresa realiza a coleta de Resíduos da Construção Civil?
 - () Menos de 1 ano
 - () Entre 1 e 2 anos
 - () Entre 2 e 3 anos
 - () Entre 3 e 4 anos
 - () Mais de 5 anos
3. Qual o tipo de resíduo que sua empresa coleta e transporta? (Conforme a Resolução CONAMA 307/02, os resíduos são classificados em: Classe A, Classe B, Classe C e Classe D, especificado abaixo).

1. 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, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

2. Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

3. Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

4. Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

4. Qual o destino do Resíduo de Construção Civil transportado por sua empresa?

- () Aterro Sanitário
- () Aterro Controlado
- () Vazadouro a céu aberto (lixão)
- () Aterro de Inertes ou de Resíduos da Construção Civil
- () Reciclagem
- () Outros (especificar)

5. Qual o equipamento que sua empresa utiliza para o transporte de Resíduo de Construção Civil?

6. Sua empresa faz coleta e transporta resíduo de gesso?

- () Sim
- () Não

7. Qual a destinação final dada ao resíduo de gesso no município de Trindade?

8. Que tipo de equipamento sua empresa usa para fazer o transporte do resíduo de gesso?



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA
PLENA EM QUÍMICA**

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

Enfatiza-se que esta pesquisa está relacionada ao curso de Licenciatura Plena em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Esta entrevista está inserida no Trabalho de Conclusão de Curso – Análise da Gestão de Resíduos Sólidos de Gesso no Município de Trindade – PE, sob orientação do Professor Dr. Renato César da Silva e autoria de Antonio Weliton Nogueira dos Santos.

Os dados informados não serão divulgados, caso seja a determinação do entrevistado.

Questionário 3 – Grupo: Construtoras e/ou geradores

Entrevistado: _____
Cargo/Função: _____
Fone: _____ Celular: _____
Endereço: _____
Cidade: _____ CEP: _____
E-mail: _____
Data: ____/____/____

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

1. A empresa possui o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)?

() Sim

() Não

2. A empresa realiza a caracterização, ou seja, a identificação e quantificação dos resíduos de gesso?

() Sim

() Não

3. Como é realizado o processo de triagem desses resíduos?

4. A triagem ocorre na origem ou em áreas licenciadas para esta finalidade?

5. O acondicionamento dos resíduos de gesso é feito em baias, caçambas ou outro (especificar)?

6. O transporte desses resíduos é realizado pela própria empresa ou empresa terceirizada?

7. Qual a destinação final dada aos resíduos de gesso?

8. Existe uma área apta para recebimento, triagem e armazenamento de resíduos de gesso no município de Trindade-PE?

() Sim

() Não

Em caso afirmativo especificar:

9. A empresa reutiliza ou recicla os resíduos de gesso?

10. A empresa conhece alguma forma de aproveitamento dos resíduos de gesso?

11. Existe fiscalização para o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil?

() Sim

() Não

12. Existe fiscalização a respeito da destinação final dos resíduos de gesso?

() Sim

() Não

13. A empresa tem conhecimento a respeito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e as Resoluções do CONAMA?

() Sim

() Não

ANEXOS

Figuras dos resíduos de gesso descartados a céu aberto em Trindade-PE.





