

A indústria do gesso e a gestão de seus resíduos no Arranjo Produtivo Local (APL) do Araripe em Pernambuco: oportunidades de reutilização em materiais de construção

The gypsum industry and the management of its waste in the Local Productive Arrangement (APL) of Araripe, Pernambuco: opportunities for reuse in construction materials

Willan do Nascimento Silva
Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil

Elivania de Araújo Silva
Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil

Alex de Freitas Pereira
Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil

Maria Victória Nascimento
Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil

Erika Pinto Marinho
Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil

Maria Isabela Bello
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Pau dos Ferros, Brasil



RESUMO

Objetivo da Investigação: O progresso em direção ao desenvolvimento sustentável exige a contribuição das indústrias e Arranjos Produtivos Locais (APL). O APL gesseiro do Sertão Pernambucano é vital para a economia nacional. O objetivo deste estudo foi abordar a gestão de resíduos do APL visando alinhar suas práticas com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e com as possibilidades de inserção dos resíduos gerados no APL em materiais de construção civil como forma de reduzir os impactos ambientais.

Metodologia: Os procedimentos metodológicos adotados foram: a) análise sistemática que englobou a gestão de resíduos no APL, em indústrias no geral e a reutilização dos resíduos de gesso; b) levantamento de informações na plataforma do Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos (SINIR) e junto aos órgãos municipais, estaduais e federais.

Resultados: Observaram-se desafios no gerenciamento dos resíduos gerados, os impactos ambientais causados pelo APL. A legislação é clara, mas não obtém sucesso na implementação, demanda colaboração público-privada e da responsabilidade compartilhada. O gesso reciclado é uma alternativa sustentável para lidar com resíduos, podendo ser usado na fabricação de cerâmica, geopolímeros, tijolos de argila e outros materiais, podendo melhorar a resistência dos materiais e reduzir custos, contribuindo para a sustentabilidade e promovendo a economia circular.

Originalidade/Valor: Identificação de desafios na gestão de resíduos, na análise dos impactos ambientais causados pelo APL gesseiro e nas sugestões de práticas mais alinhadas com a legislação ambiental, promovendo a colaboração público-privada e a responsabilidade compartilhada. A proposta de utilizar o gesso reciclado em diferentes produtos na construção civil também ressalta uma abordagem prática para a promoção da sustentabilidade e economia circular.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Lixões; Construção Civil; Reciclagem; Semiárido.

ABSTRACT

Research Purpose: Progress towards sustainable development requires the contribution of industries and Local Productive Arrangements (APL). The gypsum APL in the Pernambuco Sertão region is vital to the national economy. The objective of this study was to address the waste management of the APL, aiming to align its practices with the National Solid Waste Policy (PNRS) and explore the possibilities of incorporating the generated waste from the APL into civil construction materials as a means of reducing environmental impacts.

Methodology: The adopted methodological procedures were: a) a systematic analysis that encompassed waste management in the APL, across industries in general, and the reuse of gypsum waste; b) gathering information on the National System of Information on Waste Management (SINIR) platform and from municipal, state, and federal agencies.

Findings: Challenges were observed in managing the generated waste and the environmental impacts caused by the APL. While the legislation is clear, it has not been successful in implementation, requiring public-private collaboration and shared responsibility. Recycled gypsum emerges as a sustainable alternative for waste management, with potential applications in the production of ceramics, geopolymers, clay bricks, and other materials. This could enhance material strength, reduce costs, contribute to sustainability, and promote a circular economy.

Originality/Value: Identification of challenges in waste management, analysis of environmental impacts caused by the gypsum APL, and suggestions for practices more aligned with environmental legislation, promoting public-private collaboration and shared responsibility. The proposal to use recycled gypsum in various construction products also emphasizes a practical approach to promoting sustainability and a circular economy.

Keywords: Sustainability; Landfills; Construction Industry; Recycling; Semi-Arid Region.

Como citar: Silva, W., Silva, E., Pereira, A., Nascimento, M., Marinho, E. & Bello, M. (2025). A indústria do gesso e a gestão de seus resíduos no Arranjo Produtivo Local (APL) do Araripe em Pernambuco: oportunidades de reutilização em materiais de construção. *GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, 29, 03-26. <https://doi.org/10.17127/got/2025.29.001>

1. Introdução

O desenvolvimento regional sustentável implica no enraizamento do progresso humano e na preservação dos recursos naturais escassos para as futuras gerações. Isso envolve práticas de produção mais limpas, conservação de recursos naturais, culturais e ambientais, mediante o desenvolvimento contínuo da melhoria dos seus aspetos. A aplicação de conceitos relacionados com a ecologia industrial e com a economia circular pode contribuir na redução do uso de recursos naturais e a geração de resíduos nas cadeias produtivas, o que evidencia que os desafios enfrentados pela sociedade contemporânea são de uma complexidade notável, exigindo do Ser Humano ações coletivas visando a redefinição de suas relações ambientais. A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável são termos intrinsecamente relacionados, uma vez que ambos têm propósitos semelhantes. A sustentabilidade é, de fato, o objetivo subjacente do desenvolvimento sustentável (Lima, 2021; Santos & Souza, 2021; Magalhães, 2021; Carvalho, 2019). A associação de tais iniciativas engloba o desenvolvimento econômico, a eliminação da pobreza, da miséria e da fome, a inclusão social, a sustentabilidade ambiental e a boa governança em todos os níveis, que inclui a paz e a segurança, conforme relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2023).

O desafio enfrentado pelo governo brasileiro em relação à inclusão dos Resíduos Sólidos (RS) nas políticas públicas fica evidente na persistência dos lixões como destino ainda predominante para a disposição dos resíduos nas cidades brasileiras. O reduzido número de municípios brasileiros que adotaram políticas de reciclagem de resíduos, juntamente com a baixa quantidade de resíduos reciclados em comparação com o considerável volume de resíduos sólidos destinados a unidades de tratamento final, como lixões, aterros controlados e aterros sanitários, ratificam os desafios e dificuldades enfrentadas pelo Brasil para alcançar o objetivo 11 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que trata das Cidades e Comunidades Sustentáveis. Especificamente, diz respeito à redução do impacto ambiental negativo das cidades, incluindo a gestão de resíduos (SINIR, 2023; Lima, 2021; Benedicto *et al.*, 2023; ONU, 2023).

Na tentativa de mitigar os impactos ambientais das diversas atividades, incluindo da construção civil, os poderes públicos nacional, estadual e municipal têm institucionalizado uma série de políticas públicas e normas, com destaque para a Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010), que estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e para a Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), a qual indicou os fundamentos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos da construção e os separou por classes.

De acordo com o Sindicato das Indústrias Gesseiras de Pernambuco (SINDUSGESSO) o Polo Gesseiro do Araripe figura como um dos proeminentes polos econômicos no interior do Estado. Localizado no Sertão, região central do semiárido do Nordeste Brasileiro, essa região de subsolo cristalino engloba os municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Ouricuri e Bodocó e se destaca por ser responsável por aproximadamente 97% da produção nacional de gipsita e seus derivados. A gipsita do Araripe é um minério considerado com alto nível de pureza, denominado por muitos como o “Ouro Branco do Araripe”, possuindo ótimas características para isolamento térmico, leveza, estabilidade e precisão. Seu uso está principalmente na área da construção civil, sendo utilizada também na agricultura, e em diversas outras áreas. O aumento na quantidade de resíduos da construção civil tem acarretado impactos significativos

e tem exacerbado a poluição ambiental (Sindusgesso, 2023; Granja *et al.*, 2017; Silva Neto *et al.*, 2015).

Na atualidade, torna-se cada vez mais comum a reciclagem e o reuso de resíduos derivados da construção civil e de outras indústrias, para a produção de componentes a serem utilizados na própria matriz da construção civil (Levy, 2020). As atividades da humanidade desempenham um papel central nas mudanças ocorridas no meio ambiente. Na mineração, a extração de recursos minerais do subsolo pode causar impactos ambientais significativos, incluindo a remoção de solos e vegetação, bem como alterações no ambiente físico e na comunidade local (Araújo & Martins, 2012).

A disposição final inadequada de resíduos ocasiona problemáticas significativas no meio ambiente, caracterizadas por carência de tratamento apropriado, resultando em contaminação do solo e do subsolo, como também no assoreamento de cursos d'água. Atualmente se investigam estratégias de reciclagem de resíduos a fim de diminuir os impactos ambientais, como também a identificação e delimitação das áreas de influência desses acontecimentos para buscar vias de mitigação. Paralelamente, as indústrias têm empreendido esforços para reduzir a geração de resíduos e identificar métodos de reutilização, em especial devido às recentes regulamentações ambientais vigentes (Almeida *et al.*, 2020; Rocha & Wilken, 2020).

O estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura a fim de verificar o comportamento do Arranjo Produtivo Local (APL) gesseiro face à PNRS. Através disso, propor medidas de intervenção e mitigação dos impactos ambientais através da inserção dos resíduos gerados nos materiais da construção civil, contribuindo para o desenvolvimento de estudos voltados para a gestão dos resíduos da indústria gesseira em Pernambuco. Não se pretende com este trabalho obter um diagnóstico dos RS originados no APL, mas focar como os bons princípios de gestão de RS podem contribuir para a promoção da sustentabilidade ambiental, garantindo a promoção da economia circular.

Foi empregada como metodologia a revisão sistemática da literatura para resposta à pergunta que norteou os objetivos e um levantamento de dados relevantes sobre a gestão de resíduos no APL, indústrias no geral e intervenção dos órgãos públicos no APL. Após a obtenção dos dados foram estruturadas as informações em quadros, e figuras e posteriormente comentados os resultados que corroboram com as conclusões.

2. Localização e caracterização da região do estudo

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o APL do Araripe situa-se no Sertão Pernambucano, composto pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri.

O relevo predominante na região é principalmente formado pela Depressão Sertaneja, resultante de um processo recente de formação geológica, que associado à dissecação fluvial e à erosão diferencial das bordas da Chapada do Araripe, configuram um relevo suavemente ondulado, marcado por vales abertos, com o principal fator sendo a configuração da rede de drenagem do Rio São Francisco. O clima predominante da área estudada é dado como quente semiárido, tipo estepe, com estações chuvosas atrasadas para o outono. As chuvas na região são baixas e com pouca

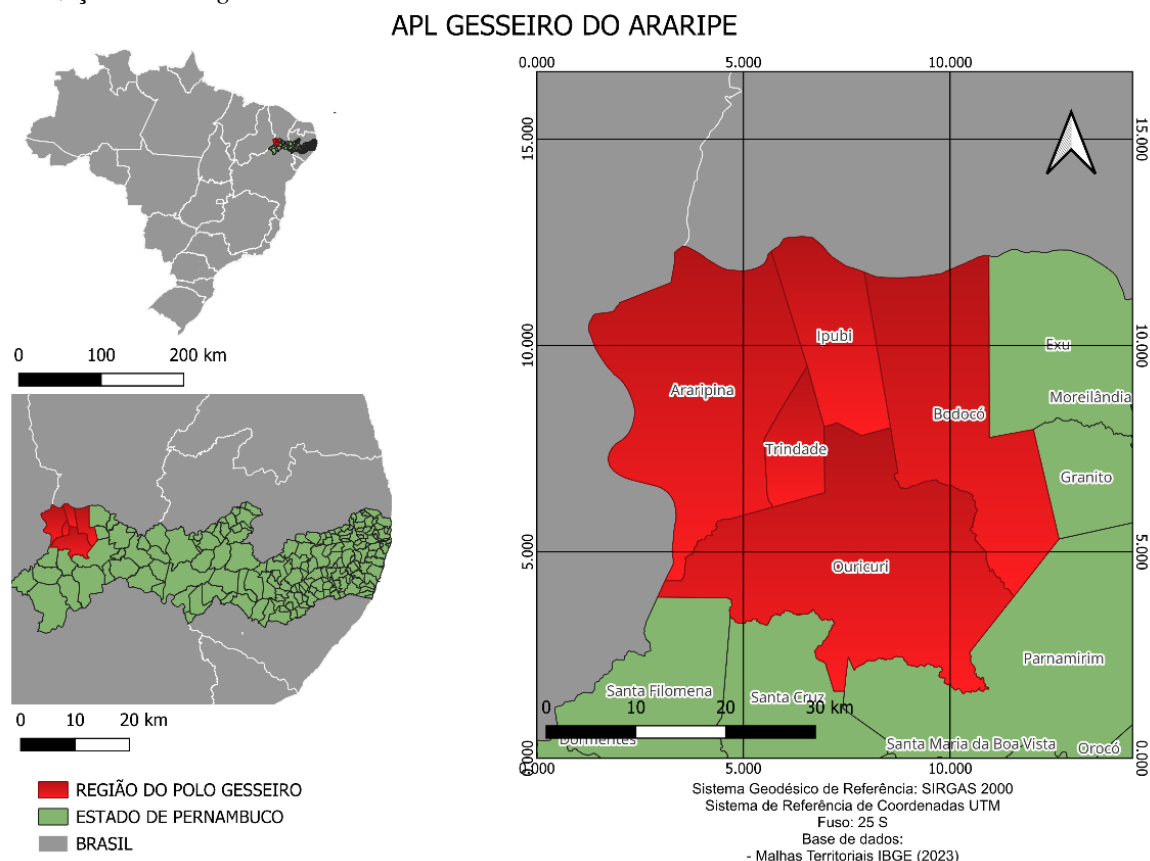
regularidade, onde a estação seca se prolonga por 7 a 10 meses, com uma temperatura média variando entre 24° e 26°C. Possui semiaridez acentuada na sua parte mais baixa, que anualmente recebe entre 400 e 500mm de precipitação, mas na Chapada do Araripe as precipitações se elevam, atingindo valores médios de 700 e 800mm (SÁ *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2019).

O parque industrial compreende mais de 500 empresas, as quais, de acordo com o Sindicato das Indústrias Gesseiras (Sindusgesso, 2023) abrangem desde a mineração de gipsita até indústrias de beneficiamento, transformação, comércio e distribuição de gesso e seus derivados. Devido às suas características econômicas e geográficas distintas, o polo gesseiro é categorizado como um Arranjo Produtivo Local (APL) em todos os âmbitos governamentais e outras instituições. Gera mais de 3582 empregos diretos e 14328 postos de trabalho indiretos. Este panorama ainda se estenderá, ampliando mais a produção, baseando-se no grande estoque da gipsita, que conta com um tempo previsto de exploração por aproximadamente 600 anos.

A localização privilegiada quando comparada a outros potenciais produtores como Bahia e Pará, facilita o escoamento da matéria produzida. Considerando que as demais reservas produtivas da gipsita apontem para os outros dois Estados como futuros competidores, a infraestrutura do APL gesseiro pernambucano e sua localização geográfica limita ainda mais a expansão de concorrentes (Barros *et al.*, 2006). Conforme exposto na Figura 1, a região conta com uma área territorial de 7030,429 Km² e 244.141 habitantes.

A degradação do meio ambiente está associada às extrações da gipsita e da lenha, aumentando continuamente a devastação do estoque madeireiro. Para acesso ao Polo Gesseiro, a BR-232 é uma das mais importantes vias de acesso por grande parte dos transportes que direcionam as cargas do APL. Os custos com transportes são um dos problemas que mais influenciam a economia da gipsita, podendo elevar o preço em cerca de 80 a 90% no produto. Isso é devido à distância em relação aos maiores centros consumidores no Nordeste e no país (Macêdo Filho *et al.*, 2011; Araújo, 2010; Santos *et al.*, 2015).

Figura 1
Localização do APL gesseiro de Pernambuco



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A exploração de gesso no APL gesseiro do Araripe é o mais importante motor de desenvolvimento na região, melhorando as condições da sociedade local, mas também sendo um causador de elevados impactos ambientais. O elevado número da produção do gesso demanda um alto volume energético proveniente da lenha, o que causa a grande exploração dos recursos lenheiros locais, que desmatam a Caatinga, bioma semiárido e exclusivo do Brasil.

3. Estratégia De Pesquisa

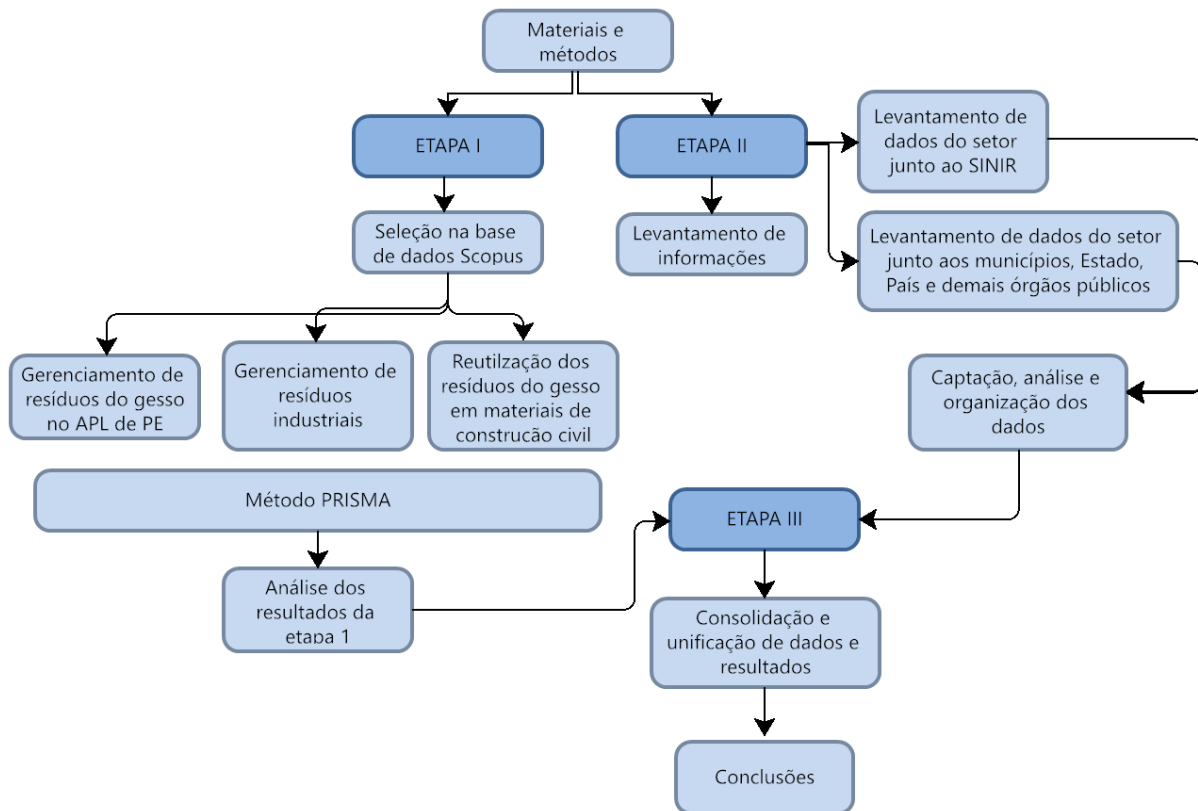
A estratégia de pesquisa aplicada no desenvolvimento deste estudo é apresentada na Figura 2. Esta pesquisa possuiu três etapas distintas:

Etapa I – constituiu numa revisão sistemática, abrangendo as etapas de pesquisa em bases de dados voltadas a estudos relacionados com o gerenciamento dos resíduos da indústria gesseira em Pernambuco e gerenciamento dos resíduos da indústria no Brasil e no Mundo. Além disso, esta etapa englobou o estudo de pesquisas sobre a utilização dos resíduos de gesso na indústria da construção civil.

Etapa II – envolveu a coleta de dados diretamente a partir da base do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) e realização de uma busca junto aos órgãos municipais, estaduais, federais e demais instituições com o objetivo de catalogar políticas de introdução de gerenciamento de resíduos no APL do Araripe.

Etapa III – Consolidação e unificação de dados e resultados.

Figura 2
Procedimentos metodológicos adotados no estudo

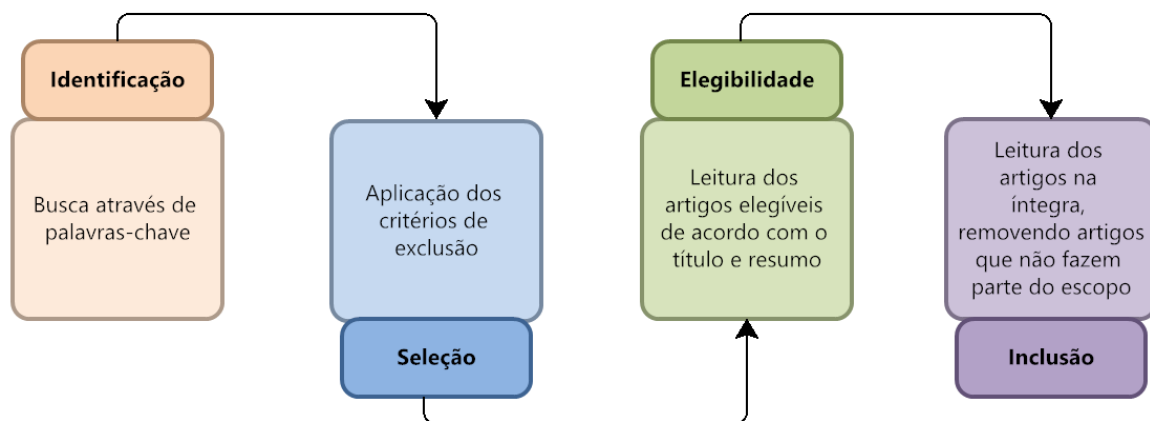


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3.1. Pesquisa na base de dados e análise sistemática

Realizaram-se buscas na base de dados Scopus, selecionada por ser reconhecida como uma plataforma de grande abrangência científica, objetivando identificar estudos voltados ao gerenciamento de resíduos de gesso provenientes do APL do Araripe. Para o tratamento dos artigos foi aplicada a metodologia dos “Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises” (PRISMA), composta por quatro etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão, conforme a Figura 3.

Figura 3
Procedimentos do método PRISMA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Seguindo a metodologia as etapas foram realizadas para os três tipos de estudos analisados, sendo eles:

- a) Estudos relacionados ao gerenciamento de resíduos do gesso no APL do Araripe em Pernambuco;
- b) Estudos relacionados ao gerenciamento de resíduos industriais no Brasil;
- c) Estudos relacionados a reutilização dos resíduos do gesso em materiais de construção civil.

Para o item “a”, na etapa de identificação foram realizadas buscas de trabalhos através das palavras-chave “waste management”, “gypsum” e “Pernambuco” associadas entre si pelo operador Booleano “and”. Essa string de busca foi associada com o operador Booleano “or” às palavras-chave “Recycling” e “Sustainability”. Não foram localizados estudos relacionados aos itens pesquisados na Plataforma Scopus. Assim, foram adotados estudos extraídos das plataformas Scielo e Mendeley, através das mesmas palavras chaves adotadas na Scopus. Nesse sentido, foi localizado um estudo relacionado aos resíduos gerados no APL.

Para o item “b”, foram utilizadas as palavras-chaves “industrial solid waste”, “management” e “Brazil” associadas entre si pelo operador Booleano “and” na Plataforma Scopus. A pesquisa encontrou 69 trabalhos, que posteriormente foram filtrados e excluídos excetuando-se os artigos em inglês e português, escritos entre 2013 e 2023, limitados as palavras-chave “Brazil”, “Industrial Waste”, “Municipal Solid Waste” e “Waste Management”. Após os filtros restaram 16 artigos que tiveram seus títulos e resumos lidos para observar a viabilidade de inclusão. Após leitura foram escolhidos 8 artigos que responderam à proposta do item, pelo que foram lidos por completo.

Para o item “c”, utilizaram-se as palavras “waste gypsum”, materials” e “reuse” associadas entre si pelo operador Booleano “and” na Plataforma Scopus. A pesquisa encontrou 211 documentos, a maioria deles ligados ao fosfogesso. Por isso foi adicionada a palavras-chave “phosphogypsum” associada ao operador Booleano “and not” com o objetivo de excluir trabalhos relacionados. A pesquisa retornou com 120 trabalhos. Posteriormente foram aplicados os filtros, sendo escolhidos trabalhos publicados entre 2013 e 2023, na língua inglesa, portuguesa ou espanhola. Após a aplicação dos filtros restaram 69 documentos que tiveram seus títulos e resumos lidos na íntegra. Após a leitura foram adotados 12 estudos relacionados à temática estabelecida neste item.

3.2. Pesquisa no SINIR

O SINIR é uma plataforma de conformidade com a Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que regulamenta a PNRS no Brasil. O SINIR tem como finalidade primordial a coleta, consolidação e divulgação de informações relacionadas com a administração dos resíduos sólidos em todo o território nacional. Este sistema compreende o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Sólidos (CNORS), destinado a abrigar informações concernentes a entidades e indivíduos envolvidos nas variadas fases do ciclo de vida dos resíduos sólidos.

O SINIR contempla dados referentes ao planejamento e execução de Planos de Resíduos Sólidos, em consonância com os preceitos legais, fornecendo um mecanismo de monitoramento das atividades empreendidas pelos diferentes níveis governamentais. O SINIR agrega indicadores específicos voltados para a gestão de resíduos sólidos, possibilitando a avaliação do avanço rumo às metas e diretrizes estabelecidas pela PNRS. A plataforma dispõe ainda de relatórios individuais das cidades, onde gestores e municípios podem acessar com facilidade a todos os dados

provenientes de cada cidade, inclusive verificar as adimplências e inadimplências municipais. Além disso, disponibiliza informações sobre logística reversa de produtos e embalagens, um componente vital para a materialização da conceituação de responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos. Em síntese, o SINIR é um instrumental técnico de fundamental importância para subsidiar a formulação e execução de políticas públicas no âmbito da gestão de resíduos sólidos, com vistas à mitigação dos impactos ambientais e à promoção de práticas sustentáveis nessa esfera.

O acesso à plataforma ocorreu no mês de outubro do ano de 2025. Logo em seguida, foram observados os dados disponíveis para análise. Com base nisso, foram obtidos dados referentes ao cadastro dos municípios localizados no APL gesseiro de Pernambuco, com o objetivo de identificar evidências de como são gerenciados os recursos, a destinação dos resíduos e a gestão colaborativa com a sociedade.

3.3. Políticas públicas voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios integrantes do APL

A atuação do setor público no desenvolvimento de políticas voltadas ao meio ambiente é de suma importância, pois este, junto com as instituições e com a sociedade em geral, viabilizam oportunidades de melhorias. Por isso, neste item foram observadas as atuações dos órgãos públicos municipais, estaduais e federais frente ao gerenciamento de resíduos no Estado de Pernambuco e na região onde situa-se o APL. A varredura deu-se através de busca nos *sites* oficiais do município, instituições estaduais e federais. Quando não localizadas ações no campo destinado às secretarias e órgãos municipais de meio ambiente foram inseridas as palavras chaves “gesso”, “resíduos”, “lixões”, “APL”, “catadores” e “meio ambiente”.

4. Discussão e resultados

4.1 Pesquisa na base de dados e análise sistemática

4.1.1 Estudos relacionados ao gerenciamento de resíduos do gesso no APL do Araripe em Pernambuco

Conforme apresentado na Tabela 1, observa-se um trabalho voltado ao estudo do gerenciamento de resíduos do gesso no APL do Araripe em Pernambuco.

Tabela 1

Estudos do gerenciamento de resíduos do gesso no APL do Araripe em Pernambuco.

Autor	Principais Conclusões
Santos <i>et al.</i> (2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Maioria dos habitantes próximos das fábricas sofrem com a poeira do gesso; • Foram hospitalizadas 67 pessoas com problemas respiratórios entre janeiro e junho de 2017 com possível relação com os resíduos de gesso; • Problemas ocasionados na vegetação, solo e ar; • Os entrevistados acreditam que a solução para o problema é a reciclagem aliada à participação do setor público e empresas do setor; • Necessita-se de mais estudos, recursos tecnológicos, financeiros e conscientização.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A publicação foi dada como a única localizada em revistas através dos critérios de buscas adotados no processo metodológico, podendo estar ligada à baixa valorização de estudos voltados à análise do comportamento dos

municípios e empresas da região do APL quando se trata da gestão dos RS. É primordial o desenvolvimento de estudos que relacionem as práticas adotadas pela indústria no gerenciamento dos resíduos da sua cadeia produtiva, principalmente nos complexos industriais, sejam de escala local ou em mais ampla escala, pois esta dinamiza os demais eventos através do relacionamento com a sociedade. Isso garante que as preocupações ambientais permeiem através da gradação governo, indústria e sociedade. Atendendo a essa expectativa, Fin *et al.* (2023) abordam que há um impulsionamento de tecnologias de coprocessamento dos RS, que resulta em distintas vantagens para aspectos ambientais e sociais, que se refletem no cenário econômico, quando aplicada com os devidos controles.

4.1.2 Estudos relacionados com o gerenciamento de resíduos industriais no Brasil

Para a compreensão cronológica dos estudos analisados relacionados ao gerenciamento de resíduos industriais no Brasil, na Figura 4 é apresentada a quantidade de estudos por ano.

Figura 4

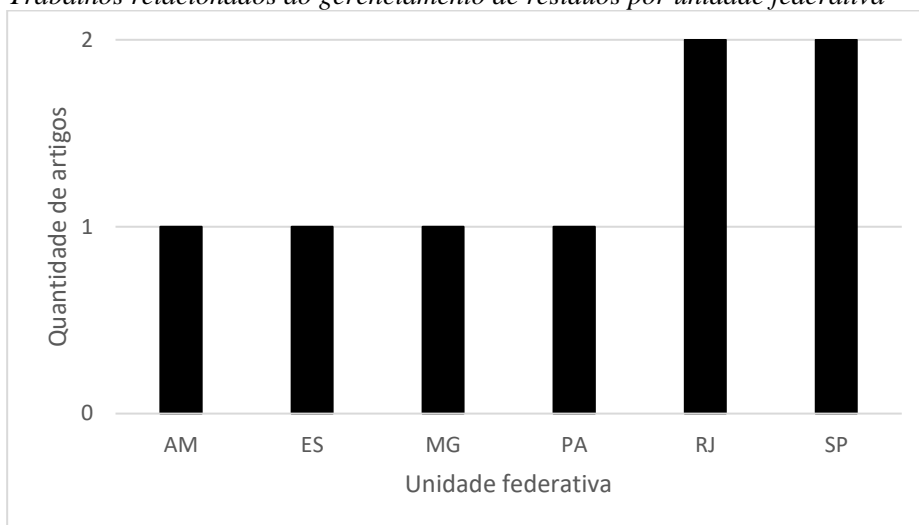
Trabalhos relacionados ao gerenciamento de resíduos industriais no Brasil por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Pode-se observar que o maior número de publicações abrange os anos de 2019 a 2022, onde estão alocados 7 dos 8 estudos adotados nesta revisão. Mediante a temporalidade distribuída fica evidenciada a importância do eixo temático, indicando a atualidade do tema para os últimos 4 anos. Esse aspecto exige mais produção quando posicionamos os problemas ambientais causados pela gestão inadequada dos resíduos frente à indústria brasileira. Para compreensão da origem dos trabalhos estudados, foram ainda avaliados os locais de publicação, apresentados na Figura 5.

Figura 5
Trabalhos relacionados ao gerenciamento de resíduos por unidade federativa



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figuram entre os dois primeiros colocados os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, ficando empatados a seguir os Estados do Pará, Espírito Santo, Minas Gerais e Amazonas. O IBGE (2022) aponta que o Estado de São Paulo é o mais populoso do Brasil, classificado como a 1ª maior economia do país. O Rio de Janeiro é apresentado como a 5ª maior economia do país. Pode-se compreender ainda que o número de pesquisas relacionadas ao item exposto é baixo quando associado ao grande polo econômico que compreende as regiões Sudeste e Centro-oeste. Na Tabela 2 são apresentadas as principais conclusões obtidas nos estudos adotados para esta análise.

Tabela 2
Estudos relacionados ao gerenciamento de resíduos industriais no Brasil e principal conclusão.

Autor	Conclusão
Padilha e Mesquita (2022)	A criação de aterros sanitários pode gerar energia a partir de resíduos, resultando em receitas para pequenas cidades.
Campos <i>et al.</i> (2021)	Fornecer informações sobre gestão de resíduos urbanos no Brasil e Portugal, visando alcançar objetivos de desenvolvimento sustentável.
Batista <i>et al.</i> (2021)	Aponta desafios na gestão de resíduos em países em desenvolvimento e propõe um <i>framework</i> para municípios focado na conversão de resíduos em energia.
Chaves <i>et al.</i> (2021)	Combustível derivado de resíduos na indústria de cimento reduz emissões, mas a disponibilidade varia com os resíduos. Esta implementação economiza até 25% nos custos, mas requer incentivos financeiros.
Azevedo <i>et al.</i> (2020)	Resíduos líquidos da indústria de celulose melhoram as argamassas. Método de beneficiamento "fino" é mais eficiente que o "seco".
Leopoldino <i>et al.</i> (2019)	Em 2014, os custos de gestão de resíduos eram maiores do que as receitas de recicláveis. Em 2015, com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, houve aumento nas receitas com recicláveis. É possível cumprir a legislação ambiental e obter retornos financeiros simultaneamente.
Infiesta <i>et al.</i> (2019)	Conversão de RSU em combustível foi eficaz. O combustível é fonte de energia renovável viável. Análises de composição e combustão forneceram informações valiosas.
Aquino <i>et al.</i> (2013)	Integrar gestão ambiental e logística reversa nas organizações aprimora a gestão de resíduos industriais e reduz os impactos ambientais da produção.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

As conclusões sintetizam que os resíduos podem ser uma fonte notável para a geração de energia, fato surpreendente quando observada a necessidade da sustentabilidade na matriz energética no Brasil. Krell e Souza (2020) retratam que as consequências do debate face à sustentabilidade energética ultrapassam os limites da sua oferta, alinhando-se

às dinâmicas econômicas e ambientais.

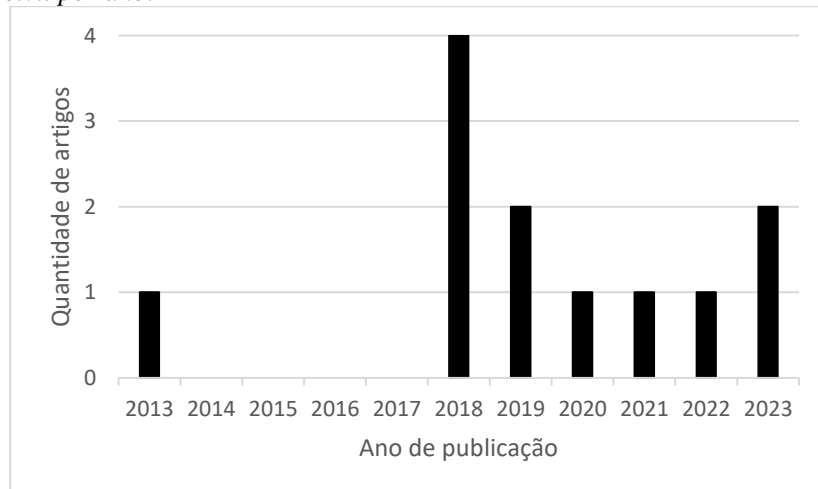
A gestão de resíduos industriais é essencial em países em desenvolvimento considerando o seu rápido crescimento. Logo, a valorização de resíduos como a sua inclusão garantindo a economia circular na indústria é benéfica a todos. Quando há a integração da gestão ambiental e logística reversa, são melhorados os gerenciadores dos resíduos industriais. Isso compactua com a afirmação de Mariath e Figueiró (2018) expondo que as indústrias que adotam um comportamento ambiental ativo, ampliam a discussão atendendo às obrigações e legalidades, convertendo a usabilidade de fontes adicionais que se tornam eficientes no cenário econômico.

Com esses fundamentos, a sustentabilidade na gestão dos resíduos industriais é decisiva quando é observado que podem ser apresentados benefícios econômicos, sociais e ambientais significativos. A inovação e a integralização de práticas sustentáveis na indústria são necessárias para lidar com os desafios atuais relacionados com os resíduos, avançando para um futuro sustentável.

4.1.3 Estudos relacionados com a reutilização dos resíduos do gesso em materiais de construção civil

Para as pesquisas direcionadas com a reutilização dos resíduos do gesso em materiais de construção civil, é apresentado na Figura 6 com a distribuição temporal das publicações, em seus respectivos anos.

Figura 6
Trabalhos relacionados a reutilização dos resíduos de gesso na construção civil por ano.

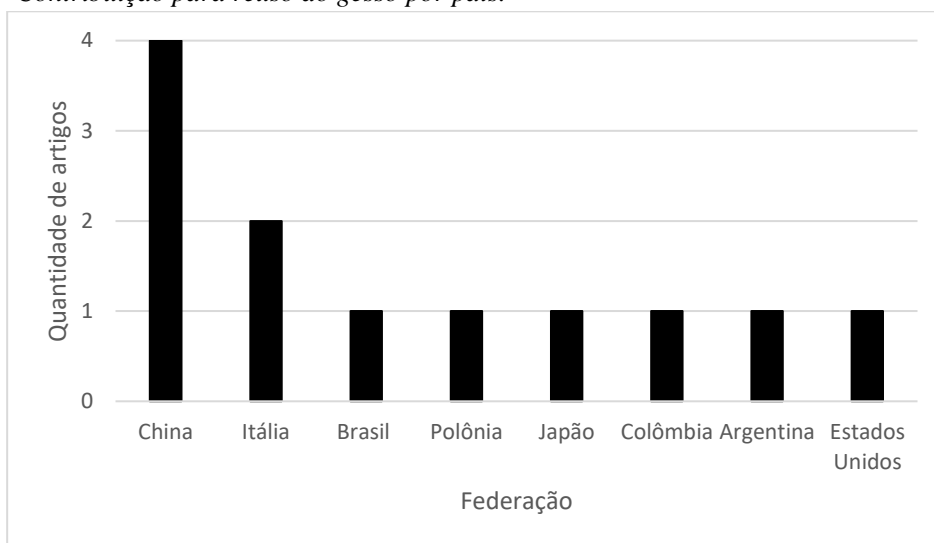


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No estudo da incorporação dos resíduos de gesso em materiais de construção civil, é possível observar que a partir de 2018 começaram a surgir mais estudos voltados a esse emprego. Isso pode estar ligado ao momento em que a literatura chegou ao auge da necessidade de entregar à indústria da construção civil novas tecnologias ligadas à reutilização dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Oliveira *et al.* (2022) abordam que a indústria da construção civil gera diariamente toneladas de RCD com grande potencial de reciclagem, sendo necessários estudos que tracem a grande variedade de etapas necessárias para garantir a qualidade e a viabilidade do reuso dos materiais, uma vez que este pode alterar suas características e desempenho.

O fato das pesquisas se estabelecerem distribuídas em diferentes federações apresenta a importância da reintrodução do resíduo na matriz dos materiais de construção. Considerando a relevância da economia circular em escala global essa demanda aponta para um futuro em que se torna cada vez mais possível a execução do termo “cradle to cradle” dos autores Braungart e McDonough (2014), em que apresentam a associação entre desenvolvimento e consequências negativas, o que se tornou num dos temas principais dos ambientalistas. Dentre os países que contribuíram publicando estudos voltados para a reinserção dos resíduos de gesso na cadeia da construção civil, destacam-se os apresentados na Figura 7.

Figura 7
Contribuição para reuso do gesso por país.

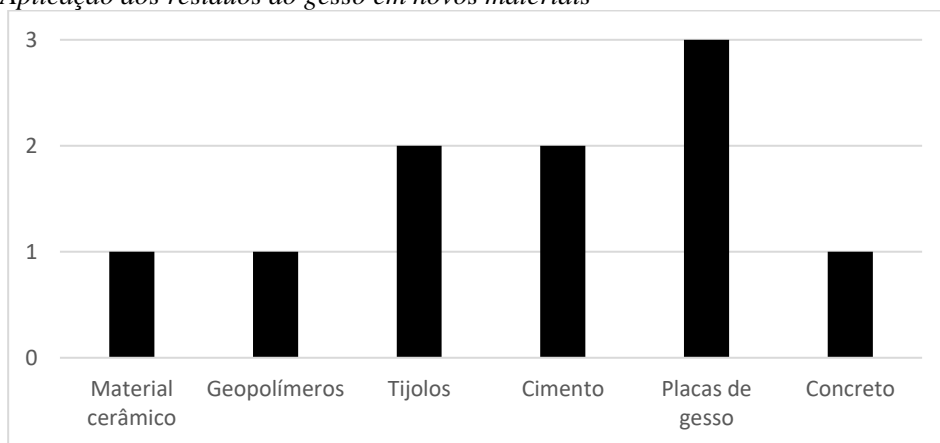


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observa-se a China liderando o cenário de pesquisas que englobam a reutilização dos resíduos de gesso proveniente da indústria gesseira ou da construção civil. De acordo com o Governo Federal Brasileiro (Brasil, 2014), a China continua liderando a produção do gesso no mundo, seguida pelos Estados Unidos e Irã. Isso justifica o número de pesquisas voltadas à reintegração dos resíduos provenientes da indústria gesseira. A Itália também figura na produção do gesso, com expressiva contribuição em escala global.

Os alertas urgentes que muitas vezes são direcionados a consumidores e produtores são antigos, sendo necessárias décadas para que eles dessem atenção. Os autores Braungart e McDonough (2014), apresentam uma metodologia em que os materiais passam por um ciclo contínuo de reciclagem, quantas vezes for possível criando o termo “do berço ao berço”. As inúmeras possibilidades da reintrodução dos materiais destinados ao descarte em novos materiais vêm se tornando uma realidade cada vez mais comum na sociedade moderna. Podem ser observadas na Figura 8 as possibilidades de reintrodução dos resíduos do gesso ligadas aos estudos adotados.

Figura 8
Aplicação dos resíduos do gesso em novos materiais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os principais materiais que se destacam na recepção favorável dos resíduos do gesso são as próprias placas de gesso, cimento e tijolos. Isso evidencia a grande oportunidade da inserção dos resíduos do gesso na própria cadeia construtiva brasileira, como ainda na própria região do APL que é tangenciada por populações sertanejas. Essa população dispõe de pouco acesso aos materiais de construção, como ainda predominam na região tangente ao APL a desigualdade social e o baixo acesso a moradia digna. Essa dificuldade alinhada ao processo constante de desertificação de regiões sertanejas configura-se como uma problemática para a administração pública dos municípios.

Além das opções já expressas, tem-se ainda a possibilidade de emprego dos resíduos em materiais cerâmicos, concretos e geopolímeros. Isso justifica ainda mais a importância de pesquisas relacionadas com a reintrodução do gesso em novos materiais, garantindo a segurança técnica para as empresas que adotarem essas medidas, resultando em vantagens econômicas e ambientais, que se refletem diretamente no contexto social da região. Na Tabela 3 é exposto a principal conclusão dos estudos associados ao reuso dos resíduos do gesso na construção civil.

Tabela 3
Estudos relacionados a reutilização dos resíduos do gesso em materiais de construção civil.

Autor	Conclusão
Ding <i>et al.</i> (2023)	Crescimento urbano gera RCD e desafios ambientais. Empresas de reciclagem foram ignoradas devido a custos e falta de tecnologia. Necessita-se de cooperação e inovação para avançar na economia circular de RCD.
Marian <i>et al.</i> (2023)	Resíduos de gesso vermelho são adequados como matéria-prima secundária. Amostras cerâmicas com alta proporção desses resíduos são eficazes, indicando uma solução sustentável.
An <i>et al.</i> (2022)	O uso apropriado de resíduos de gesso e resíduo de soda melhorou a resistência dos geopolímeros, porém o excesso prejudicou o desempenho.
Hamid <i>et al.</i> (2021)	Reciclar resíduos de gesso na produção de tijolos é sustentável. A proporção ideal é 10% de resíduos, produzindo tijolos fortes com menos lixiviação de metais pesados. A queima dos tijolos ajuda a remediar contaminantes.
Iqbal <i>et al.</i> (2020)	Construção sustentável beneficia países em desenvolvimento com custos materiais elevados e problemas energéticos. O gesso melhora a resistência dos blocos, reduzindo custos de construção e energia, beneficiando comunidades de baixa renda.
Yamashita <i>et al.</i> (2019)	É possível produzir <i>clinker</i> de cimento a partir de resíduos de placas de gesso em um forno de cimento. Destaca a viabilidade de utilizar esses resíduos na produção de cimento.
Pantini <i>et al.</i> (2019)	Diferentes cenários de reciclagem de gesso devem ser considerados, abrangendo setores como fabricação de placas de gesso, indústria de cimento, desinfecção de lodo de esgoto e agricultura.
Geraldo <i>et al.</i> (2018)	Componentes para edifícios feitos com gesso comercial, gesso reciclado e resíduos de cerâmica vermelha e porcelana atendem aos requisitos de resistência mecânica para construção civil.

Zhu <i>et al.</i> (2018)	O gesso reciclado é mais fácil de moer do que o gesso natural, resultando em partículas menores, porosidade e maior demanda por água;
Silgado <i>et al.</i> (2018)	A produção de concreto "verde" feito com cimento de gesso reciclado e agregados reciclados é a melhor alternativa em termos de impacto ambiental e custo econômico em comparação com o concreto convencional.
Erbs <i>et al.</i> (2018)	Mostra-se o potencial de produzir componentes contendo grandes quantidades de gesso reciclado, incentivando não apenas a logística reversa, mas também a incorporação de resíduos e o aumento dos ciclos de produtos.
Begliardo <i>et al.</i> (2013)	Estudos demonstram que é possível reutilizar o gesso, seguindo padrões argentinos e chilenos, trazendo benefícios ambientais;

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

O gesso reciclado oferece uma ampla gama de aplicações sustentáveis nas mais diversas indústrias. A sua reutilização não apenas eleva a eficiência dos recursos, mas reduz também os custos e contribui para a mitigação de impactos ambientais, promovendo a economia circular. A cooperação é primordial na maximização do potencial do gesso reciclado.

4.2. Levantamento de dados através do SINIR

Através dos dados obtidos na plataforma do SINIR, dados de 2019 relacionados ao Estado de Pernambuco, no campo destinado aos municípios é possível observar que dos 184 municípios do Estado apenas 4 municípios constam como adimplentes na destinação correta dos Resíduos de Construção Civil (RCC), dado também como RCD, onde se enquadram os resíduos gerados no APL gesseiro. Dos cinco municípios que são inclusos no APL nenhum deles apresentou qualquer tipo de declaração relacionada ao RCD. Ainda assim, dos municípios adimplentes com suas declarações, pode-se observar que apenas um possui aterro próprio para destinação de RCD, sendo a cidade de Paulista localizada a mais de 700 km do APL.

O SINIR ao abordar o correto gerenciamento de RCD destaca que a destinação ambientalmente adequada de resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outros destinos admitidos pelos órgãos competentes, entre eles a disposição final, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. A Portaria nº 412, de 25 de junho de 2019 prevê que os Estados, o Distrito Federal e os Municípios devem disponibilizar anualmente por meio do SINIR as informações necessárias sobre os resíduos sólidos sob sua esfera de competência. Ao realizar a busca da declaração sobre os resíduos dos municípios constantes no APL no ano de 2020 obtém-se o resultado que consta na Tabela 4.

Tabela 4

Situação das declarações de RS e RCD e nota para aquisição de crédito dos municípios.

Município	Situação (2019)	Nota para crédito (2020)
Araripina	Inadimplente	C
Trindade	Entregue	C
Ipubi	Entregue	C
Ouricuri	Entregue	Não possui
Bodocó	Inadimplente	C

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do SINIR (2023).

Ao consultar o relatório das declarações dos municípios adimplentes, observam-se declarações incompletas com itens faltosos quase em sua totalidade, inclusive os itens que se referem a resíduos de atividades potencialmente poluidoras, RCC, resíduos industriais e resíduos de mineração, que não foram preenchidos por nenhum desses municípios. Isso

retrata a falta de compromisso global dos órgãos executores e fiscalizadores no nosso País, umavez que as cidades não são fiscalizadas conforme determinação legal, sendo margeadas por caminhos devassos que propagam a má gestão, contribuindo para impactos ambientais negativos. Na busca de consórcios para cooperativismo da gestão dos resíduos, pode-se encontrar na região do APL o Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Sertão Central (CINDESC) de que, até ao ano de 2019, nenhuma das cidades do APL gesseiro fazia parte.

Na aba de financiamentos constam as notas de classificação para fins de aquisição de crédito, conforme Tabela 4, coluna 3, em que constam como “C” ou não possuem, o que dificulta que esses municípios obtenham linhas de crédito para subsidiar políticas de gestão de resíduos, tornando ainda mais dificultosa a expansão cultural do tratamento e destinação dos resíduos. Dados de 2019 apresentam 4 lixões localizados na região onde ficam localizados os municípios objeto de estudo, contando ainda com 7 lixões externos que tangenciam as cidades do APL gesseiro.

No inventário de resíduos de atividades potencialmente poluidoras a nível nacional não estão incluídos os municípios do APL. Isso contradiz as ações governamentais em uma escala nacional, dificultando ainda mais a boa gestão dos resíduos, que assim como todos os setores da indústria e comércio exigem controle. Essas questões podem estar alinhadas ao comprometimento dos gestores municipais, como ainda ao secretariado responsável pelas pastas públicas que por vezes são destinadas por afinidade familiar ou política, distanciando ainda mais a resolução de uma problemática que permeia o país.

Na plataforma é possível observar a expressividade da Lei nº 14260, de 8 de dezembro de 2021, que trata da Lei de Incentivação à Reciclagem. Na apresentação, consta o cronograma de operacionalização dada pela regulamentação, propostas de admissibilidade, acompanhamento, parecer e execução dos projetos aprovados. Como benefícios pode-se citar a aquisição de equipamentos e de veículos para a coleta seletiva, a reutilização, o beneficiamento, o tratamento e a reciclagem de materiais pelas indústrias, pelas microempresas, pelas pequenas empresas, pelas cooperativas e pelas associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. Referem-se também pesquisas e estudos para subsidiar ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Diante da deliberação constante de políticas públicas direcionadas ao gerenciamento de resíduos nos últimos anos, como ainda a pressão global entre países no que tangem aos ODS, observa-se que no Brasil e mais precisamente na região do APL gesseiro, ainda é quase que nula a preocupação diante dos problemas ambientais acarretados pela produção da indústria gesseira. São pontuais as ações governamentais voltadas ao APL, uma vez que ocorre uma tratativa genérica destes resíduos pelas instituições públicas e privadas da região e do Estado.

4.3. Políticas públicas voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios integrantes do APL

O desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao gerenciamento de RS é essencial para o desencadeamento da gestão adequada dos resíduos. É importante que o tema seja debatido rotineiramente entre o governo e as instituições públicas, privadas e a sociedade, uma vez que só será possível alavancar um desenvolvimento sustentável na gestão de RS após a harmonia coletiva. Jucá (2003) destaca ainda que a busca de soluções para a destinação final dos resíduos constitui um grande desafio, especialmente no que tange tanto à poluição do ar, dos solos e corpos hídricos,

como na compreensão dos mecanismos de biodegradação da massa de lixo. O autor expõe que a grande quantidade de RS gerados no Brasil não se concilia com a quantidade de políticas públicas direcionadas. Na Tabela 5 podem ser observadas as principais evidências sobre o gerenciamento dos resíduos nos municípios que englobam o APL. Nele, podem observar-se poucas ou nulas atividades dos municípios neste domínio.

Tabela 5

Descrições de ações ambientais de função dos municípios do APL gesseiro de PE.

Cidade	Função do órgão	Ações
Araripina – Agência Municipal de Meio Ambiente (AMMA)	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenar a gestão ambiental; • Desenvolver, executar e avaliar as políticas ambientais; • Fiscalizar, licenciar, educar e proteger os recursos naturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Classificar atividades potencialmente poluidoras; • Englobar o licenciamento de indústrias gesseiras; • Determinar volume de extração mensal da gipsita considerando a área de exploração;
Trindade - Secretaria de Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudos e análises; • Elaborar projetos, planejar e desencadear medidas e ações para a preservação; • Promover ações de educação ambiental; • Controlar o cumprimento da legislação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Assistência financeira para catadores após desativação de lixões em PE; • Criação de cooperativa; • Realocação ao mercado de trabalho; • Emissão de carta de serviço; • Treinamento gratuito.
Ipubi - Secretaria de Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Promover e executar a política agrícola; • Coordenar, executar planos, programas e atividades de proteção e conservação do meio ambiente; • Desenvolver o setor econômico (urbano e rural). 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar uma linguagem de fácil entendimento social; • Apresentar perguntas e respostas; • Divulga a legislação municipal, estadual e federal; • Passo a passo da compostagem caseira; • Auxílio financeiro para catadores; • Envolver secretarias do município na inserção dos catadores no mercado de trabalho.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

As cidades de Ouricuri e Bodocó que fazem parte do APL gesseiro não foram citadas na Tabela 5 por não possuírem informações oficiais acerca do gerenciamento dos resíduos do APL no site dos órgãos municipais, sendo também nulas as suas ações ambientais.

A gestão dos resíduos tem gerado desafios cada vez maiores para a sociedade moderna, especialmente para a administração pública em razão da quantidade e da diversidade de resíduos, do crescimento populacional e do consumo, da expansão de áreas urbanas e da cultura histórica de aplicação de recursos insuficientes para a gestão adequada de resíduos (Neves & Zago, 2023). A gestão de resíduos sólidos em nível municipal torna-se desafiadora quando se depara com a presença do chamado vazio institucional, um fenômeno típico de países de economias emergentes, como o Brasil (Bonjardim *et al.*, 2022).

Os municípios que englobam o APL gesseiro não possuem em seus canais oficiais ações sólidas referentes ao gerenciamento de resíduos e destinação, como também não referenciam em suas ações a gestão dos resíduos da indústria gesseira. O fato torna-se preocupante, quando é levada em consideração a dimensão das extrações em seu APL e a baixa quantidade de políticas públicas alinhadas à PNRS. Ao acessar os canais oficiais das prefeituras e secretarias ficou constatado que apenas um dos secretários de meio ambiente desses municípios possui nível superior,

Figura 10

Cidades inadimplentes para o gerenciamento de resíduos



Fonte: TCE-PE (2022).

Levando em consideração a redução de lixões no Estado de Pernambuco, observa-se que mesmo após incentivos governamentais, as cidades do APL não apresentam boa movimentação para resolução dos problemas relacionados à disposição dos resíduos. Essas informações demonstram a ineficiência das políticas de resíduos sólidos no Brasil, chamando atenção para a necessidade de resolver essa problemática (LOPES & PINTO, 2021).

O TCE-PE (2022) ainda apresenta, como consequência da gestão inadequada de um município quanto aos resíduos por ele gerados outras consequências negativas, como a observância de crimes ambientais, renúncia de receitas, imagem pública dos gestores comprometida e impactos à saúde e meio ambiente. O TCE-PE órgão pontua o Artigo 225 § 3º da Constituição Federal, prevendo que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. Um fator importante citado e previsto no Artigo 14 da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) é que o gestor pode responder por improbidade administrativa ao renunciar ao Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) socioambiental.

O TCE-PE (2022) indica em seu relatório que seria utopia se esperar uma hierarquia da gestão de RS, desde trabalhar com redução da geração à deposição do rejeito. O órgão também pontua que, desde 2012, apresenta ações pedagógicas que esclarecem sobre a PNRS.

O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2014) abordou as potencialidades do APL gessífero, além de tratar dos aspectos gerais do órgão, foram tratadas as possibilidades da implementação de medidas sustentáveis no fluxo produtivo. Como já discutido acima, a informalidade dos postos de trabalho contribui para uma má gestão e a falta de controle dos impactos ambientais negativos, uma vez que não há preocupação das empresas em legalizar os vínculos empregatícios, pouco menos devem se ater a capacitar equipes por vias sustentáveis.

Em um simpósio em que o IPA (2012) participou, foram expostas colocações que destacavam as grandes dificuldades do APL, entre elas a degradação ambiental, que envolve aspectos como poluição do ar e do solo, doenças provocadas pela poluição e impactos sociais negativos ligados à renda dos habitantes. Não foram abordados fatos relacionados ao gerenciamento de resíduos do APL.

Em 2022 o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (CREA-PE) abordou o mercado da mineração em Pernambuco, apresentando o potencial de crescimento e oportunidades. No entanto, foi explicitado que faltam mais investimentos na área e subsídios por parte do Estado.

Ao consultar informações sobre as questões ambientais e resíduos junto ao SINDUSGESSO observam-se 17 pesquisas voltadas ao APL. Entre os estudos podem ser classificados 5 trabalhos que englobam as questões ambientais e resíduos do APL, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6
Pesquisas acadêmicas anexadas no canal oficial do SINDUSGESSO.

Autor	Conclusão
Silva (2009)	Os <i>Eucalyptus</i> constituem uma excelente alternativa energética para a região, bem como podem atenuar o processo de devastação da vegetação nativa pela oferta de volumes de madeira superiores aos da Caatinga em curto espaço de tempo.
Araújo; Martins (2011)	A mineração é, em parte, responsável pela degradação dos recursos naturais na área estudada.
Campello (2011)	Só a vegetação nativa não possui capacidade de suporte para a indústria do gesso e que o uso de florestas de rápido crescimento é uma opção real para suprir essa necessidade e, indiretamente, diminuir a pressão sobre a vegetação nativa da região.
Ribeiro (2011)	Há possibilidade de produção de gesso a partir dos resíduos de gesso de revestimento e de placa e reutilização e comercialização dos resíduos de gesso gerados pela construção civil após o devido tratamento, passando a representar uma alternativa economicamente interessante para os geradores deste tipo de resíduo.
Holanda Junior <i>et al.</i> (2020)	O resíduo do gesso, é uma ótima ferramenta para reaproveitamento em lavouras, visando a diminuição dos custos dos produtores rurais, assim obtendo uma produção mais significativa, e sobretudo visando a sustentabilidade.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A reutilização e comercialização dos resíduos de gesso representam uma alternativa econômica sustentável para os geradores dos resíduos, contribuindo assim para a sustentabilidade na região. O agravamento das questões ambientais, principalmente quando observado o alto consumo da madeira na região é um dos alertas principais para a conversão imediata a novos sistemas energéticos possibilitando a manutenção limpa do APL.

5. Considerações finais

A análise sistemática dos estudos e dados relacionados ao gerenciamento de RS no Polo Gesseiro do Araripe em Pernambuco apresenta uma realidade preocupante. Na região são enfrentados desafios significativos, que incluem impactos ambientais adversos, problemas de saúde pública e a falta de conformidade com regulamentações da PNRS. A ausência de infraestruturas adequadas e de políticas públicas eficazes contribui para a continuidade da má gestão de resíduos e a persistência de lixões, mesmo que estes estejam oficialmente zerados pelo governo do Estado, o que coloca em risco tanto o meio ambiente quanto a qualidade de vida da população.

É imperativo que as autoridades locais, estaduais e nacionais atuem de forma decisiva e harmoniosa. Esse aspecto inclui o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas nacionais e locais robustas que promovam e garantam a gestão sustentável de resíduos, a redução na geração de resíduos e a implementação de tecnologias mais limpas na indústria gesseira. É crucial ter investimentos constantes em infraestruturas adequadas, como a construção de aterros sanitários e instalações de reciclagem na região do APL, bem como promover a conscientização da população e das empresas sobre a importância do descarte responsável e da reciclagem. Somente com esforços coordenados e comprometidos será possível transformar o gerenciamento de resíduos no Polo Gesseiro do Araripe.

É um desafio significativo, mas também uma oportunidade de dar impulso ao desenvolvimento sustentável na região e servir como exemplo para outras indústrias que enfrentam problemas semelhantes em todo o país.

A revisão literária realizada, ao abordar a reutilização de gesso na construção civil e suas implicações ambientais, conclui que o gesso reciclado pode ser uma alternativa sustentável para lidar com resíduos do APL gesseiro. Isso inclui a produção de cerâmica, geopolímeros, tijolos de argila e outros materiais de construção. Logo, a reutilização do gesso é viável e pode atender a padrões de qualidade, contribuindo para a sustentabilidade ambiental na construção civil. Portanto, é possível desenvolver uma nova economia na região do APL, garantindo que a população sertaneja seja envolvida neste novo ciclo, trazendo impactos positivos para a sociedade, economia e meio ambiente. Dentro das muitas medidas referidas, podemos destacar as soluções de construção sustentável e formas de promover a economia circular em relação ao gesso na construção civil.

Informação Suplementar

Autores

Willan do Nascimento Silva – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
willan.nascimento@ufpe.br

Elivania de Araújo Silva – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
elivania.araujo@ufpe.br

Alex de Freitas Pereira – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
alex.freitasp@ufpe.br

Maria Victória Nascimento – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
mariavictoria.nascimento@ufpe.br

Erika Pinto Marinho – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
erika.pmarinho@ufpe.br

Maria Isabela Bello – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil
isabelamcvbello@hotmail.com

Data de submissão: 2023-12-06

Data de aceitação: 2025-04-08

Data de publicação: 2025-06-30

Referências

- Almeida, K. S., Soares, R. A. L. & Matos, J. M. E. (2020). Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: Revisão bibliográfica. *Revista Matéria*, 25(1).
- An, Q., Pan, H., Zhao, Q., Du, S. & Wang, D. (2022). Strength development and microstructure of recycled gypsum-soda residue-GGBS based geopolymer. *Construction and Building Materials*, 331.
- Aquino, M. A., Baliero, T. J., Gomes, A. A. & Faria, M. A. (2013). The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste. *Progress in Industrial Ecology*, 8(3), 205–220.
- Araújo, S. M. S. (2010). Gargalos de desenvolvimento e ações do estado no pólo gesseiro do Araripe-PE. *Mercator*, 9(19).
- Araújo, S. M., & Martins, L. A. M. (2012). A indústria extrativa mineral do pólo gesseiro do Araripe e seus impactos socioambientais. *Revista de Geografia*, 29(1), 91–112.
- Azevedo, A. R. G., Alexandre, J., Marvila, M. T., Xavier, G. C., Monteiro, S. N., & Pedroti, L. G. (2020). Technological and environmental comparative of the processing of primary sludge waste from paper industry for mortar. *Journal of Cleaner Production*, 249.
- Barros, M. A. B., Nunes Neto, A. P. & Vergolino, J. R. (2006). Fatores competitivos da cadeia produtiva do gesso: O caso do pólo do Araripe em Pernambuco. *Anais do XXVI ENEGEP*.
- Batista, M., Caiado, R. G. G., Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Leal Filho, W. & Yparraguirre, I. T. R. (2021). A framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: Barriers and critical factors to developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 312.
- Begliardo, H., Sánchez, M., Panigatti, M. C. & Garrappa, S. (2013). Reuse of recovered construction gypsum plaster: A study based on aptitude requirements of Argentine and Chilean standards. *Revista de la Construcción*, 12(3), 27–35.
- Benedicto, S. C., Santos, R. M., Silva, E. C. & Sugahara, C. R. (2023). Desafios das políticas públicas dos municípios brasileiros em relação à destinação dos resíduos sólidos frente ao objetivo de desenvolvimento sustentável número 6. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, 6(1), 1–13.
- Bonjardim, E. C., Pereira, R. S. P., Palmisano, A. & Kubo, E. K. M. (2022). Gestão municipal de resíduos domiciliares: Um estudo sob a ótica do vazio institucional. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, 11(1), 70–89.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- Brasil. Governo Federal. (2014). *Sumário mineral 2014: Gipsita*. <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/sumarios/gipsita-sumario-mineral-2014#:~:text=A%20China%20continua%20sendo%20o.%2C1%25%20do%20total%20mundial>
- Braungart, M. & McDonough, W. (2014). *Cradle to cradle: Criar e recriar ilimitadamente*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Campello, F. C. B. (2011). *Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: A questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da Região do Araripe – PE*.
- Campos, V. A. F., Silva, V. B., Cardoso, J. S., Brito, P. S., Tuna, C. E. & Silveira, J. L. (2021). A review of waste management in Brazil and Portugal: Waste-to-energy as pathway for sustainable development. *Renewable Energy*, 178, 802–820.
- Carvalho, G. O. (2019). Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: Uma visão contemporânea. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 8(1), 779–792.
- Chaves, G. L. D., Siman, R. B., Ribeiro, G. M. & Chabg, N. (2021). Synergizing environmental, social, and economic sustainability factors for refuse-derived fuel use in cement industry: A case study in Espírito Santo, Brazil. *Journal of*

- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (2002). Resolução nº 307. Ministério do Meio Ambiente (MMA).
- Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (CREA-PE) (2023). *O mercado da mineração em Pernambuco*. <https://creape.org.br/mercado-da-mineracao-em-pernambuco-e-tema-do-crea-convida-desta-terca-feira-1o/>
- Ding, Z., Wang, X. & Zou, P. X. W. (2023). Barriers and countermeasures of construction and demolition waste recycling enterprises under circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 420.
- Erbs, A., Nagalli, A., Carvalho, K. Q., Mymrin, V., Passig, F. H. & Mazer, W. (2018). Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1314–1322.
- Fin, E., Maffessoni, D. & Tramontina, A. C. (2023). Panorama do coprocessamento de resíduos industriais no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, 9(2).
- Geraldo, R. H., Souza, J. D., Campos, S. C., Fernandes, L. F. R. & Camarini, G. (2018). Pressured recycled gypsum plaster and wastes: Characteristics of eco-friendly building components. *Construction and Building Materials*, 191, 136–144.
- Granja, C. V. A., Cavalcante, E. P., Café Filho, H. P., Siqueira, M. S. & Nascimento, W. (2017). Degradação ambiental: Exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 11(36).
- Hamid, N. J. A., Kadir, A. A., Hashar, N. N. H., Pietrusiewicz, P., Nabialek, M., Wnuk, I. & Hashim, A. A. (2021). Influence of gypsum waste utilization on properties and leachability of fired clay brick. *Materials*, 14(11).
- Holanda Junior, L. C. T., Silva, L. M. V. & Gonzaga, G. B. M. (2020). Utilização de gesso proveniente de resíduos da construção civil para aplicação como insumo na agricultura. *Semana de Pesquisa da Unit*.
- Ikkal, K., Hussain, S. & Farooq, A. (2020). Influence of waste gypsum on the microstructural characteristics and strength behavior of unfired mud block. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(10), 8551–8560.
- Infiesta, L. R., Ferreira, C. R. N., Trovó, A. G., Borges, V. L. & Carvalho, S. R. (2019). Design of an industrial solid waste processing line to produce refuse-derived fuel. *Journal of Environmental Management*, 236, 715–719.
- Jucá, J. F. T. (2003). Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. In *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO)*, Porto Alegre.
- Krell, A. J. & Souza, A. B. C. (2020). A sustentabilidade da matriz energética brasileira: O marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 11(2).
- Leopoldino, C. C. L., Barbosa, D. C., Mendonça, F. M., Infante, C. E. D. C. & Nogueira, E. A. T. (2019). Environmental and financial impacts of the implementation of solid waste management in a steel complex: A case study. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(6), 1239–1250.
- Levy, S. M. (2020). Materiais reciclados na construção civil. In G. C. Isaia (Ed.), *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais* (pp. 1633–1665).
- Lima, F. F. (2021). Sustainable regional development. *Desenvolvimento Regional em Debate*, 11, 132–143.
- Lopes, K. F. & Pinto, F. R. (2021). Política nacional de resíduos sólidos. In F. R. Pinto (Org.), *Compêndio amazônico: Noções sobre meio ambiente* (pp. 11–14). Ponta Grossa: Editora Atena.
- Macêdo Filho, G. I., Alfonso, P. & Souza, J. C. (2011). El método por transferencia – una alternativa de explotación sostenible para el Pólo Gesseiro do Araripe – Brasil. *Holos*, 5(27).
- Magalhães, F. M. (2021). Pegada ecológica, ODS 12 e gestão de resíduos. In L. L. Luz (Org.), *Direito ambiental e resíduos sólidos: Perspectiva (inter)nacional transdisciplinar dos 17 ODS da ONU* (pp. 47–52).
- Marian, N. M., Perotti, M., Indelicato, C., Magrini, C., Giorgetti, G. & Capitani, G. (2023). From high-volume industrial waste to new ceramic material: The case of red gypsum muds in the TiO2 industry. *Ceramics International*, 49(10), 15034–15043.
- Mariath, A. K. & Figueiró, P. S. (2018). Sustentabilidade com foco na logística reversa da indústria de tintas e vernizes. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 15(1).
- Neves, L. R. R. & Zago, M. A. S. (2023). O lixo como passivo ambiental e a política nacional de resíduos sólidos: Os potenciais impactos e desafios da cidade de Vitória-ES. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 9(2), 1139–1159.
- Oliveira, R. A., Pinheiro, E. C. N. M. & Santana, S. S. (2022). Utilização de RCD na produção de um concreto sustentável com aplicação em paver: Uma revisão de literatura. *Brazilian Journal of Development*, 8(11), 73723–73745.
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2023). *Os objetivos de desenvolvimento social no Brasil*.
- Padilha, J. L. & Mesquisa, A. L. A. (2022). Waste-to-energy effect in municipal solid waste treatment for small cities in Brazil. *Energy Conversion and Management*, 265.
- Pantini, S., Giurato, M. & Rigamonti, L. (2019). A LCA study to investigate resource-efficient strategies for managing post-consumer gypsum waste in Lombardy region (Italy). *Resources, Conservation and Recycling*, 147, 157–168.
- Prefeitura Municipal de Araripina (2017). Lei nº 2875/2017 para o licenciamento ambiental. <https://www.araripina.pe.gov.br/>
- Prefeitura Municipal de Ipubi (2023). Agência Municipal de Meio Ambiente. <https://www.ipubi.pe.gov.br/secretaria/17//>
- Prefeitura Municipal de Trindade (2023). Secretaria de Meio Ambiente: Cartas de serviços. <https://trindade.pe.gov.br/secretarias/secretaria-de-meio-ambiente>
- Ribeiro, A. S. (2011). *Estudo e otimização do processo de produção de gesso reciclado a partir de resíduos da construção civil*.
- Rocha, K. C. & Wilken, A. A. P. (2020). Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: Revisão bibliográfica. *Revista Geográfica Acadêmica*, 14(1).
- Sá, I. I. S., Galvincto, J. D., Moura, M. S. B. & Sá, I. B. (2011). Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: Revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6.
- Santos, A. C. & Souza, A. B. (2021). Do desenvolvimento (sustentável) à ética ambiental. *Acta Scientiarum*, 43, 1–9.
- Santos, A. J., Araújo, C. R. A. A., Silva, F. L. & Alexandre, L. A. C. (2017). Impactos causados pelos resíduos sólidos do gesso no Polo Gesseiro de Trindade-PE. *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 11(37).
- Santos, R. L., Freire, F. J., Rocha, A. T., Silva, J. A. A., Tavares, J. A., Ferreira, E. G. B. S. & Oliveira, E. C. A. (2015). Elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum.*) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum. *Australian Journal of Crop Science*, 9(11).
- Santos, V. C. V., Silva, J. L. N., Silva, F. J. & Almeida, I. C. S. (2019). Caracterização geomorfológica dos macrocompartimentos de relevo no Nordeste setentrional brasileiro. *Cadernos de Ensino, Ciência & Tecnologia da UECE*, 1, 332–344.
- Silgado, S. S., Valdiviezo, L. C., Domingo, S. G. & Roca, X. (2018). Multi-criteria decision analysis to assess the environmental and economic performance of using recycled gypsum cement and recycled aggregate to produce concrete: The case of Catalonia (Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 120–131.
- Silva Neto, C. M., Carneiro, V. A., Ribeiro, A. C. C., Oliveira, T. M. & Gonçalves, B. B. (2015). Utilização de resíduos de gesso da construção civil para incremento no desenvolvimento de crotalaria retusa. *Brazilian Geographical Journal*, 6(1), 140–155.

- Silva, J. A. A. (2008–2009). Potencialidades de florestas energéticas de Eucalyptus no Polo Gesseiro do Araripe-Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 5–6, 301–319.
- Sindicato das Indústrias do Gesso do Estado de Pernambuco (SINDUSGESSO) (2023). *Dados do setor*. <https://sindusgesso.org.br/dados-do-setor/>
- SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (2023). *Estados e municípios*.
- Yamashita, M., Tanaka, H., Sakai, E. & Tsuchiya, K. (2019). Mineralogical study of high SO₃ clinker produced using waste gypsum board in a cement kiln. *Construction and Building Materials*, 217, 507–517.
- Zhu, C., Zhang, J., Yi, W., Cao, W., Peng, J. & Liu, J. (2018). Research on degradation mechanisms of recycled building gypsum. *Construction and Building Materials*, 173, 540–549.