



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS  
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GABRIEL NAKAHARADA CAMELO

**A PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A CAL**

CARAÚBAS

2024

GABRIEL NAKAHARADA CAMELO

**A PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A CAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Erica Natasche de  
Medeiros Gurgel Pinto.

CARAÚBAS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C181p Camelo, Gabriel Nakaharada.  
A produção da cal no município de Governador Dix-  
Sept Rosado: revisão sistemática sobre a cal /  
Gabriel Nakaharada Camelo. - 2024.  
38 f. : il.

Orientadora: Erica Natasche de Medeiros  
Gurgel Pinto.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e  
Tecnologia, 2024.

1. cal. 2. produção. 3. sustentabilidade. 4.  
construção civil. 5. economia. I. Natasche de  
Medeiros Gurgel Pinto, Erica , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Caraúbas  
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues  
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GABRIEL NAKAHARADA CAMELO

**A PRODUÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO:  
REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A CAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Bacharel em Ciência e  
Tecnologia.

Defendida em: 23 / 10 / 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. (UFERSA)  
Presidente

---

Renata de Oliveira Marinho, Prof. Mrs. (UFERSA)  
Membro Examinador

---

Gustavo Marques Calazans Duarte, Prof. Mrs.  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, quero expressar minha gratidão a Deus. Obrigado por todas as bênçãos que tens derramado sobre mim e por sempre estares ao meu lado nos momentos de alegria e de desafio.

Agradeço à minha família, meu porto seguro, por todo amor, apoio e compreensão. Vocês são a base da minha vida e eu sou eternamente grato por cada um de vocês.

Aos meus amigos, agradeço por estarem sempre presentes, por compartilharem risadas e por tornarem minha vida mais alegre.

Aos meus professores, agradeço por terem me guiado nesta jornada de aprendizado. Sua sabedoria, paciência e dedicação foram fundamentais para o meu crescimento e desenvolvimento. Vocês não apenas me ensinaram lições acadêmicas, mas também lições de vida que levarei comigo para sempre.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto, por ter me guiado nesse desafio.

## RESUMO

Este trabalho apresenta a temática da produção de cal na cidade de Governador Dix-Sept Rosado, focando em aspectos sociais, econômicos e ambientais. O estudo aborda os objetivos de compreender o processo de produção da cal, apresentar suas características físico-químicas e compilar informações econômicas e sociais sobre sua produção na região. Justifica-se pela relevância da cal como material essencial para a construção civil e pelo impacto econômico significativo na região, além da necessidade de discutir práticas mais sustentáveis. Metodologicamente, o trabalho foi conduzido por meio de uma revisão sistemática de literatura, utilizando bases de dados acadêmicas e explorando estudos relacionados ao tema. As conclusões revelam que a produção de cal na região tem um papel crucial no desenvolvimento econômico, mas também enfrenta desafios ambientais, sendo necessária a adoção de medidas mais sustentáveis para minimizar os impactos negativos.

**Palavras-chave:** cal; produção; sustentabilidade; construção civil; economia.

## ABSTRACT

This work presents the theme of lime production in the city of Governador Dix-Sept Rosado, focusing on technical, economic, and environmental aspects. The study addresses the objectives of understanding the lime production process, analyzing its physicochemical characteristics, and compiling economic and social information about its production in the region. It is justified by the relevance of lime as an essential material for civil construction and its significant economic impact in the region, as well as the need to discuss more sustainable practices. Methodologically, the work was conducted through a systematic literature review, using academic databases and exploring studies related to the topic. The conclusions reveal that lime production in the region plays a crucial role in economic development, but also faces environmental challenges, and that more sustainable measures need to be adopted to minimize negative impacts.

**Keywords:** lime; production; sustainability; civil construction; economy.

## **LISTA DE FIGURAS**

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Reservas de calcário do país em toneladas. ....                      | 19 |
| Figura 2: Fluxograma utilizado na metodologia para pesquisa dos trabalhos..... | 22 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Quantidade de trabalhos publicados por ano. ....        | 23 |
| Gráfico 2: Quantidade de cada um dos trabalhos por cada tipo. .... | 23 |

## LISTA DE QUADROS

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Características dos trabalhos. .... | 24 |
|-----------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

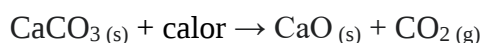
|        |                                                       |    |
|--------|-------------------------------------------------------|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO.....                                       | 12 |
| 2.     | OBJETIVOS.....                                        | 14 |
| 2.1.   | Objetivo geral .....                                  | 14 |
| 2.2.   | Objetivos Específicos .....                           | 14 |
| 3.     | REFERÊNCIAL TEÓRICO.....                              | 15 |
| 3.1.   | Cal.....                                              | 15 |
| 3.2.   | Tipos .....                                           | 15 |
| 3.2.1. | Cal Aérea .....                                       | 15 |
| 3.2.2. | Cal Viva .....                                        | 16 |
| 3.2.3. | Cal Hidratada .....                                   | 16 |
| 3.2.4. | Cal Cálctica.....                                     | 16 |
| 3.2.5. | Cal Dolomítica.....                                   | 16 |
| 3.2.6. | Cal Hidráulica Natural .....                          | 16 |
| 3.2.7. | Cal Hidráulica Natural com Material Adicional.....    | 16 |
| 3.2.8. | Cal hidráulica.....                                   | 16 |
| 3.3.   | Processo de produção.....                             | 17 |
| 3.4.   | Importância da produção para o oeste potiguar .....   | 18 |
| 4.     | METODOLOGIA.....                                      | 21 |
| 5.     | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                           | 23 |
| 5.1.   | Plataformas de pesquisa e seleção dos trabalhos ..... | 23 |
| 5.2.   | Análise comparativa dos trabalhos .....               | 24 |
| 5.3.   | Apresentação dos Trabalhos .....                      | 26 |
| 6.     | CONCLUSÃO.....                                        | 34 |
|        | REFERÊNCIAS .....                                     | 35 |

## 1. INTRODUÇÃO

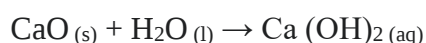
O óxido de cálcio (CaO), também conhecido como cal, é um material de suma importância desde a antiguidade e notório por sua adaptabilidade, tem sido um material crucial na evolução da civilização. Sua presença desde os primórdios das construções, e seu uso persiste até os dias atuais, destacando-se em uma variedade de aplicações. A importância da cal está em sua composição química particular e propriedades físicas distintas, que lhe conferem uma ampla variedade de aplicações.

Segundo a Norma NP EN 459-1:2002, pode-se definir cal como um material abrangendo quaisquer formas físicas e químicas, sob as quais pode aparecer o óxido de cálcio (CaO), o óxido de magnésio (MgO) e ou hidróxidos de cálcio e magnésio ( $Ca(OH)_2$  e  $Mg(OH)_2$ ). De acordo com a referida norma, existem diferentes tipos de cal de construção, os quais seus tipos mais comuns são:

A cal virgem: É uma substância química de textura sólida, obtida por meio de um longo processo de calcinação que a expõe a temperaturas aproximadas de 900° graus Celsius. Fórmula química:



A cal hidratada: Também conhecida como cal extinta, é obtida a partir da adição de água na cal virgem. Fórmula química:



A cal tem aplicação em setores como agricultura, siderurgia, mineração, construção civil, indústria química, além de ser utilizada em processos de tratamento de água, efluentes industriais e resíduos (SILVA, 2023). No entanto, a produção e o uso da cal têm consequências ambientais significativas. A fabricação da cal envolve a extração do calcário e a queima em fornos de altas temperaturas, um processo que consome grande quantidade de energia e emite dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um gás de efeito estufa. Além disso, a mineração de calcário pode causar perda de biodiversidade, perda de habitat, maiores níveis de ruído, emissões de poeira, mudanças nos regimes dos aquíferos e poluição das águas subterrâneas.

Este trabalho em questão está relacionado a produção da cal no município de Governador Dix-Sept Rosado e traz seus pontos positivos e negativos, incluindo sua melhoria. É difícil avaliar com precisão os benefícios e custos da produção de cal na cidade, o que torna

necessário a realização de pesquisas e fornecimentos de informações para uma gestão e planejamento mais eficazes na região. Portanto, devido à sua importância econômica e ambiental, faz-se necessário discutir e investigar a produção de cal. Isto proporcionará uma compreensão abrangente do impacto da indústria na economia e no ambiente local.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Realizar uma revisão sistemática sobre a produção da cal no município de Governador Dix-Sept Rosado.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Compreender o processo de produção da cal.
- Identificar as características da cal de acordo com seu tipo.
- Compilar informações econômicas, sociais e ambientais da produção da cal.

### 3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Cal

A cal é produzida a partir da calcinação de rochas carbonáticas, calcário ou dolomito, a elevadas temperaturas, entre 900 e 1100 °C. Portanto, segundo Bauer (2018) atualmente diversos tipos de fornos são empregados, desde os mais simples até os mais complexos. Os simples no caso de fornos de alvenaria usado em olarias para produzir tijolos, os fornos verticais, ou os fornos rotativos. Os mais complexos são os que exigem maiores investimentos e são utilizados na fabricação de cimento no Brasil.

A cal é um produto químico de extrema importância na indústria. Ela é utilizada em diversas aplicações, desde construção civil até produção de alimentos. Por isso, é fundamental conhecer as propriedades e usos desse composto químico (SILVA, 2023).

As variedades de cal aérea estão classificadas relativamente à sua composição química básica e rendimento em pasta. A depender da composição química, a cal pode se apresentar na forma de cal cálcica e de cal magnesiana (ou dolomítica). A cal cálcica, com no mínimo 75% de CaO, e a magnesiana, com mínimo de 20% de MgO, devendo a soma de CaO com MgO ser superior a 95% em ao todo caso. Os componentes argilosos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  devem somar no máximo 5%. A proporção de resíduos de  $\text{CO}_2$  deve ser menor que 3%, se a amostra é retirada do forno de calcinação, e menor que 10%, se retirada de outro local (BAUER, 2018).

#### 3.2. Tipos

Segundo a Norma NP EN 459-1:2002, a cal pode ser definida como um material que pode apresentar o óxido de cálcio (CaO), o óxido de magnésio (MgO) e ou hidróxidos de cálcio e magnésio ( $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{Mg(OH)}_2$ ). Há diversos tipos de cal, dentre eles os mais comuns são:

##### 3.2.1. Cal Aérea

Cal Aérea: é um ligante formado por óxido de cálcio (CaO) ou, hidróxidos de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), com tendência a endurecer de forma lenta ao ar porque sofre uma reação em contato com o dióxido de carbono. Entretanto, não endurece em contato com água por não haver propriedades hidráulicas. Pode-se tratar de uma cal viva ou apagada (EN 459-1, 2001).

### 3.2.2. Cal Viva

Cal Viva (Q - Quicklime): se apresenta em forma de grãos com tamanho grande e apresenta poros na sua estrutura, ou em pó (BAUER, 2018).

### 3.2.3. Cal Hidratada

Cal Hidratada (S - slaked lime): é a cal aérea, cálcica ou dolomítica, provindos da extinção de cal viva. São produzidas sob a forma de pó seco, em pasta ou em calda (COELHO; TORGAL; JALALI, 2009, p.18).

### 3.2.4. Cal Cálcica

Cal Cálcica (CL): cal formada principalmente por óxido de cálcio ou por hidróxido de cálcio, sem adições de materiais hidráulicos ou pozolânicos (COELHO; TORGAL; JALALI, 2009, p.18).

### 3.2.5. Cal Dolomítica

Cal Dolomítica (DL): cal constituída principalmente por óxido de cálcio e por óxido de magnésio ou por hidróxido de cálcio e por hidróxido de magnésio (COUTINHO, 2002).

### 3.2.6. Cal Hidráulica Natural

Cal Hidráulica Natural (NHL): cal constituída principalmente por hidróxido de cálcio, silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio. A cal hidráulica possui a propriedade de ganhar presa e endurecer debaixo de água (COELHO; TORGAL; JALALI, 2009, p.18).

### 3.2.7. Cal Hidráulica Natural com Material Adicional

Cal Hidráulica Natural com Material Adicional (Z): produto que pode conter materiais pozolânicos ou hidráulicos apropriados, adicionados até 20% em massa (COELHO; TORGAL; JALALI, 2009, p.19).

### 3.2.8. Cal hidráulica

Cal hidráulica (HL): formada por silicatos ( $\text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO}$ ) e aluminatos ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ) que endurecem ao entrar em contato com a água, ou ar e por óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), no mínimo 3%, que continua livre e que vai enrijecer por carbonatação (COUTINHO, 2002).

### 3.3. Processo de produção

A produção de cal envolve várias etapas essenciais que garantem a qualidade do produto final. Entre as etapas estão a mineração do calcário, britagem, calcinação e moagem, com posterior hidratação no caso da cal hidratada. Segundo Rêgo, Carvalho e Leite (2000), o processo de produção de cal é dividido em quatro fases principais: extração da matéria-prima, preparação, calcinação e hidratação. A calcinação é a fase central desse processo, em que o calcário é aquecido em temperaturas que variam entre 900°C e 1200°C, liberando dióxido de carbono e resultando na produção de cal virgem (CaO).

França (2016) discute a importância da eficiência térmica durante a calcinação, especialmente em fornos rotativos com aquecimento indireto. Esse tipo de forno permite maior controle sobre a distribuição do calor, garantindo que a calcinação ocorra de maneira uniforme e eficiente. A simulação desse processo, conforme descrito por França (2016), demonstrou que os fornos rotativos são capazes de otimizar o tempo de residência do material e minimizar perdas térmicas, resultando em uma maior eficiência energética.

Rosa (2019) também enfatiza a importância da escolha adequada de combustíveis para otimizar a produção. Segundo a autora, o uso de combustíveis mais sustentáveis, como a lenha, em substituição a combustíveis fósseis, pode reduzir significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> durante a calcinação. Além disso, a simulação térmica detalhada apresentada por Rosa (2019) revelou que, com a escolha correta dos combustíveis, é possível obter uma economia substancial nos custos operacionais, sem comprometer a qualidade do produto final.

A primeira etapa do processo produtivo, a extração do calcário, pode ser realizada a céu aberto ou em galerias, dependendo das condições geológicas e da localização das jazidas. O calcário extraído passa por um rigoroso processo de seleção e limpeza, de modo a garantir que a rocha tenha as propriedades físicas e químicas necessárias para o processo de calcinação (RêGO; CARVALHO; LEITE, 2000). Após a extração e a limpeza, a rocha é perfurada e fragmentada. A rocha desmontada é então transportada para a britagem primária, onde as pedras são classificadas por peneiras vibratórias para diferentes aplicações.

A calcinação ocorre após a britagem, em fornos que operam em altas temperaturas. A escolha do tipo de forno depende de vários fatores, incluindo o tipo de rocha e os objetivos da produção. Fornos verticais são comumente utilizados no Brasil devido ao seu menor custo de operação, enquanto os fornos rotativos, mais sofisticados e de maior investimento, são amplamente usados na indústria de cimento. Segundo França (2016), os fornos rotativos com

aquecimento indireto, além de permitir maior controle sobre o processo, são mais eficientes na retenção do calor, o que os torna uma opção cada vez mais comum na indústria de cal.

A moagem ocorre após a calcinação, com o objetivo de ajustar a granulometria da cal virgem, tornando-a adequada para diferentes aplicações. Já na produção de cal hidratada, a moagem é seguida pela hidratação, onde os óxidos de cálcio ( $\text{CaO}$ ) ou magnésio ( $\text{MgO}$ ) são transformados em hidróxidos ( $\text{Ca(OH)}_2$  ou  $\text{Mg(OH)}_2$ ) pela adição de água. Este processo é realizado em hidratadores, que podem operar de forma contínua ou por batelada. A cal hidratada é um produto amplamente utilizado na construção civil, sendo comercializada em forma de pó, pasta ou leite de cal (JOHN, 2014).

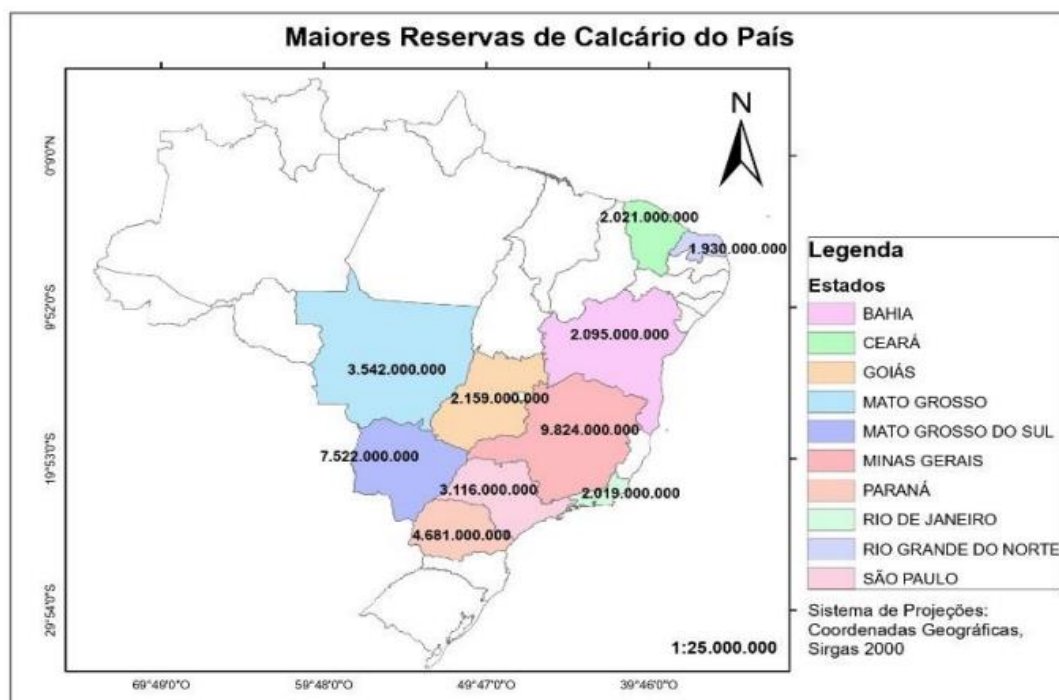
A escolha dos combustíveis e o controle das emissões durante o processo de calcinação são pontos críticos para a eficiência e sustentabilidade da produção de cal. O estudo de Rosa (2019) sobre a análise térmica e econômica da produção de cal enfatiza que a escolha adequada de combustíveis pode reduzir o consumo energético e as emissões de gases poluentes, como o dióxido de carbono. O uso de combustíveis renováveis, como a lenha, representa uma alternativa ambientalmente responsável, além de proporcionar redução nos custos de produção.

Além disso, a importância da sustentabilidade no setor de cal foi discutida por Pinto et al. (2019), que destacam o impacto ambiental do setor de construção civil e a necessidade de encontrar alternativas mais ecológicas. O uso de cal em argamassas à base de materiais vegetais, como a serragem de madeira, mostrou-se promissor para reduzir a dependência de materiais como o cimento Portland. Esse tipo de inovação reforça a importância de práticas sustentáveis em todas as etapas da produção de cal.

### **3.4. Importância da produção para o oeste potiguar**

O Estado do Rio Grande do Norte, no Brasil, destaca-se como um dos principais produtores de calcário, matéria-prima essencial para a produção de cal. De acordo com Meyer, Souza e Monteiro (2019), o Rio Grande do Norte possui a décima maior reserva de calcário do Brasil, com reservas medidas que ultrapassam 1.930 milhões de toneladas. As maiores reservas estão localizadas nos municípios de Baraúna e Mossoró, que juntos somam mais de 1,2 bilhão de toneladas de calcário.

**Figura 1: Reservas de calcário do país em toneladas.**



Fonte: Meyer, Souza e Monteiro (2019).

De acordo com um estudo realizado nos anos 2000, a produção de cal no Rio Grande do Norte naquela época era distribuída em pelo menos 17 municípios, divididos em quatro regiões principais. A primeira região, inclui Governador Dix-Sept Rosado, Apodi, Felipe Guerra e Assu, foram cadastradas 81 unidades produtoras, das quais 45 entraram em operação, produzindo cerca de 4.308 toneladas de cal por mês e empregando 554 trabalhadores (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000). Esta região é a mais importante do estado em termos de produção de cal. Mas, estudos recentes como o de Gomes (2016), aponta que com o passar do tempo houve uma redução do número de caieiras em atividade, chegando a 18 caieiras devido à baixa procura no mercado externo.

O mesmo estudo realizado em 2000 indicou a segunda região composta pelos municípios de Caicó, Jucurutu, São José do Seridó, Jardim do Seridó e São Rafael, sendo a terceira mais importante no estado. Nessa região, foram cadastradas 41 unidades produtoras, com uma produção mensal de 540 toneladas e 193 trabalhadores envolvidos diretamente no processo produtivo (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

A terceira região, que abrange Jandaíra, Pedra Preta, Parazinho, Lajes, Carnaubais e Alto do Rodrigues, é a segunda mais relevante em termos de produção. Com 52 unidades

produtoras cadastradas, sendo 35 ativas, a região produz cerca de 1.928 toneladas de cal por mês e emprega 153 trabalhadores (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

A quarta e última região inclui os municípios de Almino Afonso e Messias Targino. Esta região, embora menor, ainda representa uma parte importante da produção do estado, com 176 toneladas de cal sendo produzidas mensalmente por seis unidades ativas (RÊGO; CARVALHO; LEITE, 2000).

O potencial econômico da produção de cal no Rio Grande do Norte é significativo, tanto para o mercado local quanto para o nacional. O estado é referência no setor mineral do Brasil, contribuindo para o desenvolvimento da economia regional e nacional.

#### 4. METODOLOGIA

Com a intenção de obter informações a respeito do impacto econômico, social e ambiental da produção da cal no município de Governador de Dix-Sept Rosado, foi realizada uma pesquisa exploratória e qualitativa. Exploratória pois o principal objetivo da pesquisa é gerar informações sobre o tema, e qualitativa pois o trabalho busca coletar informações e descrever seus benefícios.

O ponto inicial do trabalho em questão foi traçar um planejamento em etapas de como o mesmo deveria ser realizado, estando elas divididas em:

1. **Etapa 1:** Definir uma base de dados;
2. **Etapa 2:** Definir um escopo para a busca;
3. **Etapa 3:** Selecionar os arquivos que melhor se enquadravam na pesquisa;
4. **Etapa 4:** Fazer uma leitura de cada arquivo;
5. **Etapa 5:** Resumir cada documento encontrado;
6. **Etapa 6:** Informar o que se obteve com o estudo dos documentos analisados.

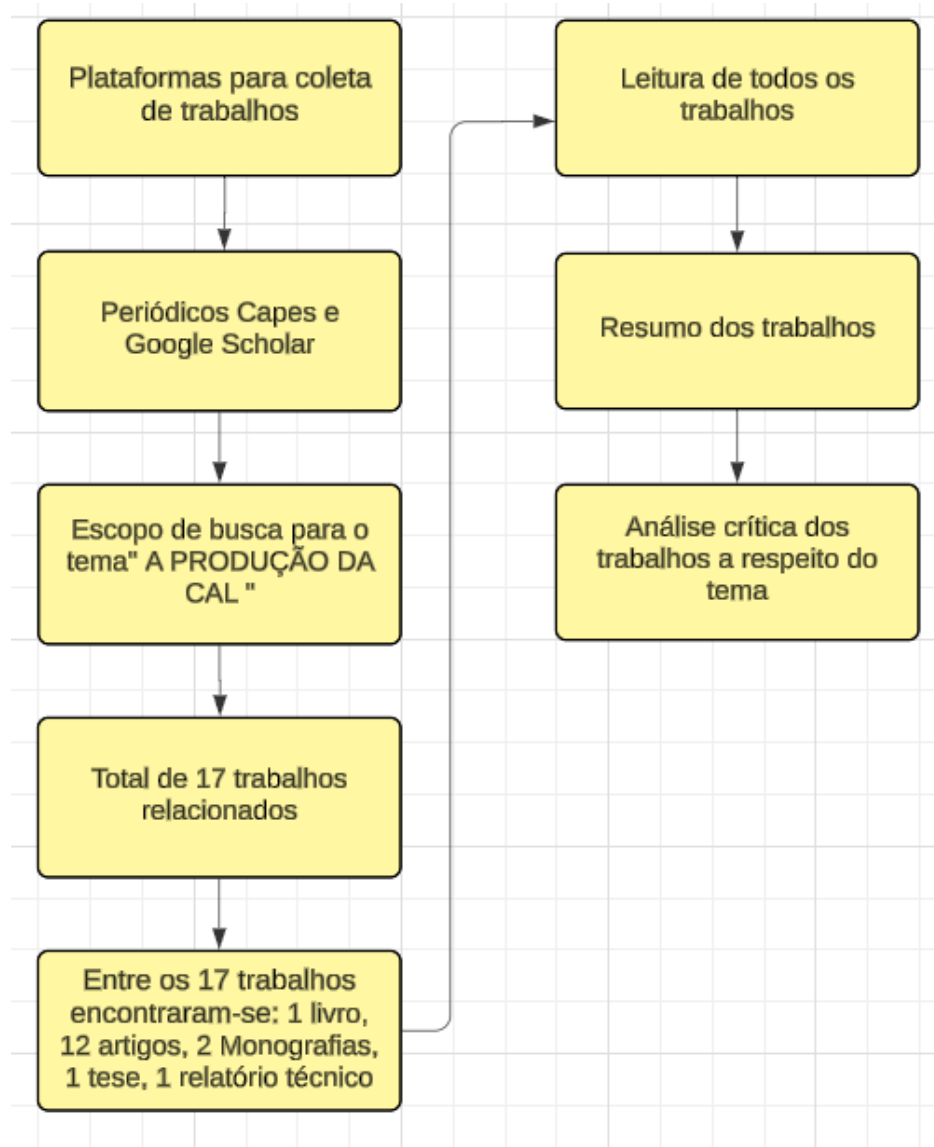
Primeiro foi feita a definição da base de dados para a realização da pesquisa dos trabalhos, a fim de identificar estudos que tratam da produção da cal e de suas características a concordar com a finalidade de uso. Para isso, foi utilizado as plataformas: periódicos capes e google scholar, como fonte de pesquisas. Estes sites são bibliotecas virtuais as quais reúnem e disponibilizam para as instituições de ensino e pesquisa no Brasil diversos trabalhos científicos.

Para iniciar as buscas, foi definido um escopo a qual ficou definido como “A produção da cal” e obteve-se um total de 215 arquivos, entretanto os arquivos também incluíam outras regiões do país, ou estavam em outro idioma como o inglês por exemplo. Então, foi feita uma seleção a dedo dos arquivos que se tratasse da cal na região semiárida e nordeste do País, e de suas características, incluindo as áreas sociais, econômica e ambiental. Foram utilizados trabalhos realizados em cidades do nordeste como complemento para o estudo na cidade de Governado Dix-Sept Rosado, devido a limitação de dados locais. É importante salientar que não foi feita a utilização de filtros para a obtenção de arquivos mais específicos.

Após a seleção dos arquivos obteve-se um total de 17 documentos divididos em um livro, uma tese, um relatório, duas monografias e doze artigos científicos. Feito isto, foi gerado um quadro informativo com os títulos dos trabalhos, anos de publicação e seus respectivos autores. O quadro pode ser observado mais a diante nos resultados deste trabalho.

Em seguida, foi feita uma leitura de todos os documentos encontrados, a fim de obter conhecimento sobre eles e então alcançar os objetivos da realização deste trabalho. Após as leituras, foi elaborado um resumo de cada um dos artigos, livros, monografias, teses e relatórios. E por fim, o mais importante, o que estes arquivos apresentam em comum e como eles apresentam o impacto da cal. A Figura 2 a seguir ilustra o fluxograma utilizado para pesquisa dos trabalhos.

**Figura 2: Fluxograma utilizado na metodologia para pesquisa dos trabalhos.**



Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão mostrados e discutidos os resultados das pesquisas dos trabalhos encontrados, desde a seleção nas plataformas, escolha dos trabalhos, análise dos mesmo e por fim o resumo de cada um tendo em vista a exposição dos assuntos abordados.

### 5.1. Plataformas de pesquisa e seleção dos trabalhos

A partir das plataformas de buscas, da escolha da palavra-chave foi possível encontrar um total de 17 trabalhos disponíveis. Dessa forma foi realizada a leitura de todos os títulos a fim de se obter aqueles que realmente contemplem a proposta do trabalho, no caso “A produção da cal”. O Gráfico 1 ilustra a quantidade de trabalhos publicados por ano.

**Gráfico 1: Quantidade de trabalhos publicados por ano.**

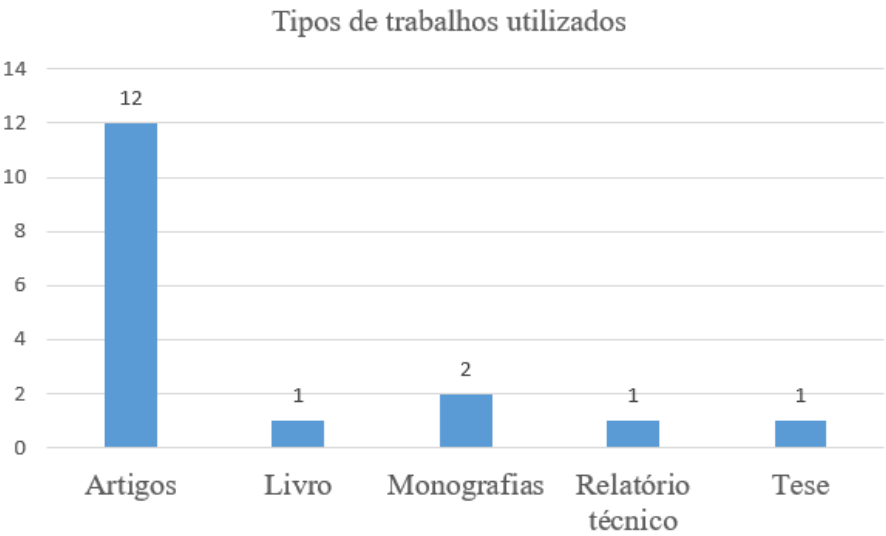


Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

A partir do gráfico observa-se que nos anos de 2014 e 2016 houve o maior número de publicações relativas ao tema proposto. E que os anos seguintes apresentam um equilíbrio em relação ao número de publicações.

Assim, foram separados pelos tipos de trabalhos, os quais poderiam ser, artigo, livro, monografia, tese e relatório técnico. O Gráfico 2 ilustra a quantidade de cada um dos trabalhos por cada tipo.

**Gráfico 2: Quantidade de cada um dos trabalhos por cada tipo.**



Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

A partir do gráfico observa-se que houve o maior número de artigos comparado com os demais tipos de trabalhos, onde foram encontrados doze artigos, um livro, duas monografias, um relatório técnico e uma tese. Sendo assim, partiu-se para a leitura dos trabalhos selecionados.

**5.2. Análise comparativa dos trabalhos**

O Quadro 1 apresenta os 17 trabalhos utilizados. Nela é possível identificar os trabalhos através do título, autores, local de publicação, ano e tipo.

**Quadro 1: Características dos trabalhos.**

| TÍTULO                                                                     | AUTORES                                                                                                             | LOCAL                                                               | ANO  | TIPO   |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|--------|
| Papel socioeconômico do calcário potiguar                                  | Mauro Froes Meyer, Marcondes Mendes de Souza, Flanelson Maciel Monteiro, Yago Lutz Castro Pinto, Isamar Alves de Sá | 20º simpósio de mineração, integrante a ABM Week, São Paulo, Brasil | 2019 | Artigo |
| Análise de riscos do beneficiamento da cal no município de governador Dix- | Iarajane Bezerra Nascimento, Alana Cristina França Costa, Ana Paula Alves Cunha,                                    | Revista tecnologia e informação                                     | 2014 | Artigo |

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                        |                                                                 |            |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| Sept Rosado no estado do Rio grande do Norte                                                                     | Fernanda Negreiros Moura                                                                                                                                               |                                                                 |            |             |
| A indústria da cal no Rio Grande do Norte                                                                        | José Maria do Rêgo, Otacílio Oziel de Carvalho, José Yvan Pereira Leite                                                                                                | Anais do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro – S.P. | 2000       | Artigo      |
| Avaliação da expansão de um solo do município de paulista-PE melhorado com cal                                   | Silvio Romero de Melo Ferreira, Sergio Carvalho de Paiva, Joanderson James Oliveira Moraes, Rafael Bazilio Viana                                                       | Revista matéria, Recife, PE                                     | 2017       | Artigo      |
| Caracterização da exploração da cal, no município de governador Dix-Sept Rosada/RN                               | Fredson Alan Gomes                                                                                                                                                     | Universidade federal rural do semi-árido, Caraúbas, RN          | 2016       | Monografia  |
| O uso do cimento e argamassa de cal na construção civil e riscos prejudiciais a saúde                            | Gabriela Artilha Marcello                                                                                                                                              | Universidade tecnológica federal do Paraná, Londrina, PR        | 2018       | Monografia  |
| Controle de qualidade da cal para argamassas- metodologias alternativas                                          | Paiva, Sérgio Carvalho; Gomes, Eduardo Alves de Oliveira                                                                                                               | Revista Ciências e Tecnologia, Programa - UNICAP                | 2007       | Artigo      |
| Determinação das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da cal hidratada visando uso na construção civil | Walter Rubens Ribeiro Feitosa Batista, Letícia Maria Macêdo de Azevedo, Camila Gonçalves Luz Nunes, Valter Ferreira de Sousa Neto, Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça | Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências - UFCG      | 2016       | Artigo      |
| Exploração do calcário e sua matriz energética no município de governador Dix-Sept Rosado- RN                    | Raimundo Alberto de Carvalho Queiroz, George Satander Sá Freire                                                                                                        | Revista homem, espaço e tempo - UNIFOR                          | 2009       | Artigo      |
| <b>TÍTULO</b>                                                                                                    | <b>AUTORES</b>                                                                                                                                                         | <b>LOCAL</b>                                                    | <b>ANO</b> | <b>TIPO</b> |
| O uso da cal para a estabilização dos solos utilizados na engenharia                                             | Leandro de Assis Carvalho, Diógenes Costa de Pereira                                                                                                                   | Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento      | 2021       | Artigo      |
| Propriedades geotécnicas de um solo expansivo tratado com cal                                                    | Sergio Carvalho de Paiva, Márcia Alves de Assis Lima, Maria da Graça de Vasconcelos Xavier Ferreira, Silvio Romero de Melo Ferreira                                    | Revista matéria - UNICAP                                        | 2016       | Artigo      |

|                                                                                                                              |                                                                  |                                                                                                   |      |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|
| Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland - estudo em pasta                          | Valdecir Angelo Quarcioni                                        | Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil   | 2008 | Tese              |
| Percepção dos caieiros sobre os reflexos socioambientais e na saúde, da atividade produtiva em governador Dix-Sept Rosado-RN | Jacqueline Cunha de Vasconcelos Martins, Rosemary Silva Freitas  | V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - UFERSA                                               | 2014 | Artigo            |
| Cal Hidráulica - Um ligante para a reabilitação                                                                              | Ana Cristina Sequeira, Dina Frade, Paulo Gonçalves               | Secil Martingança, Portugal                                                                       | 2007 | Artigo            |
| Análise química de cal para construção civil por espectrometria de fluorescência de raios X                                  | Sérgio Soares de Lima, Fabiano Ferreira Chotoli                  | Revista IPT, Tecnologia e Inovação                                                                | 2020 | Artigo            |
| A cal na construção                                                                                                          | Ana Zulmira Gomes Coelho, F. Pacheco Torgal, Said Jalali         | Universidade do Minho, Delegación Portugal                                                        | 2009 | Livro             |
| Produção de cal                                                                                                              | Vanderley M. John, Katia R. Garcia Punhagui, Maria Alba Cincotto | Universidade de São Paulo, faculdade de economia, administração e contabilidade de Ribeirão Preto | 2014 | Relatório Técnico |

Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

### 5.3. Apresentação dos Trabalhos

O primeiro artigo estudado foi “PAPEL SOCIOECONÔMICO DO CALCÁRIO POTIGUAR” que ressalta a relevância econômica da cal no estado do Rio Grande do Norte, onde existem grandes reservas, e explora também as várias utilizações do calcário em diferentes indústrias, ressaltando os impactos ambientais causados pela sua extração, processo de tratamento, aplicabilidade, extração e beneficiamento, as indústrias envolvidas, e a

contribuição da produção para o desenvolvimento local, em termos de emprego e infraestrutura.

O segundo artigo “ANÁLISE DE RISCOS DO BENEFICIAMENTO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE” identifica e avalia ao longo do seu texto os riscos físicos presentes durante o processo de produção da cal, com foco nas atividades desenvolvidas no município de Governador Dix-Sept Rosado, localizado no interior do Rio Grande do Norte e conhecida na região como uma das principais cidades produtoras de cal do estado. Por meio de uma Análise Preliminar de Riscos (APR) que compreende a definição dos objetivos e do propósito da pesquisa, define as fronteiras do processo discutido, coleta de dados em campo e os perigos envolvidos. O artigo mostra que dentre os riscos encontrados, o calor intenso gerado pelos fornos e o ruído, são os principais fatores que afetam a saúde dos trabalhadores. E ressalta ainda que o gerenciamento dos riscos de forma correta evita acidentes e doenças na indústria de calcificação.

O terceiro artigo “A INDÚSTRIA DE CAL NO RIO GRANDE DO NORTE” traz uma análise acerca da produção de cal no estado, dando ênfase a importância econômica e ambiental que esta propicia a região. A produção da cal se dá por meio da queima de calcário com lenha nativa, processo que resulta na cal virgem ou hidratada, bastante utilizada na construção civil. O estado conta com uma excelente quantidade de matéria-prima de alta qualidade, depósitos de rochas carbonáticas em 17 municípios, divididos em quatro polos de produção, o pólo 1 (Governador Dix-Sept Rosado, Felipe Guerra, Apodi e Assu), o pólo 2 (Caicó, São José do Seridó, Jardim do Seridó, Jucurutu e São Rafael), o pólo 3 (Lajes, Jandaíra, Parazinho, Alto do Rodrigues, Pedra Preta, e Carnaubais), e o pólo 4 (Almino Afonso e Messias Targino). Análises químicas também foram feitas nos calcários e/ou mármore de cada pólo. Mas, é sabido que o uso de lenha como combustível traz impactos ambientais importantes, havendo assim, a necessidade de trazer alternativas sustentáveis, como por exemplo, o gás natural para aumentar a eficiência do processo de produção.

O quarto artigo “AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DE UM SOLO DO MUNICÍPIO DE PAULISTA-PE MELHORADO COM CAL” trata-se da variação no volume do solo seja por expansão ou contração ocorre devido a entrada ou saída de água, que pode causar tensões e afetar diretamente as estruturas das obras de engenharia. Essa mudança depende do tipo de mineral presente nas argilas, visto que nem todos os tipos reagem da mesma forma a medida

ocorre alteração de umidade. A instabilidade volumétrica do solo causada pela variação no teor de água é motivada por diversos fatores, como o tipo de solo, clima e tensão sofrida. É possível encontrar solos expansivos em diversas regiões do Brasil, entre as principais estão as bacias do Recôncavo Baiano, do Paraná e do Rio Grande do Sul. Em Pernambuco também foi estudado solo expansivo de diversos municípios, o que levou a conclusão de que adicionar cal ao solo pode melhorar suas propriedades. Fazer o uso de técnicas para estabilizar o solo e alterar suas características geotécnicas vem se mostrando cada vez mais eficaz. Um dos diversos tipos de tratamentos que vem sendo aplicado para otimizar o caso dos solos expansivos, é a utilização de cal e esse estudo mostra isso. A cal age estabilizando as mudanças no volume do solo. No estado de Pernambuco, existem várias construções presentes em áreas onde o solo é expansivo. Com isso foi realizado um estudo no município de Paulista para analisar como a cal melhora o solo. O resultado das análises mostrou que o solo natural tinha alto índice de expansividade. E a cal quando adicionada, agiu juntando as partículas e reduzindo a plasticidade. A porcentagem utilizada foi de 5% de cal hidratada.

O quinto uma monografia “CARACTERIZAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA CAL NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO/RN” trata-se da exploração da rocha calcária analisando seus impactos ambientais e o mapeamento das jazidas de calcário, no município de Governador Dix-Sept Rosado, Rio Grande do Norte. A região a grande abundância das rochas calcárias, assim torna-se um potencial para extração. A rocha calcária, é transformada em cal, produto de alto valor econômico, usado em diversos setores da construção civil.

O sexto uma monografia “O USO DO CIMENTO E ARGAMASSA DE CAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL E RISCOS PREJUDICIAIS À SAÚDE” trata da análise de um canteiro de obras, as condições de trabalho de onde é aplicado o uso do material cimento e a argamassa de cal hidratada, a sua frequência de uso em cada tipo de serviço da construção civil, diagnóstico e solução de possíveis problemas nocivos à saúde dos colaboradores. Enfatizando a importância do uso de equipamentos de proteção individual, como luvas, máscaras e óculos, para prevenir doenças ocupacionais, além disso acompanhamento técnico e práticas de higiene no local como medidas fundamentais.

O sétimo artigo “CONTROLE DE QUALIDADE DA CAL PARA ARGAMASSAS-METODOLOGIAS ALTERNATIVAS” trata de uma análise de amostras de cal hidratada comercializadas no Recife, pondo em evidência a importância do seu controle de qualidade

para a construção civil. A cal hidratada é bastante utilizada no processo de argamassas para assentamento de blocos e no revestimento de paredes, por ser mais econômica, melhores resultados ambientais e bom desempenho. Mesmo assim, o artigo mostra que muitas marcas de cal não seguem os padrões estabelecidos a respeito da qualidade pela norma técnica. Seis amostras de cal foram verificadas com foco na sua finura, retenção de água, umidade e outros. Todas elas apresentaram algumas características as quais não atendem as normas. Portanto, é necessário que haja um controle da qualidade da cal que inicie na produção até chegar à comercialização, garantindo assim, a segurança e durabilidade nas construções.

O oitavo artigo “DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DA CAL HIDRATADA VISANDO USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL” faz uma caracterização da cal hidratada, com aplicação na construção civil, com ênfase em misturas asfálticas. Ensaio de caracterização física, química e mineralógica foram realizados com destaque na análise granulométrica por vários tipos de análise, desde difração laser, até difração de raios X em busca do seu estado de cominuição, os componentes químicos e as fases mineralógicas. Ao fim do trabalho, com os resultados obtidos foi analisado que a Cal hidratada apresentou uma boa composição química principalmente em misturas asfálticas, bem como mostrou uma ótima composição granulométrica, isso permite que ela seja utilizada em misturas asfálticas favorecendo um bom empacotamento das partículas, bem como reduzindo o número de vazios.

O nono artigo “EXPLORAÇÃO DO CALCÁRIO E SUA MATRIZ ENERGÉTICA NO MUNICÍPIO DE GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO - RN” aborda a exploração rudimentar do calcário e o uso da lenha da vegetação nativa como matriz energética para alimentar fornos de produção de cal na cidade de Governador Dix-Sept Rosado, no Rio Grande do Norte. Atividades estas, que resultam em impactos ambientais, como o desmatamento. Há uma grande quantidade de pessoas envolvidas neste processo que se caracteriza por uma economia baseada na informalidade, isso porque os fornos não são registrados legalmente, e não contribuem para a seguridade social dos que estão envolvidos no processo. A cal é produzida em fornos artesanais, com falta de regulamentação e fiscalização, na parte da exploração do calcário e no consumo da lenha, tornando assim o processo de degradação ambiental ainda maior. Dessa maneira, é necessário a que medidas de controle ambiental sejam adotadas bem como a criação de alternativas econômicas sustentáveis afim de reduzir os impactos socioambientais no município.

O décimo artigo “O USO DA CAL PARA A ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS UTILIZADOS NA ENGENHARIA” trata das propriedades da cal e do seu uso em construções, ele apresenta os resultados de três trabalhos que comprovaram mudanças em diversas características dos solos que contém cal afim de obter a melhor orientação para a estabilização do solo. O trabalho mostra ainda a influência da parte argilosa do solo e sua melhor porcentagem junto a cal para a obtenção de um solo com boa resistência e pouca permeabilidade. Ao fim da análise observou-se que a adição de cal ao solo influencia na fração de argila do solo promovendo melhorias nas propriedades do solo. Seu uso na engenharia pode acarretar redução de custos em transportes especialmente nos locais onde há uma predominância maior de solos finos. Mas, a estabilização de solo com cal é varia de acordo com cada tipo de solo e composição, sendo fundamental que haja o controle da porcentagem utilizada de cal para obter resultados como, melhor trabalhabilidade, um aumento na resistência do solo, um controle de plasticidade, permeabilidade do solo e o efeito cimentante da cal afim de evitar o carreamento de partículas.

O décimo primeiro artigo “PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE UM SOLO EXPANSIVO TRATADO COM CAL” aborda a expansividade do solo e como este se comporta ao ser adicionado cal. Primeiramente, deixando claro o que são as argilas expansivas e como estas se comportam nas obras de infraestrutura ocasionando problemas devido sua mudança de temperatura e umidade. Assim, se faz necessário a estabilização dessas argilas, seja em forma de técnica química ou mecânica. Ensaio foram feitos a fim de investigar o comportamento da cal quando presente em concentrações de 1% a 11% do peso seco com amostra de solo da cidade de Ipojuca no Pernambuco. Ao fim da análise foi constatado que o solo possui uma expansividade muito alta, ou seja, não é indicado para principalmente construções de pequeno porte. Quando a cal é adicionada o índice de plasticidade do solo reduziu assim como as partículas de aglomeraram. Quando adicionado os 11% o solo não teve expansão livre nem tensão de expansão. O trabalho mostra ainda que a cal foi eficiente quando o objetivo era reduzir o índice de expansão do solo.

O décimo segundo uma tese “INFLUÊNCIA DA CAL HIDRATADA NAS IDADES INICIAIS DA HIDRATAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND – ESTUDO EM PASTA” o estudo em pasta realizado teve como foco a interação cimento-cal visando identificar os fenômenos químicos e físicos relevantes que se sucedem à adição de água ao sistema. O uso da cal nas argamassas mistas de acabamento tem sido associado positivamente apenas à plasticidade no estado fresco e à sua deformabilidade no estado endurecido. Maiores

informações são necessárias sobre a ação da cal na evolução das propriedades da argamassa no estado fresco, vinculadas à hidratação do cimento. Este conhecimento é importante para o desenvolvimento de formulações que atendem ao desempenho desejado em diferentes aplicações. O entendimento do mecanismo de hidratação do cimento em presença da cal constitui uma plataforma para estudos de adições minerais ativos ao clínquer, com adição de cal hidratada como fonte externa de cálcio, na produção de novos materiais cimentícios sustentáveis.

O décimo terceiro artigo “PERCEPÇÃO DOS CAIEIROS SOBRE OS REFLEXOS SOCIOAMBIENTAIS E NA SAÚDE, DA ATIVIDADE PRODUTIVA EM GOVERNADOR DIX-SEPT ROSADO-RN” o tem como objetivo verificar a percepção dos trabalhadores da indústria da cal sobre os reflexos socioambientais da atividade no município de Governador Dix-Sept Rosado, no Rio grande do Norte. Foram aplicados questionários semi-estruturados, visitas in loco e registro fotográfico. A mão de obra é predominantemente masculina, com baixo grau de escolaridade e renda familiar baixa. Por falta de opções há dependência econômica da atividade na cidade. O município de Governador Dix-Sept Rosado lidera o maior pólo produtor de produção da cal no estado. Entretanto, a cidade apresenta características socioeconômicas que favorecem o desenvolvimento da atividade de maneira rudimentar e degradante, como o predomínio da informalidade, a extração da matéria prima em áreas irregulares utilizando explosivos, a devastação da caatinga para utilização como fonte energética, além da liberação de poluentes atmosféricos e das condições laborais insalubres. Assim, propõe-se que sejam adotadas medidas mitigadoras desses impactos. Dentre as possíveis: retirada da atividade da zona urbana, para minimizar os impactos na saúde da população; desenvolvimento de um programa de Educação Ambiental com os trabalhadores, os proprietários dos fornos e a população acerca dessa atividade tamanha importância econômica para a cidade, possibilitando a otimização dos impactos positivos; fiscalização do poder público; e, a criação de uma associação dos caieiros, para buscarem formas socioambientais e econômicas viáveis da produção, possibilitando ainda a organização da classe trabalhadora por melhores condições de trabalho.

O décimo quarto artigo “CAL HIDRÁULICA – UM LIGANTE PARA REABILITAÇÃO” apresenta um estudo sobre a caracterização da ligante cal hidráulica natural, selecionou-se a cal hidráulica como ligante principal na formulação de uma argamassa para uma aplicação específica de reabilitação, fechamento de juntas de alvenarias antigas, uma operação não estrutural. Os agregados foram criteriosamente selecionados e

construído uma curva granulométrica otimizada tendo em vista a trabalhabilidade, aplicação e durabilidade da argamassa. Incluindo ensaios químicos e físicos demonstrando a compatibilidade da argamassa com os diversos tipos de elementos pétreos constituintes dos suportes desta natureza, ilustrado com aplicações práticas em obra. Por fim, destaca a importância da cal hidráulica natural em várias áreas, como reboco, argamassas para elevação de alvenaria e estabilização de solos. Sugere-se mais estudos sejam feitos para otimizar as formulações, incluindo ligantes sintéticos.

O décimo quinto artigo “ANÁLISE QUÍMICA DE CAL PARA CONSTRUÇÃO CIVIL POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X” discute a respeito das análises químicas de amostras de cal hidratada, onde fazem parte da rotina de ensaios no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IPT, realizados conforme a norma NBR 6473. Onde normalmente para a caracterização química completa de uma única amostra de cal, cerca de 30 horas de trabalho de um técnico de laboratório é requerido. Com o objetivo de reduzir o tempo de análise e dar subsídios para o meio técnico para tomada de decisão, o Laboratório de Materiais de Construção Civil buscou a metodologia da espectrometria de fluorescência de raios X, como uma alternativa ao método da norma brasileira vigente. Este trabalho apresenta os resultados de análises, realizadas de acordo com a NBR 6473, de diferentes tipos de cal e de testes, os quais confirmam a viabilidade do uso dessa técnica como um método alternativo, propiciando a redução do tempo de análise, a determinação de outros elementos químicos e a eliminação do uso de reagentes químicos.

O décimo sexto livro “A CAL NA CONSTRUÇÃO” como o próprio título já diz, tem foco no uso da cal como material de construção na engenharia civil. O trabalho está dividido em seis capítulos, incluindo sua importância histórica, seus métodos de produção, tipos de cal, onde e como estes podem ser aplicados, os capítulos 5 e 6 trata das propriedades e da durabilidade das argamassas de cal e da importância do uso da cal na reabilitação de edifícios, respectivamente. A cal tem como principais características a durabilidade e a trabalhabilidade, que a torna fundamental quando usada em estruturas que exigem maior resistência ao tempo e agentes externos. No livro constam ainda o processo de fabricação, incluindo a extração do material até o momento em que este passa pela transformação se tornando a cal através da calcinação em fornos. O mesmo, trata ainda das propriedades da cal, como porosidade, plasticidade, resistência à compressão, retenção de água e durabilidade.

O décimo sétimo um relatório técnico “PRODUÇÃO DE CAL” trata da produção de cal e suas implicações ambientais e tecnológicas. Abordando a cadeia produtiva, desde a mineração do calcário, britagem, calcinação, moagem e hidratação. Destacando a importância da cal nos diversos setores, produção de metais ferrosos e não ferrosos, cimento, celulose e papel, química, farmacêutica e higiene pessoal e alimentos, bem como agricultura, silvicultura e piscicultura, construção civil e aplicações de cunho ambiental. Além de propor medidas para reduzir as emissões de  $CO_2$ , considerando mudanças tecnológicas e a substituição de combustíveis.

Após a realização da análise com base nos documentos mencionados no texto, ficou explícito que a cal tem grande impacto nas esferas econômicas, sociais e ambientais dos municípios que a exploram. Em termos sociais apesar de haver uma grande geração de emprego, em determinados locais estes por sua vez são de maneira informal, logo sem contribuição de seguridade social, o que limita a proteção dos trabalhadores em caso de doenças e acidentes. Podendo ainda, a extração do calcário e produção da cal causar danos a saúde física dos trabalhadores e ao meio ambiente, se expostos de forma incorreta a produção, já que sua queima libera ao meio ambiente emissões de dióxido de carbono. Na cidade de Governador Dix-Sept Rosado não acontece algo tão diferente das localidades analisadas resultando na esfera econômica, a geração de emprego de modo informal, mas proporcionando geração de renda para as famílias que residem nas localidades e beneficiando diretamente as empresas e indústrias que trabalham na fabricação da mesma, já que se trata de um material com uma ampla área de aplicação, principalmente por ser muito utilizado na construção civil.

## 6. CONCLUSÃO

Ao fim deste estudo é possível concluir que a produção da cal no município de Governador Dix-Sept Rosado bem como nas demais cidades abrange os impactos socioeconômicos, ambientais e técnicos que está por sua vez gera. Esta é uma atividade fundamental para a construção civil bem como para outras indústrias também, porém há desafios como de sustentabilidade e saúde ocupacional. Portanto, os estudos realizados trazem a urgência de modernização do setor, seja para melhorar a eficiência na produção ou para reduzir o impacto causado ao meio ambiente e da saúde dos trabalhadores.

Os trabalhos analisados mostram que para a produção de uma cal mais eficiente é fundamental o investimento em métodos de controle de qualidade bem como de um avanço nas análises químicas. Portanto, esta revisão contribui como alerta para o aprimoramento da produção de cal, destacando seus pontos positivos e negativos a respeito de sua fabricação.

## REFERÊNCIAS

- MARCELLO, Gabriela Artilha. **O uso do cimento e argamassa de cal na construção civil e riscos prejudiciais a saúde**. 2018. 37 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20243/2/LD\\_CEEST\\_VI\\_2018\\_11.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20243/2/LD_CEEST_VI_2018_11.pdf). Acesso em: 25 jul. 2024.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção: novos materiais para construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2018. 488 p.
- COELHO, Ana Zulmira Gomes; TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **A cal na construção**. Portugal: Guimarães, 2009.
- COUTINHO, Joana Sousa. CAL AÉREA E CAL HIDRÁULICA. In: COUTINHO, Joana Sousa. **Ciências de Materiais 2-1a Parte**. Ano 2002. p. 31-43. Disponível em: [https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano1/CienciaDosMateriais/apontamentos/teorica\\_20022003/JS\\_C\\_031a043.pdf](https://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano1/CienciaDosMateriais/apontamentos/teorica_20022003/JS_C_031a043.pdf). Acesso em: 03 maio 2024.
- CUNHA, J.; MARTINS, V.; FREITAS, R. **Percepção dos Caieiros sobre os reflexos socioambientais e na saúde, da atividade produtiva em Governador Dix-sep Rosado-RN**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/XI-086.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2024.
- DE PAULA, D. R. P. et al. **Estudos de argamassas com base em cal hidráulica natural e suas aplicações**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2013.
- FERREIRA, Vânia Ribeiro. **Hidróxido de cálcio**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/hidroxido-de-calcio/>. Acesso em: 03 fev. 2024.
- FERREIRA, Silvio Romero de Melo *et al.* **Avaliação da expansão de um solo do município de Paulista-PE melhorado com cal**. Revista Materia, 2017.

FRANÇA, Ulysses Eugênio Duarte de. **Simulação do processo de calcinação de gipsita em forno rotativo com aquecimento indireto**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

GOMES, Fredson Alan. **Caracterização da exploração da cal, no município de Governador Dix-Sept Rosado/RN**. 2016. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciências e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraubas, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/b1cca92b-29ed-4dbb-9fe2-9d4b648ef000>. Acesso em: 18 out. 2024.

JOHN, Vanderley M. **Produção de cal**. Ribeirão Preto: Ebc, 2014.

LIMA, Sérgio Soares de; CHOTOLI, Fabiano Ferreira. **Análise química de cal para construção civil por espectrometria de fluorescência de raios X**. Revista Ipt Tecnologia e Inovação, 2020.

MARIA; DE, O.; PEREIRA, Y. A Indústria da Cal no Rio Grande do Norte. **44 Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 31 maio 2000.

MEYER, Mauro Froes *et al.* **Papel Socioeconômico do calcário potiguar**. São Paulo: 20º Simpósio de Mineração, 2019, p. 260-268.

NASCIMENTO, Iarajane Bezerra *et al.* **Análise de Riscos do beneficiamento da cal no município de Governador Dix-Sept Rosado no estado do Rio Grande do Norte**. Revista Tecnologia e Informação, 2014.

Norma Portuguesa NP EN 459-1 2011: cal de construção: parte 1 : definições, especificações e critérios de conformidade / Instituto Português da Qualidade ; elab. CT 105 ATIC.

PAIVA, Sergio Carvalho de *et al.* **Propriedades geotécnicas de um solo expansivo tratado com cal**. Recife: Revista Matéria, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/5127/0>. Acesso em: 02 jun. 2024.

PAIVA, Sérgio Carvalho; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira; OLIVEIRA, Romilde Almeida de. **Controle de qualidade da cal para argamassas - metodologias alternativas**. Recife: Revista Ciências & Tecnologia, 2007. 11 p. Disponível em: [http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo8.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo8.pdf). Acesso em: 02 jul. 2024.

PEREIRA, L. et al. **Revista científica multidisciplinar núcleo do uso da cal para a estabilização dos solos utilizados na engenharia.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/2021/06/solos-utilizados-1.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Maria Clara C. et al. Propriedade da argamassa de cal-madeira para aplicação em revestimentos. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 13, p. 145-155, 2019.

BATISTA, Walter Rubens Ribeiro Feitosa *et al.* **Determinação das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da cal hidratada visando uso na construção civil.** Campina Grande: Qq, 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/17943>. Acesso em: 18 maio 2024.

QUARCIONI, Valdecir Angelo. **Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland - estudo em pasta.** 2008. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15092008-153909/>. Acesso em: 17 out. 2024.

QUEIROZ, Prof. Ms. Raimundo Alberto de Carvalho; FREIRE, Prof. Dr. George Satander Sá. **Exploração do calcário e sua matriz energética no município de Governador Dix-Sep Rosado- RN.** Revista Homem, Espaço e Tempo, 2009.

RÊGO, José Maria do; CARVALHO, Otacílio Oziel de; LEITE, José Yvan Pereira. A indústria de cal no Rio Grande do Norte. In: **Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 44., 2000, São Pedro. Anais [...]. São Pedro: Desc, 2000. p. 37801-37812. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/275409647\\_A\\_Industria\\_da\\_Cal\\_no\\_Rio\\_Grande\\_d\\_o\\_Norte](https://www.researchgate.net/publication/275409647_A_Industria_da_Cal_no_Rio_Grande_d_o_Norte). Acesso em: 29 fev. 2024.

ROSA, Flávia Sapper da et al. **Análise térmica e econômica da produção de cal.** 2019.

SEQUEIRA, Ana Cristina; FRADE, Dina; GONÇALVES, Paulo. **Cal Hidráulica – Um ligante para a reabilitação.** 2007. Disponível em: [https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2061\\_07.pdf](https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2061_07.pdf). Acesso em: 25 mar. 2024.

SILVA, João Lucas. **Como a cal é fundamental na indústria?** 2023. Disponível em: <https://www.gecal.com.br/como-a-cal-e-fundamental-na-industria>. Acesso em: 27 fev. 2024.