



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

GERÔNIMO MAGNOS DANTAS

**O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO CAULIM: UMA REFLEXÃO SOBRE OS
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE EQUADOR – RN**

EQUADOR – RN

2022

GERÔNIMO MAGNOS DANTAS

**O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO CAULIM: UMA REFLEXÃO SOBRE OS
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE EQUADOR – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Dra. Ledian Rodrigues
Lopes Ramos Reinaldo

EQUADOR – RN

2022

D192p Dantas, Gerônimo Magnos.

O processo de extração do caulim [manuscrito] : uma reflexão sobre os impactos socioambientais no município de Equador – Rn / Gerônimo Magnos Dantas. - 2022.

29 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação EAD em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, EAD - Campina Grande , 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Lediam Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo , Coordenação do Curso de Geografia - CH."

1. Geografia. 2. Benefícios do Caulim. 3. Mineração do Caulim em Equador – RN. I. Título

21. ed. CDD 910

GERÔNIMO MAGNOS DANTAS

**O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO CAULIM: UMA REFLEXÃO SOBRE OS
IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE EQUADOR – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento do Curso
de Geografia da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciado em
Geografia.

Orientadora: Dra. Ledian Rodrigues
Lopes Ramos Reinaldo

Aprovada em: 01 /12 /2022

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ledian Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profª. Ma. Maria das Graças Ouriques Ramos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Esp. Anderson Felipe Leite dos Santos
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1. A mineração no Brasil	8
2.2. Caulim: conceituação e caracterização	9
2.2.1. Lavra, beneficiamento e utilização industrial do caulim	11
2.3. A extração mineral do Caulim no município de Equador – RN	13
2.3.1. O extrativismo mineral do Caulim no município de Equador	14
3. METODOLOGIA	16
3.1. Caracterização geográfica territorial	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1. Estruturação da mineração do Caulim em Equador – RN	19
4.2. Impactos socioambientais derivados da extração do Caulim em Equador – RN	20
4.3. Medidas de preservação e recuperação ambiental	22
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	26

O PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO CAULIM: UMA REFLEXÃO SOBRE OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE EQUADOR – RN

THE KAOLIN EXTRACTION PROCESS: A REFLECTION ON THE SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE MUNICIPALITY OF EQUADOR – RN

Gerônimo Magnos Dantas *

RESUMO

O Caulim consiste em uma rocha composta por caulinita, possuindo granulometria fina formada por material argiloso e comumente de cor branca ou quase branca, com baixo teor de ferro. Esse é um importante mineral dentro da diversidade de recursos minerais presentes no território brasileiro, possuindo elevada utilização industrial. A extração desse mineral segue procedimentos específicos e seu beneficiamento tanto a seco como a úmido causa impactos de elevada magnitude no meio ambiente. No município de Equador – RN a exploração de caulim segue padrões rudimentares, com consequências diretas tanto nos aspectos naturais, quanto sociais. Diante do exposto, o presente trabalho objetiva analisar através de revisão de literatura quais os principais impactos ambientais e sociais no município de Equador-RN causados pela extração mineral do Caulim, além de discutir sobre a extração desse mineral no município nos últimos dez anos; identificar quais as estratégias apontadas para minimizar os impactos e analisar quais dessas medidas já foram efetivadas. Metodologicamente, trata-se de um artigo de pesquisa bibliográfica, sendo um estudo de caráter exploratório e descritivo com abordagem qualitativa. Concluiu-se que os impactos socioambientais são alarmantes, sentidos no meio ambiente através da vegetação, solo, fauna, flora, ar e hídrica do município, já socialmente é verificado na exploração das relações de trabalho e forças produtivas, nos riscos de vida aos trabalhadores e no comprometimento da saúde da população em geral. Além disso, apontaram-se várias medidas mitigadoras em relação à extração do caulim no município de Equador – RN, mas apesar do recorte temporal de 10 anos não se falou na efetivação de nenhuma delas, o que revela a pertinência, necessidade de estudo e atualidade da temática em questão.

Palavras – chave: Beneficiamento do Caulim. Mineração do Caulim em Equador – RN. Impactos socioambientais da mineração.

* Aluno do Curso de Licenciatura em Geografia EAD pela Universidade Estadual da Paraíba, endereço eletrônico: geronimomimita@gmail.com

ABSTRACT

Kaolin consists of a rock composed of kaolinite, with fine granulometry formed by clayey material and commonly white or almost white, with low iron content. This is an important mineral within the diversity of mineral resources present in Brazil, with high industrial use. The extraction of this mineral follows specific procedures and its processing, both dry and wet, causes impacts of high magnitude on the environment. In the municipality of Ecuador – RN, the exploitation of kaolin follows rudimentary patterns, with direct consequences in both natural and social aspects. The present work aims to analyze, through a literature review, the main environmental and social impacts in the municipality of Ecuador – RN caused by the mineral extraction of Kaolin, in addition to discussing the extraction of kaolin in the municipality in the last ten years; identify which strategies are aimed at minimizing impacts; and analyze which of these measures have already been implemented. Methodologically, it is a bibliographic review article, being an exploratory and descriptive study with a qualitative approach. It is concluded that the socio-environmental impacts are alarming, felt in the environment through the vegetation, soil, fauna, flora, air and water of the municipality. and compromising the health of the general population. In addition, several mitigating measures were pointed out in relation to the extraction of kaolin in the municipality of Ecuador – RN, but despite the time frame of 10 years, none of them was mentioned, which reveals the relevance, need for study and current of the topic in question.

Keywords: Kaolin processing. Kaolin Mining in Ecuador – RN. Social and environmental impacts of mining.

1. INTRODUÇÃO

Segundo aponta Oliveira e Fontgalland (2022) a mineração foi considerada a partir da Conferência Rio + 10, ocorrida em agosto de 2002, como uma atividade primordial para o desenvolvimento econômico e social de muitos países, haja vista a funcionalidade dos recursos minerais na vida moderna.

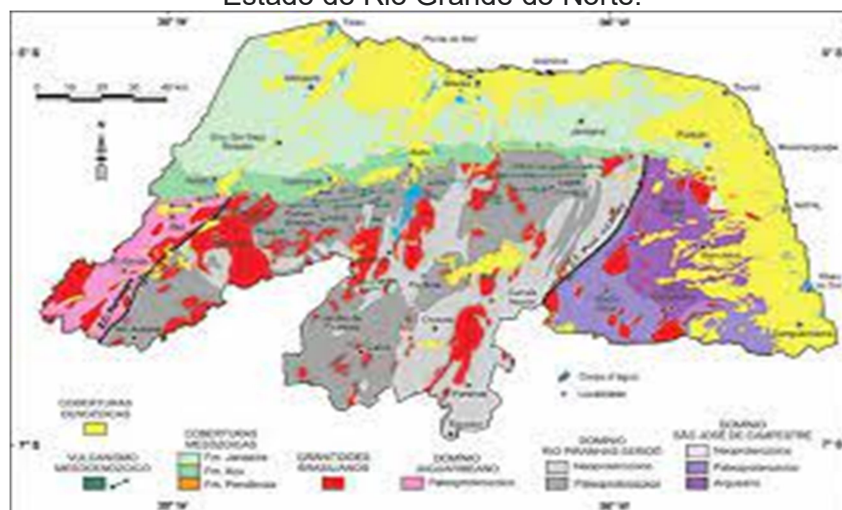
Assim, em contexto de Brasil, é observável a íntima relação deste com a busca e aproveitamento de seus minerais, contribuindo de maneira significativa para produção de insumos na economia nacional, o que influenciou diretamente para a efetivação do setor de mineração como um dos mais importantes do país (LINS, 2000).

O Brasil possui em seus mais de 8,5 milhões de Km² uma ampla diversidade de terrenos e formações geológicas, o que resulta numa imensa variedade de minérios em seu território (PINHEIRO, 2011). Dentre tamanha riqueza mineralógica ganha destaque a extração do caulim, cuja produção insere o país na condição de um dos principais produtores mundiais, tendo intenso aproveitamento industrial, principalmente, na indústria de papel e cerâmica.

O Caulim, segundo apresenta Avelino *et al.* (2012), consiste em uma rocha formada por material argiloso que tem em sua base silicato de alumínio hidratado, cuja composição química aproxima-se de $Al_2O_3 \cdot 2SiO_3 \cdot 2H_2O$, tendo a caulinita e a hialoisita como seus minerais predominantes, possuindo baixo teor de ferro e a coloração branca.

Devido à diversidade geológica do Brasil, o caulim apresenta especificidades de acordo com a região em que se insere (WILSON; SANTOS; SANTOS, 2001), ganhando destaque à região conhecida como a Província Pegmatítica Borborema-Seridó, no nordeste do país, a qual abarca os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, onde se insere o município de Equador/RN, área central do presente estudo (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização do município de Equador no Estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: [https://www.docplayer.com.br/CPRM r](https://www.docplayer.com.br/CPRM_r) (2010).

No município em referência, a mineração do caulim se apresenta como uma das principais fontes de renda da população. O processo de extração e beneficiamento desse mineral possui características artesanais e rudimentares,

onde o caulim é extraído manualmente, sem adequado acompanhamento técnico. Entretanto, a extração pode ocorrer também por meio de máquinas, em ambos os casos os impactos socioambientais são de elevada proporção, trazendo rebatimentos diretos para a paisagem, trabalhadores e para a população do município de forma geral, o que põe a exigência da adoção de medidas capazes de reduzir tamanhas consequências.

Diante do posto, o presente estudo visa analisar com base em trabalhos já realizados, quais os principais impactos ambientais e sociais no município de Equador-RN, causados pela extração mineral do Caulim. No âmbito dos objetivos específicos o mesmo tem a finalidade de discutir sobre a extração do caulim em Equador/RN, considerando os últimos dez anos; identificar quais as estratégias apontadas para minimizar tais impactos e analisar quais dessas medidas já foram efetivadas.

Quanto à metodologia, este consiste em um Artigo de pesquisa bibliográfica, sendo um estudo de caráter exploratório, com abordagem qualitativa. Adotou-se a utilização de bases de dados como Google acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), bibliotecas virtuais de universidades e periódicos da Capes, através da busca pelos descritores empregados, criterizando os artigos pesquisados no recorte temporal de 2012 a 2022.

A relevância do referido estudo consiste na possibilidade deste torna-se uma fonte de pesquisa à comunidade científica e conhecimento por parte da sociedade sobre o panorama das consequências da atividade mineradora do caulim no município de Equador/RN, sem, no entanto, limitar ou criticar tal atividade, reconhecendo sua importância econômica para o município, mas trazendo ênfase em aspectos de melhoria com a adoção de estratégias que podem balizar a atuação do Poder Público local, do setor minerador e da comunidade em geral.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A mineração no Brasil

De acordo com Silva (2017) dado à vasta diversidade de terrenos e formações geológicas existentes no território brasileiro este possui o viés da mineração de forma latente, o que influi diretamente na apresentação de uma enorme variedade de minérios.

Economicamente falando a mineração aparece no Brasil como um dos setores mais básicos do país, trazendo efetiva contribuição na qualidade de vida e no desenvolvimento social, de modo que sua historicidade possui uma relação estreita com a busca e aproveitamento dos recursos minerais enquanto importantes aliados da produção de insumos para a economia nacional (CABRAL, 2007).

Segundo discorre Germani (2002) toda essa importância econômica atual foi perpassada por uma nítida evolução histórica, iniciando com técnicas e ferramentas rudimentares que atendiam tão somente as demandas mais recorrentes da época, tal qual a busca por argila, areia e cascalho para utilização nas construções.

No tocante a extração das rochas essa era bastante limitada e também se inseria no contexto de utilização nas construções, sendo que os primeiros garimpos surgiram em São Paulo, São Vicente e no Vale da Ribeira, espalhando-se posteriormente para Mato Grosso, Minas Gérias e Goiás.

Sobre esse processo de extração rudimentar Germani (2002, p. 5) destaca que:

Os veios que penetravam nas encostas eram perseguidos por galerias perfuradas com ponteiros e malhos e, quando necessário, eram detonados também com pólvoras caseiras. O minério era em seguida carregado igualmente por pás em carrinhos de mão. Os poços verticais ou inclinados, que se faziam necessários para acompanhar as camadas ou veios, eram perfurados da mesma forma, sendo o minério içado em baldes de madeira por sarilhos manuais. O transporte mais longo era feito em carroções por tração animal. As aberturas eram sempre de seções acanhadas, pouco iluminadas, dificultando o trabalho e causando danos à saúde dos operários (a maioria escravos) que nelas trabalhavam. A falta de conhecimento geológico dificultava sobremaneira o trabalho (GERMANI, 2002, p. 5).

Apenas no ano de 1819 a extração de ouro se tornou mais sofisticados com o surgimento da Mina da Passagem, em Mariana, seguindo-se por outras. A partir disso começaram a se expandir as lavras de calcário para indústria cimenteira, bem como as de carvão, de hematitas, e outras pelo Brasil afora (GERMANI, 2002).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2022) apenas a partir do século XX que a realidade da mineração do Brasil sofreu mudanças significativas, visto que a política governamental seguia o eixo da profissionalização, de modo a fomentar incentivos diretos do governo no setor e com isso criando uma base de economia industrial, com destaque a promulgação da Lei nº 6.938 de 1981 que dispunha sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual embasou as atividades minerais no país.

Segundo Almeida (2017, p. 17):

A mineração no Brasil ganhou impulso através da exportação de minérios para fins bélicos, formando acordos e fazendo da industrial mineral seu ponto forte, decorrente da segunda guerra que teve como principal característica a extrema necessidade de armamentos e munições já que se tratou de um conflito armado que prevalecia o mais forte, ou seja, o mais preparado. Assim, países como os Estados Unidos visava o país como seu fornecedor da matéria bruta para ser industrializado e assim servir como munição para o combate de fogo (ALMEIDA, 2017, p. 17).

Nos dias atuais a mineração se constitui como imprescindível base industrial e meio de geração de riqueza no Brasil, sendo de acordo com a Agência Nacional de Mineração uma das principais atividades econômicas do país, com a totalidade de 9.415 minas em funcionamento e ocupação de 0,5% de todo território nacional, o que fomenta mais de 180 mil empregos diretos e milhões indiretos, abarcando 30% do saldo da balança comercial (IBRAM, 2022).

No Brasil só no primeiro trimestre de 2022 a mineração gerou uma arrecadação total de impostos de R\$ 19,4 bilhões, apresentando um faturamento de R\$ 56,2 bilhões através da exportação e utilização industrial de vários minerais, dentre eles o caulim, o qual tem como destinos principais de exportação a Bélgica (33,89%); Canadá (20,23%); Itália (18,25%); Estados Unidos (15,61%); Espanha (5,19%); China (2,36%); Japão (1,51%); Coreia do Sul (0,61%) (IBRAM, 2022).

A seção abaixo discutirá de forma mais ampla sobre o caulim no Brasil.

2.2. Caulim: conceituação e caracterização

A palavra caulim tem sua origem etimológica derivada da palavra chinesa Kauling que significa colina alta e faz referência à localidade onde o material era extraído em maior quantidade, qual seja a colina Jauchau Fu localizada no norte da China.

Contudo, segundo Faria (2019) foi apenas nas proximidades dos anos de 1712 que o termo caulim foi apresentado a sociedade europeia, isso quando o missionário jesuíta Père d'Entrecolles levou uma amostra do minério às autoridades francesas.

Conforme aponta Luz *et al.*, (2005) o termo caulim é utilizado para nomear uma argila branca ou quase branca em referência a rocha que contém caulinita enquanto base de constituição, bem como ao produto do resultado do beneficiamento desta. Luz *et al.*, (2005) ainda cita que o caulim consiste em uma rocha de granulometria fina, formada por material argiloso e comumente de cor branca ou quase branca, com baixo teor de ferro.

A caulinita enquanto um aglomerado de argilominerais se constituiu de uma estrutura de filossilicato, sendo um silicato hidratado de alumínio quem tem em sua representação a fórmula $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$, sendo classificado em grupos, os quais no caso se referem a caulinita, haloisita, nacrita e diquita. Os caulins, por sua vez, são silicatos de alumínio hidratado com composição próxima a $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, além de impurezas como areias, quartzo, palhetas de mica, grãos de feldspato, óxido de ferro e titânio (LUZ; CHAVES, 2000).

Do ponto de vista classificatório Luz e Damasceno (1993) discorrem que a alteração de silicatos de alumínio, especificamente dos feldspatos, pode acarretar em dois tipos de depósitos: o primário e o secundário.

No condizente ao caulim primário esse é resultante da alteração de rochas *in situ*, especialmente as ricas em feldspato como granitos e pegmatitos, subdividindo-se em intemperizados, os quais são comuns em regiões de clima tropical quente e úmido, já que essas condições são favoráveis à decomposição dos feldspatos e de outros aluminossilicatos contidos em rochas metamórficas, granitos, pegmatitos; hidrotermal, onde sua ocorrência da alteração da rocha se dá quando existe circulação de fluidos quentes que são originados no interior da crosta; e solfatara, onde as rochas são mudadas pela ação vulcânica ácidas formadas por vapores de água, ricos em enxofre (LUZ, CHAVES, 2000).

O caulim secundário por sua vez resulta da decomposição de materiais carregados por corrente de água doce, possui a granulometria mais fina dos argilomineirais, além de conter teores mais baixo de quartzo e mica, mas havendo a existência de contaminações com óxidos de ferro e minerais de titânio que acabam podendo alterar a cor branca original. Nesse contexto ainda ocorre à subdivisão nos grupos de caulins sedimentares, os quais tem elevado rendimento em caulinita; areias cauliniticas, que tem baixo rendimento de caulinitas; argilas plásticas, refratárias e silicosas tem em sua constituição caulinita, ilita, matéria orgânica e baixo teor de ferro, com boa utilização na indústria da cerâmica.

Silva (2007, p. 15) pontua algumas das principais características do caulim segundo as propriedades que possui, sendo estas:

É quimicamente inerte em uma grande faixa de pH (3 a 9); é de coloração branca, isto é possui alvura elevada; é macio e pouco abrasivo; tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para as aplicações de carga; é de fácil dispersão; possui baixa condutividade térmica e elétrica; possui compatibilidade com praticamente com todos os adesivos (proteína, caseína), devido a dispersão e inércia química; é um produto de preço competitivo em relação aos materiais alternativos (SILVA, 2007, p. 15).

Segundo Mártires (2009) existe uma abundante reserva mundial de caulim, a qual está distribuída geograficamente de forma ampla. Nesse contexto, quatro

países concentram 95% de aproximadamente 15 bilhões de toneladas, sendo estes: Estados Unidos (53%), Brasil (28%), Ucrânia (7%) e Índia (7%).

Quanto ao Brasil, especificamente, ele se apresenta como um dos grandes produtores mundiais de caulins processados industrialmente, gerando aproximadamente 0,8 milhões de toneladas por ano (WILSON, SANTOS, SANTOS, 2001).

Geologicamente o Brasil tem a predominância de um embasamento precambriano de granitos e migmatitos aliados com quartzitos, gnaisses e rochas calcáreas com idade semelhante, sendo que dado o tamanho e essa diversidade geológica em vários ambientes do Brasil se formaram diversos tipos de caulins, bem como outras argilas formadas pela mistura de haloisita e caulinita (WILSON, SANTOS, SANTOS, 2001).

Quanto às reservas de caulim do Brasil ganham destaque os estados do Amazonas, Pará e Amapá com grande quantitativo de caulim do tipo sedimentar. Já nos demais estados se observa a predominância de caulim do tipo primário que surge do intemperismo de granitos e da alteração de pegmatitos, com destaque a Minas Gerais, Paraíba, São Paulo, Goiás, Paraná e Santa Catarina. (MÁRTIRES, 2009). Embora seja válido salientar que em meio a diversidade geológica dos caulins brasileiros ainda há a existência dos caulins oriundos de rochas vulcânicas e caulins derivados de anortosito (WILSON; SANTOS; SANTOS, 2001).

No que se refere à lavra e ao beneficiamento do caulim observa-se que esse segue um processo específico, sendo sobre o que se discutirá na próxima seção.

2.2.1. Lavra, beneficiamento e utilização industrial do caulim

Luz e Chaves (2000) pontuam que a grande parte das minas de caulim em todo mundo utiliza o método de lavra a céu aberto, tendo em vista que por justificativa financeira o método de lavra subterrânea se torna inviável. Sobre isso, Silva (2007) discorre que a opção pelo método mais adequado é correlacionada com características específicas das jazidas, bem como com os fatores externos sem possibilidade de controle.

A lavra consiste no processo de levar à superfície terrestre o bem mineral do subsolo, para ser tratado ou colocado em condições de utilização pela indústria (SANTOS, 2015). Nesse contexto são realizadas operações para desmontar o mineral, tais como furação e preparação do 'fogo', visando à diminuição do tamanho dos blocos desmontados por meio mecânico ou manual, carregamento e transporte do minério para as unidades de calcinação e os demais procedimentos realizados durante o processo de lavra (ARAÚJO, 2004).

Conforme afirma Mártires (2009) a natureza da lavra de caulim no Brasil se desenvolve a céu aberto, recorrendo a utilização de galerias apenas para pesquisa em alguns depósitos primários, mas havendo casos em que a lavra se faz totalmente mecanizada, como ocorre nas minas de caulim de origem sedimentar nos estados do Amapá e do Pará, ou de forma semimecanizada, em vários estados das regiões Sudeste e Sul que dispõe de caulim primário.

Contudo, a maior parte dos caulins retirados dos pegmatitos da região do Seridó nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, utilizam o método de lavra subterrânea, embora seja conduzido de forma rudimentar (LUZ *et al.*, 2005).

Em sua origem bruta o caulim é extraído contando várias impurezas e por tal não atende as exigências do mercado devido o comprometimento de sua qualidade (LUZ; DAMASCENO, 1993). Dessa forma, se faz necessário o emprego do processo

de beneficiamento que a depender da utilização do produto pode ser através de via seca ou via úmida.

O beneficiamento a seco é melhor voltado para os caulins que já possuem alvura e distribuição granulométrica adequadas e ocorre de maneira mais simples, seguindo as etapas de: Britagem, Secagem, Pulverização e Classificação pneumática.

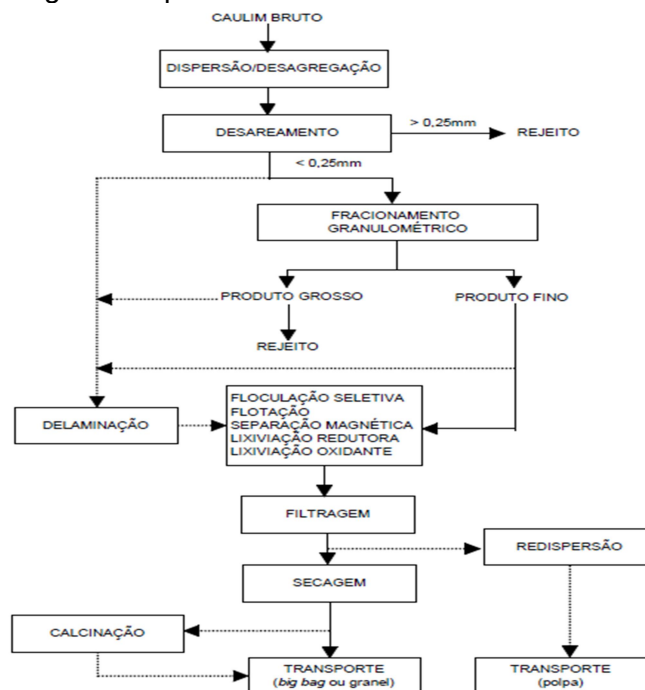
Assim, Luz *et al.*, (2005) indica o processo de beneficiamento a seco ocorre da seguinte forma:

O caulim bruto é inicialmente fragmentado (britador) abaixo de 2,54 cm (1), sendo em seguida conduzido para secagem em secadores rotativos. Após seco, o caulim é pulverizado em moinhos de rolos, para então ser classificado, por tamanho, através de um processo denominado flotação com ar (*air flotation*), onde as partículas mais finas são conduzidas para o topo do aero-separador por uma corrente de ar quente, havendo assim a separação de partículas por tamanho. (LUZ *et al.*, 2005, p.238).

O beneficiamento a úmido, por sua vez, segue as seguintes etapas: Dispersão/desagregação, onde o caulim bruto é transformado em polpa através da adição de água, dispersante químico e reagentes reguladores de pH; Desareamento, que consiste na retirada do material mais grosso após a polpa; classificação; Fracionamento granulométrico através de centrífuga, que consiste na realização de uma nova classificação; Separação magnética de alta intensidade, que visa remover as impurezas prejudiciais a alvura; flotação, que remove as impurezas prejudiciais ao produto; floculação seletiva, que remove as impurezas titaníferas do caulim; lixiviação, que integra o processo de alvejamento; filtragem, que remove o sulfato ferroso da argila e diminuiu a umidade do produto; redispersão, secagem e calcinação, que é empregado em caulins especiais.

A figura 2, abaixo, evidencia melhor tal processo segundo colocado por Luz e Chaves (2000, p. 25).

Figura 2: Diagrama geral simplificado do beneficiamento de caulim via úmido.



Fonte: LUZ e CHAVES, 2000.

No âmbito da utilização do caulim, Mártires (2009) discute que a primeira utilização industrial desse mineral foi há vários séculos, especificamente na fabricação de artigos cerâmicos e de porcelana. De acordo com o citado autor foi apenas no ano de 1920 que o caulim foi empregado na indústria do papel, e, posteriormente na indústria da borracha.

Nesse sentido, a utilização do caulim se depara com um amplo leque de possibilidades, considerando as aplicações industriais em relação a suas características, o que Luz e Damasceno (1993) indica como macio, não abrasivo, inerte, com boa alvura e boa capacidade de cobertura, com baixa condutividade térmica e elétrica.

Assim, na atualidade se pode citar que este mineral tem como seus dois principais usos na indústria de papel e na produção de cerâmica de alta qualidade, entretanto, possui outras infinidades de aplicações tais como: tintas, refratários, cerâmica, catalisadores, louças de mesa, cimento branco, peças sanitárias, pesticida, plástico, adesivos, borracha, cosméticos, vidros, dentre outros.

Tendo em vista a alta qualidade do caulim brasileiro houve um considerável aumento da capacidade industrial instalada no país, onde Japão e Finlândia se apresentam como principais importadores, enquanto a Europa se constituiu como a maior consumidora devido ao expressivo quantitativo de fábricas de papel no território (LUZ et al. 2005).

As reservas de caulim do Brasil são ricas em alvura e pureza, com qualidade inegável para uso industrial e dentro da diversidade geológica desse mineral no país possui especificidades próprias de cada região, com destaque a região nordeste onde os caulins são essencialmente cauliniticos e apesar das dificuldades em relação à água se tem um importante aproveitamento, de modo que qualquer que “tenha sido a origem geológica dos caulins derivados de pegmatitos no Brasil, eles são e continuarão a ser uma importante fonte de matéria-prima para vários segmentos das Indústrias de Processamento Químico” (WILSON; SANTOS; SANTOS, 2001, p. 32).

Na próxima seção discutiremos sobre a mineração do caulim no município de Equador/RN.

2.3. A extração mineral do Caulim no município de Equador – RN

Segundo dispõe Wilson, Santos e Santos (2001) devido à diversidade geológica do caulim no Brasil observam-se vários meios nos quais montagens de caulinita foram formadas, principalmente quando observadas as particularidades as regiões em que se inserem.

Assim, é possível observar diferenças entre os caulins da região Sudeste com os do Nordeste, já que esses últimos possuem granulometria mais fina, lamelares na morfologia do argilomineral constituinte e contém um teor maior de ferro que não diminui sua elevada alvura, sendo constituídos apenas por caulinita em cristais euédricos de perfil hexagonal, onde se destaca a utilização nas indústrias de papel, cerâmicas, tintas e inseticidas (WILSON; SANTOS; SANTOS, 2001).

No contexto do nordeste do Brasil ganha destaque a Província Pegmatítica Borborema-Seridó, nas quais a ocorrência de caulim se relaciona com os pegmatitos graníticos da região e encontram-se principalmente nos municípios de Junco do Seridó, na Paraíba, em Equador e, em menor número Carnaúba dos Dantas e Parelhas, no Estado do Rio Grande do Norte (NESI; CARVALHO, 1999).

Silva e Dantas (1997) colocam que esses pegmatitos normalmente se inserem em rochas metamórficas, podendo conter importantes minerais como a columbita, tantalita, berilo, turmalina, feldspatos potássicos entre outros.

Sobre isso Nesi e Carvalho (1999) ainda discorrem que os pegmatitos caulinizados do Rio Grande do Norte se inserem nos quartzitos da Formação Equador, do Grupo Seridó, ocorrendo em altos topográficos e tendo como principal localização a região de Equador. Os pegmatitos caulinizados são homogêneos e heterogêneos, com espessuras médias inferiores a 20 metros e extensões variáveis da ordem de algumas dezenas ou centenas de metros, podendo, em alguns casos, atingir 600 metros. Abaixo discutiremos a respeito da extração de caulim no município de Equador/RN.

2.3.1. O extrativismo mineral do Caulim no município de Equador – RN

Conforme explica Morais (2018) a mineração no município de Equador/RN tem início por volta dos anos de 1900, primeiro com extração de ouro, água marinha e turmalina Paraíba, sendo posteriormente seguido pela mineração do caulim., inclusive atualmente o município conta com algumas empresas mineradoras em seu território, as quais segundo Santos (2015) tem uma produção média estimada em 50 toneladas semanais por empresa, apesar de que nos meses chuvosos ocorrer uma diminuição da produção.

Santos (2015) ainda afirma que não se pode precisar o número exato de minas de extração de caulim no município de Equador, tendo em vista que algumas pessoas trabalham de forma clandestina nas denominadas “banquetas”, o que não tem um acompanhamento técnico adequado.

Na grande parte dos caulins extraídos dos pegmatitos da região do Seridó, no Estado da Paraíba e Rio Grande do Norte é usualmente utilizado o método de lavra a céu aberto (Figura 3), muito embora haja a ocorrência do método de lavra subterrânea, que por sua vez ocorre de maneira rudimentar (SANTOS, 2015).

Em Equador/RN, especificamente, a lavra do caulim ocorre de forma subterrânea, podendo ser realizada de maneira artesanal ou através de máquinas, já que as minas chegam a uma profundidade de 20 metros, embora em alguns pontos podem chegar a 70 metros (SILVA, 2017).

Figura 3: Galeria a céu aberto para exploração do caulim com o uso de máquinas, localizada no sítio Jacú município de Equador - RN.



Fonte: DANTAS, Gerônimo Magnos (2020).

O município supracitado dispõe de depósitos primários de caulim, denominados intemperizados, sendo associado a outros minerais, como feldspatos e micas, o que exige a efetivação do processo de beneficiamento para que ocorra a devida separação melhor aproveitamento industrial do caulim (SILVA, 2017).

No contexto da extração artesanal do caulim Silva (2017) relata que em Equador/RN a descida na mina pelos garimpeiros é feita através de uma corda presa ao carretel de madeira localizado na entrada da mina, a uma profundidade inicial de 15 a 20 metros, carretel este preso precariamente com um pedaço de galho (Figura 4). A iluminação da mina é feita através de velas espalhadas pela jazida e a escavação é manual ocorrendo através de pás e picaretas. Após o desprendimento da rocha esta é despejada em tambores içados pelos carreteis e posteriormente carregando em um caminha caçamba.

Figura 4: Trabalhadores descendo em banquetas em cordas, uma forma primitiva de descer nos túneis.



Fonte: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte> (2016).

Segundo Moraes (2018) todo processo de extração do caulim ocorre por meio de pessoas que trabalham de forma integrada, geralmente pertencendo o mesmo núcleo familiar.

Essa mesma autora destaca ainda que no citado município houve uma mudança na extração do caulim, onde a extração artesanal deu lugar a mineração mecanizada. Nela as empresas passaram a utilizar o garimpo no subsolo, empregando retroescavadeiras no processo de extração e realizando o beneficiamento do mineral em locais abertos como terrenos baldios, margens de rios, na vegetação e até na parte periférica da cidade, conforme se observa nas figuras abaixo (SILVA, 2017).

Dessa forma, como aponta Santos (2015) ao passo que a mineração se configura como uma importante base do desenvolvimento econômico do município, esse cenário traz uma série de impactos de elevada magnitude, o que segundo reitera Moraes (2018) se dá tanto a nível ambiental, quanto social, trazendo várias consequências nesse meio.

3. METODOLOGIA

O presente estudo possui caráter exploratório, com abordagem qualitativa, tratando-se de uma revisão bibliográfica, a qual é compreendida segundo Gil (2002, p.44), enquanto uma pesquisa desenvolvida com “base em material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos”, objetivando a aproximar o pesquisador com o que já se produziu sobre a temática da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de fontes publicadas em livros, periódicos, publicações governamentais e estatísticas, tanto por meios físicos como eletrônicos, utilizando bases de dados tais como Google acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), bibliotecas virtuais de universidades e periódicos da CAPES, sendo empregados os descritores: Beneficiamento do Caulim; Mineração do Caulim em Equador/RN e impactos socioambientais da mineração. Enquanto critérios de inclusão foram considerados estudos publicados num intervalo de 10 anos, especificamente, de 2012 a 2022 em português, disponíveis de maneira integral e gratuita e que abordassem a temática relacionada à pesquisa. O material foi pesquisado, selecionado e analisado durante os meses de junho a setembro de 2022.

3.1. Caracterização geográfica territorial

O município de Equador está situado no Estado do Rio Grande do Norte, mais especificamente, no território correspondente ao extremo sul do Estado, ou seja, na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental, limitando-se com o Município de Parelhas e Santana do Seridó, no Rio Grande do Norte, e com o Estado da Paraíba. Está demarcado pelos paralelos de 6°30' a 7°00' de latitude Sul e pelos meridianos de 36°45' a 36°30' de longitude Oeste (Figura 5).

Figura 5: Municípios limítrofes de Equador - RN.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Equador> (2019).

O clima do município é de predominância muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono, com temperaturas médias anuais de máxima 33,0 °C e mínima 21,0 °C, sendo que o período chuvoso se estende de fevereiro a junho. A vegetação integra o bioma Caatinga, consistindo na Caatinga Hiper xerófila e na Caatinga Sub desértica do Seridó, ambas de caráter mais seco, se configurando como plantas de porte baixo e ralas, com abundância de cactáceas, a exemplo do pereiro, faveleiro, facheiro, macambira, xique-xique e jurema preta. Devido ao clima e ações humanas o município se insere em área de desertificação com a categoria muito grave (CPRM, 2005).

O relevo do município consiste no Planalto da Borborema, com serras e picos mais altos formados por rochas pré-cambrianas (CPRM, 2005). Já quanto aos solos há a predominância de “Solos Litólicos Eutróficos, nos quais existe uma fertilidade natural elevada, com textura média e arenosa, fase pedregosa e rochosa, relevo forte ondulado e montanhoso, rasos, muito erodidos e fortemente drenados” (CPRM, 2005).

A hidrografia do município tem padrão de drenagem do tipo dendrítico e os cursos d'água com regime intermitente. É marcada quanto as águas superficiais pela bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pelas sub-bacias dos rios Malhada Grande e dos Quintos, sendo os principais açudes de acumulação os do Mamão, Equador e Riacho Verde. Já no referente as águas subterrâneas este se insere Domínio Hidrogeológico Intersticial e no Domínio Hidrogeológicos Fissural, sendo o primeiro composto por rochas sedimentares dos Depósitos Colúvio-eluviais, e o segundo por rochas do embasamento cristalino as quais abarcam rochas metamórficas (CRPM, 2005).

Geologicamente, Equador/RN se situa na Província Pegmatítica da Borborema, constituindo-se dos litotipos do Complexo Serra dos Quintos (PPsq), da formação Equador (NP3s/se) e Seridó (NP3s/se), e dos Depósitos Colúvio-eluviais (NQc) (CPRM, 2005). Segundo Bezerra Júnior e Silva (2007) a faixa seridó abarca os dobramentos de rochas Pré-cambrianas soerguidas em forma de abóbodas, possuindo uma característica maciça, com altitudes que variam entre 50 a 800 metros.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) o município de Equador possui uma abrangência territorial de 264,958 Km², dispendo de uma população de 6.064 habitantes em 2021, com densidade demográfica de 21,97 hab/Km². O município possui o índice de Desenvolvimento Humano de 0,623 (IBGE, 2010).

O município dispõe de uma economia tipicamente rural, com destaque a produção agrícola, pecuarista e extrativista, além de atividades atreladas a gestão pública municipal, mas tem-se o destaque do extrativismo mineral do caulim enquanto uma das principais fontes de renda (MORAIS, 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme realização do processo da presente pesquisa e com a aplicação dos critérios de inclusão, chegou-se ao total de 3.602 artigos relacionados aos descritores utilizados, sendo que após a leitura dos resumos foram escolhidos dez artigos para amostra de análise nessa pesquisa, tendo em vista serem estes que atendiam aos critérios de inclusão e mostravam-se relevantes para o estudo, os quais estão evidenciados no quadro 01, abaixo e dispostos segundo as variáveis de ano, título e periódico.

Quadro 01: Síntese dos principais artigos encontrados segundo a temática pesquisada.

Artigo	Ano	Título	Periódico
01	2015	Impactos ambientais da exploração do Caulim no município de Equador – RN	Sistema de Bibliotecas da UFCG
02	2015	Mineração de caulim no município de Equador – RN Brasil: andragogia e percepção ambiental	Revista Brasileira de Gestão
03	2016	Estudo de caracterização e Beneficiamento de Resíduo de Caulim	IV Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste
04	2017	A Extração do Caulim no Município de Equador – RN: Implicações Ambientais e Sociais	Sistema de Bibliotecas da UFRN
05	2017	Beneficiamento de Caulim na Região do Junco do Seridó – PB e Equador/RN e Classificação de Partículas em Hidrociclone	Sistema de Bibliotecas da UFCG
06	2018	As relações de trabalho na produção de Caulim no município de Equador – RN	Sistema de Bibliotecas da UEPB
07	2019	Panorama ambiental das zonas de mineração de caulim na Formação Equador, nordeste do Brasil	Cadernos de ciência e Tecnologia
08	2020	Avaliação dos impactos socioambientais causados pela mineração de caulim em Municípios do estado da Paraíba e Rio Grande do Norte	Revista Agropecuária científica no semiárido
09	2021	Aproveitamento do caulim e proposta para recuperação da área minerada no Sítio Galo Branco, Equador – RN	Research, Society and Development
10	2022	Condicionantes de preservação ambiental: Estudo de caso do município de Equador – RN	Revista Científica Semana Acadêmica

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Assim, no que se refere ao recorte temporal da pesquisa, considera-se que os artigos a respeito da temática estão atualizados, com ênfase aos anos de 2015 e 2017, os quais apresentaram 20% de publicações, respectivamente, já os anos de 2016, 2018, 2019, 2020 2021 e 2022, expressaram 10% de artigos publicados, sendo cada ano conta com apenas uma publicação referente a temática estudada.

Quanto ao delineamento da pesquisa nos estudos analisados, há uma predominância de abordagem qualitativa, representando 60% do total da amostra, seguida da abordagem quali-quantitativa com 40%, ressaltando que nenhum dos artigos estudados utilizaram, exclusivamente, a abordagem quantitativa. Nesse âmbito, se verifica em maior número estudos descritivos e pesquisas bibliográficas.

No tocante ao meio de publicação, observa-se que 60% dos artigos foram publicados em revistas disponíveis virtualmente, as quais estão inseridas no contexto de estudos geográficos, já 40% das publicações são originárias de eventos acadêmicos (tese, dissertação, monografia e simpósio), estando indexados nas bases de dados consultadas.

No correspondente aos objetivos e conclusões dos estudos apresentados, se tem a grande maioria voltada para como se constitui o caulim em Equador – RN e

como se estrutura o beneficiamento deste, além de trazer apontamentos sobre os impactos socioambientais existentes, apontando medidas capazes de diminuir/amenizar tais impactos.

Nesse contexto, se torna possível estabelecer categorias temáticas que facilitam a discussão e abarcam os objetivos dos artigos selecionados. Essas categorias podem ser conceituadas da seguinte maneira: Estruturação da mineração do Caulim em Equador – RN; Impactos socioambientais derivados da extração do caulim em Equador – RN; Medidas de preservação e recuperação ambiental. Tais categorias serão melhores descritas a seguir.

4.1. Estruturação da mineração do Caulim em Equador – RN

De acordo com Sousa *et al.*, (2021), a extração de caulim na Província Pegmatítica Borborema/Seridó, localizada entre os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba é bastante intensa e dada suas particularidades são consideradas uma das mais importantes do Brasil, tendo sido por isso que vem sendo estudada por vários cientistas e especialistas da área. O citado autor aponta ainda que a mineração do caulim teve início em Equador a partir de 1953, se intensificando com a criação da Reserva Garimpeira o Seridó, que de modo geral, promoveu emprego e renda, minimizando os efeitos da estiagem prolongada na região (SOUSA *et al.*, 2021).

Segundo Santos (2015), a região do Seridó é um dos principais polos de mineração do território potiguar devido à concentração de grandes jazidas minerais, território este no qual se insere o município de Equador – RN, ressaltando que no citado município a mineração do caulim tem destaque à lavra e o beneficiamento feitos de forma bem artesanal, trazendo a exigência de incorporação de novas tecnologias nesse processo.

Para Andrade *et al.*, (2015), no município de Equador – RN existe uma baixa eficiência na mineração causada pela ausência de aplicação de técnicas modernas de aproveitamento dos recursos, o que acarreta em porções de caulim com baixo valor comercial ou com granulometria baixa que exige técnica de recuperação e sofre resistência por parte das empresas.

Lima (2010), corrobora com a discussão afirmando que seguindo a realidade da região Seridó (que compreende os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte), no município de Equador – RN a fabricação do caulim é feita de maneira manual, inicialmente a céu aberto, podendo seguir para a lavra subterrânea, com abertura de poços e galerias, com a predominância do beneficiamento por via úmida já que o caulim do município não possui como características dispor de baixo teor de quartzo, elevado alvura e distribuição granulométrica. O material produzido é vendido principalmente para as indústrias de cerâmicas refratárias e brancas do sul do Brasil.

Assim, segundo Silva (2017), o contexto no qual se insere o município de Equador – RN, por mais que seja um município do interior, o coloca no mapa nacional da exploração mineral, tendo em vista ser o estado do Rio Grande do Norte um tradicional fornecedor de matéria-prima de qualidade inquestionável, o que somado a incentivos governamentais e à localização estratégica são fontes atrativas de vários grupos empresariais.

Morais (2018) afirma que, essa maneira primitiva utilizadas nas minas de caulim de Equador – RN derivam de um processo economicista em explorar esse minério com poucos recursos tecnológicos e mão de obra não qualificada.

Esse cenário culmina mediante, aponta Sousa *et al.*, (2021), na geração de impacto ambiental de alto grau, e isso em vários aspectos, de maneira que grande parte dos artigos estudados apontam para tais, conforme se evidenciará a seguir.

4.2. Impactos socioambientais derivados da extração do Caulim em Equador – RN

Almeida, Vidal e Castro (2016), indicam que o processo de beneficiamento do caulim gera anualmente em torno de 15 mil toneladas de resíduo sem aproveitamento, estimando que cerca de 75% deste é desperdiçado, o que acaba gerando elevado acúmulo de resíduos ao longo de mais de 50 anos.

Lima (2010), por sua vez afirma que o beneficiamento de caulim no município de Equador – RN gera cerca 1100 toneladas ao mês, os quais são lançados de forma inadequada a céu aberto, como mostra a Figura 6, abaixo.

Figura 6: Rejeitos do Caulim depositados no entorno das empresas de beneficiamento.



Fonte: DANTAS, Gerônimo Magnos (2022).

Nesse contexto, Santos (2015), retrata a extração do caulim como causa de impactos ambientais de elevada proporção em Equador – RN, apontando que o impacto visual provocado no meio ambiente é gritante, já que o material extraído se acumula em pilhas de rejeito no entorno das cavas, o que acaba degradando a paisagem já que os aglomerados de caulim depositados em meio à paisagem verde são vistos de longe quando próximo ao município.

Para Almeida e Alves (2020), do ponto de vista do meio ambiente as consequências da mineração do caulim em Equador – RN se expressam na intensificação do desmatamento, desaparecimento de espécies da flora e fauna, diminuição de recursos hídricos e erosão.

Sobre isso Silva (2017), preconiza que as atividades decorrentes da extração do caulim no município de Equador – RN promovem inúmeras modificações socioambientais no território, sendo uma delas referente ao aumento de áreas degradadas devido a retirada da vegetação e abertura de galerias subterrâneas, o que acelera os processos erosivos, contamina os corpos hídricos da terra, promove infertilidade do solo e diminuía a capacidade fotossintética das plantas. Assim,

conforme discorre Nova et al. (2019), o garimpo de caulim no município em referência provoca uma grande perda da biodiversidade por causa da derrubada da vegetação. A Figura 7, mostra os impactos ambientais por uma mina abandonada no município de Equador – RN.

Figura 7: Mina a céu aberto abandonada e alagada pelas chuvas.



Fonte: DANTAS, Gerônimo Magnos (2020).

Santos (2015), indica que para além da vegetação outros fatores são prejudicados com a extração do caulim em Equador – RN, citando a devastação da paisagem natural, a contaminação do solo e da rede hídrica do município, tendo em vista tanto a construção de galerias através da utilização de máquinas e aberturas de banquetas, quanto os depósitos dos rejeitos.

Oliveira e Fontgalland (2022), pontuam que as atividades da mineração do caulim no município estudado deixam as cicatrizes dos rasgos nas serras devido as lavras, além disso as crateras deixadas pelos maquinários não são preenchidas ou aterradas, o desmatamento é elevado devido a retirada de lenha para a queima dos tanques de aquecimento do caulim, e sem nenhum plano de reutilização os rejeitos são jogados de modo aleatório no meio ambiente, os quais dão origem a uma crista branca que impossibilita a existência de qualquer atividade agrícola, sendo este um possível indicador para um processo de desertificação, de modo que tais impactos se revelam negativamente tanto em meio físico, quanto biótico e antrópico.

Ainda segundo Oliveira e Fontgalland (2022), a extração de caulim no município de Equador – RN além disso gera consequências ambientais indiretas, citando o processo da retirada de lenhas para abastecer as fornalhas de caulim, já que depois de beneficiado através de tanques de decantações a goma resultante é prensada e levada para retirar toda a sua umidade, o que ocorre através de fornalhas construídas com essa finalidade.

Sobre tais colocações Silva, Vidal e Pereira (2000), corroboram no sentido de afirmar que a produção de rejeitos derivados do processamento do caulim pode conter além de outros contaminantes, concentração de metais como o Ferro, Alumínio, Zinco e Cádmo, acima do permitido pela legislação, as quais de maneira geral extrapolam os limites da área de trabalho, refletindo diretamente na topografia, sistema hídrico e morfofisiológico do solo, fauna e flora. Além disso, os referidos autores ainda enfatizam que o alumínio tem uma função biológica reduzida, podendo

interferir no metabolismo de diversas formas de vida, a exemplo da vegetação, nos peixes (causando problemas respiratórios) e no homem, visto que a exposição a elevadas concentrações desse metal pode causar vários distúrbios, inclusive perda de memória e surgimento de doenças como o Alzheimer.

Realizando um contraponto a esses aspectos Silva (2017), aponta que embora haja uma importância econômica elevada derivada das atividades de mineração do caulim, para além do aspecto ambiental ela gera impactos sociais gritantes, onde além de por em risco a vida das pessoas que sobrevivem desta atividade devido as condições de insalubridade e periculosidade, ainda rebate diretamente na vida da população em geral, tendo em vista que o processo de mineração a céu aberto libera na atmosfera poeiras contendo resíduos minerais, provocando doenças pulmonares em decorrência da inalação destas, o que se aplica também na mineração de forma subterrânea já que os rejeitos são jogados a céu aberto.

Nesse sentido, Silva (2017), continua discorrendo que com base em estudos no município de Equador – RN foi verificada a ocorrência de vários problemas de saúde relacionados ao contexto acima explicitado, citando a pneumonia como diagnóstico mais frequente, seguido pela broncopneumonia e asma, mas em menor número ainda verificou-se a ocorrência de bronquite, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Edema pulmonar, Insuficiência Respiratória Aguda, Neoplasia pulmonar, Pneumoconiose, Silicose, Tumor pulmonar e Pneumopatia.

Se referindo a esse cenário, mais especificamente aos garimpeiros, Santos (2015) discorre que dada às formas rudimentar de exploração do caulim em Equador/RN estes trabalham em situação precária e muitos não tem se quer conhecimento dos riscos a que estão expostos quanto à questão de saúde.

Para Moraes (2018,) a extração do caulim é um potencial risco a segurança dos trabalhadores, já que com o aumento da profundidade das banquetas há risco de morte eminente devido as altas temperaturas, falta de oxigenação, inalação de resíduos e possibilidade de desabamento da mina, sendo, portanto, observável que a extração de caulim no município de Equador – RN traz impactos socioeconômicos, tais como a alienação do trabalho e manutenção do processo exploratório nas relações de trabalho.

Reforçando o que afirma Santos (2015), quanto a existência de banquetas ilegais em número elevado, Moraes (2018), pontua que tal contexto se associa a queda na produção agrícola devido as longas estiagens, além da carência de empregos em outros setores da economia do município, de modo que esses trabalhadores se veem obrigados a se submeterem a informalidade do trabalho, com condições precárias, jornadas de 4 a 10 horas variadas de acordo com a produção diária, sem dispor de Equipamentos de Proteção Individual, com alimentação muitas vezes inapropriadas feitas na parte externa da mina, e com salários variáveis que dependem de quanto material foi extraído e pode ser vendido.

Todo esse cenário segundo aponta grande parte dos artigos estudados implica na necessidade da adoção de medidas que diminuam tais impactos e que se correlacionem de maneira fidedigna com as legislações de preservação ambiental existentes, sendo o que se observará a seguir.

4.3. Medidas de preservação e recuperação ambiental

Santos (2015), retrata que devido a magnitude dos impactos derivados da extração do caulim há a necessidade da implementação de medidas mitigadoras

que visem solucionar os problemas tanto em meio natural, quanto sociais e culturais, destacando o fato de não haver no município de Equador – RN políticas públicas e gerenciamento ambiental adequadas a atividade, e que a proibição da atividade mineradora na localidade seria inviável e dificultaria a economia municipal, já que esta atividade ocupa cerca de 20 a 50% da mão de obra local.

Assim, uma das primeiras medidas apontadas por Santos (2015) é o acolhimento à legislação ambiental em vigor no tocante a atividade de mineração.

Segundo Almeida e Alves (2020,) a exploração mineral deve corresponder aos requisitos presentes no Licenciamento Ambiental impostos pelos dos órgãos correspondentes, citando o IBAMA, DNPM, SUDEMA E IDEMA, além de necessitar ser bem planejada.

Andrade et al. (2015), afirmam que no Brasil ganha destaque a Política Nacional do Meio Ambiente, além disso afirma que a mineração atende a um conjunto de regulamentações que apresentam co-responsabilidade entre os níveis de gestão Federal, Estadual e Municipal. A legislação ambiental por sua vez está expressa em documentos diversos, citando inicialmente a Constituição Federal de 1988 que traz artigos específicos destinados ao setor mineral, bem como Decretos (Legislativos e de Lei), Instruções normativas, Leis, Medidas Provisórias, Portarias Conjuntas e Interministeriais, dentre outras (ANDRDADE et al., 2015).

Conforma aponta Oliveira e Fontgalland (2022), a partir da década de 80, através do Decreto Federal 97.632/89, as áreas ou paisagens degradadas foram caracterizadas como sendo locais com existência de processos danosos ao meio ambiente, sendo que a possível recuperação destas traz a exigência de um planejamento prévio e eficaz com capacidade de trazer estabilidade ao meio ambiente.

Segundo Santana (2017), dada às consequências ambientais causadas pela mineração de caulim no município de Equador – RN, principalmente devido sua característica ainda muito artesanal, existe a urgente necessidade de inserção de novas tecnologias de lavra e processamento de minérios.

Conforme indica Andrade et al. (2015), o planejamento sistemático por parte dos empresários, seja por iniciativa própria ou por imposição dos órgãos de fiscalização, poderia amenizar a situação os impactos socioambientais, já que todos os processos teriam soluções eficientes e sustentáveis.

Oliveira e Fontgalland (2022), reforçam que independente da regularidade e disposição de resíduos sólidos o impacto ambiental da área minerada exige o emprego de meios reversivos, visando à minimização ou à extinção dos efeitos advindos da degradação, sendo necessário nesse contexto a realização de um diagnóstico ambiental de toda a área degradada, o que possibilitaria o conhecimento sobre a proporção de tais impactos e traçar estratégias de ações mitigadoras para sanar, ao menos parcialmente, essa situação complexa, o que reforça Silva (2017), pode ocorrer com o emprego de geotecnologias, as quais são capazes de direcionar as soluções para as questões ambientais resultantes da produção e das tecnologias atualmente empregadas na lavra e no beneficiamento do Caulim.

Silva (2017), ainda indica a necessidade de se elencar propostas para o desenvolvimento das atividades mineradoras no município de Equador – RN, as quais devem abarcar as condições naturais do semiárido, a minimização dos aspectos ambientais durante o uso da mina, aumentando o tempo de vida desta mina, além de considerar os interesses dos atores diretamente envolvidos nessas atividades.

Sousa *et al.*, (2021), reforçam que a importância da legalização ou a formalização das atividades de extração mineral como importante estratégia de reabilitação ambiental, enfatizando a necessidade de efetivação de ações para a recuperação das áreas degradadas, o que poderia ocorrer com atividades de fertilização e plantio de espécies nativas da região, que permitam a reabilitação da paisagem.

Segundo as colocações de Silva (2017), enquanto uma importante medida mitigadora a utilização do rejeito de caulim da região para fins comerciais, bem como estudos sobre o uso desses rejeitos se torna imprescindível, vez que uma vez comercializados os mesmos não ficariam expostos e minimizariam o impacto ambiental.

Para Nova et al. (2019), outra possibilidade seria a realização do mapeamento das zonas de extração, de modo a ser ter conhecimento e controle sobre o crescimento da mina ou da empresa no local, bem como para monitorar minas clandestinas. Além disso, se deveria investir em equipamentos que possam perfurar as minas sem que haja desperdício dos minerais, como forma de se evitar uma perda tanto do solo quanto da biodiversidade.

No tocante aos aspectos de impactos sociais Silva (2017), salienta a exigência de haver esforços integrados entre o setor público e o privado do município em questão para promover diagnósticos e medidas de prevenção e tratamento das doenças respiratórias no município, com ênfase a saúde do trabalhador, o qual não dispõe de equipamento de proteção e nem de acompanhamento médico adequado quando apresenta sintomas de problema respiratório derivados a atividade mineradora.

Santos (2015), reforça que dada a realidade da mineração em Equador – RN se faz necessário o aperfeiçoamento das técnicas da extração do caulim, inclusive no tocante a oferta de uma melhor condição de trabalho para os garimpeiros, além da promoção de capacitações para melhor compreensão do processo no qual estão diretamente envolvidos enquanto coparticipes.

Assim, conforme discorre Moraes (2018), a implementação de políticas públicas, principalmente a nível municipal, é indispensável para a minimização dos impactos ambientais e sociais, onde exista maior fiscalização quanto aos danos a natureza, além da criação de leis mais rigorosas que efetivem direitos trabalhistas, regulamente e faça cumprir os paradigmas de segurança do trabalho e as reduzam as consequências ambientais que a extração de caulim traz ao município de Equador/RN.

5. CONCLUSÃO

Mediante a discussão da temática central do presente estudo, qual seja a análise dos principais impactos ambientais e sociais causados pela extração mineral do Caulim no município de Equador – RN, bem como quais as estratégias apontadas para minimizar tais impactos, com base no aporte teórico disponível sobre o tema considerando o recorte temporal de 10 anos (especificamente de 2012 a 2022) observou-se no processo de estudo no referente aos artigos selecionados que os mesmos apresentavam interligação de conteúdo e trazem reflexões que se complementam quanto a definição e caracterização do caulim, sobre como se dá o processo de extração desse mineral no município em questão e quais as principais consequência socioambientais trazidas por tal processo, elencando ainda medidas mitigadoras aos impactos verificados.

Constatou-se que apesar da aplicação do recorte temporal de dez anos na pesquisa, apenas foram identificados artigos correlacionados a temática de forma direta ou indireta nos últimos sete anos, especificamente a partir de 2015, seguidos de estudos anuais até a presente data que revelam a pertinência, necessidade de estudo e atualidade da temática em questão.

Conforme apontado nos artigos estudados, a mineração do caulim em Equador – RN, apesar da importância econômica para o município, é predominantemente constituída por empreendimentos de pequeno porte, ganhando destaque a clandestinidade, apresentando características rudimentares, com limitada utilização de tecnologias, com mão-de-obra barata e sem qualificação profissional.

Foi observado, ainda, que apesar do predomínio das atividades artesanais, existem no município de Equador, práticas mecanizadas de extrair o caulim, o que ocorre através de máquinas específicas. Contudo, em ambos os casos os impactos socioambientais são alarmantes e sentidos não só pelos atores sociais diretamente relacionados com a mineração, como é o caso dos garimpeiros, mas pela população em geral.

No tocante aos impactos ambientais, houve a unanimidade entre os artigos estudados em apontar a ocorrência de rebatimentos diretos na natureza do município, sendo os principais quanto à vegetação, ao corpo hidrográfico, a modificação da paisagem natural, a fauna e flora, a promoção de infertilidade do solo, a poluição do ar, no desmatamento, no aceleração do processo de desertificação, dentre outros.

Quanto aos aspectos sociais, a pesquisa demonstrou que em Equador as atividades mineradoras do caulim se embasam em um sistema (ainda que invisível e não compreendido pelo atores sociais relacionados a estas) de exploração das relações de trabalho e forças produtivas, onde devido a carência de maiores oportunidades de emprego, os garimpeiros, em sua maioria, são submetidos a informalidade, com condições precárias de trabalho e sem a devida compensação financeira, já que apesar de existirem empresas no município há um número ainda não mapeado com precisão de baquetas clandestinas, que configuram inclusive, risco de vida aos trabalhadores, sendo estes talvez um dos maiores impactos.

Além disso, a interligação dos impactos ambientais e sociais se estendem a população de forma geral, já que a poluição causada pelo processo de extração e beneficiamento do caulim gera resíduos que ao permanecerem expostos são causadores de diversos problemas respiratórios que podem ser sentidos por toda comunidade.

Por fim, observou-se que apesar das várias medidas mitigadoras apontadas no presente estudo, tais como a necessidade de recuperação das áreas degradadas; a realização de diagnóstico para avaliação da degradação ambiental e adoção de estratégias de enfrentamento; o uso de geotecnologias; o reaproveitamento dos resíduos de caulim para fins comerciais; a formalização das atividades mineradoras no município; dentre outras, nenhum dos estudos apontaram nesse intervalo de tempo, a efetivação de tais medidas, tornando-se necessário a ampla divulgação do presente panorama para que o enfrentamento aos danos socioambientais causados por essa atividade sejam urgentes pautas, tanto do setor privado, enquanto atores diretos desse processo, quanto da gestão pública, com a implementação de políticas públicas capazes de abarcar a problemática e responde-la de forma satisfatória, inclusive com a promoção de consciência socioambiental, o que evidencia a importância do presente estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. de. **Análise socioeconômica e ambiental da extração de caulim no município de Junco do Seridó-PB**. 2017. TCC – Monografia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Paus dos Ferro/RN. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6191/1/AliceCA_MONO.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.

ALMEIDA, A. R.; ALVES, J. B. Avaliação dos impactos socioambientais causados pela mineração de caulim em Municípios do estado da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v.17, n.1, p.205-212, Outubro-Dezembro, 2020. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/viewFile/1300/pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.

ALMEIDA, K. M.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. **Estudo de caracterização e beneficiamento de resíduo de caulim**. In: IV Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste. Anais, 2016, João Pessoa/PB, p. 538 – 546.

ANDRADE, A. L. S; *et al.* Mineração de caulim no município de Equador-RN Brasil: andragogia e percepção ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental GVAA**, Pombal/PB, v. 9 n. 1, p. 27-47, jan-dez, 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/4797>. Acesso em: 01 set. 2022.

ARAÚJO, S. M. S. de. **O Pólo Gesseiro do Araripe: unidades geo-ambientais e impactos da mineração**. 2004. Tese Doutorado em Geociências. Unicamp, Campinas, SP. /disponível em: < <http://www.ipa.br/novo/arquivos/paginas/1-Palestra%20-%209.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2022.

AVELINO, N. da. N. M; *et al.* **Extração do Caulim em Junco do Seridó, Paraíba: análise dos impactos ambientais e da saúde dos trabalhadores**. In: VI CONNEPI. Anais, 2012, Palmas/TO, p. 1 – 6. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4697/1526>. Acesso em: 02 set. 2022.

BEZERRA JÚNIOR, J. G. O.; SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da Microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**. 2007, V.2, p. 78–91.

CABRAL, G. M. **A exploração de caulim no Cabo de Santo Agostinho**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6428>. Acesso em: 30 jun. 2022.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Equador, estado do Rio Grande do Norte**. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha,

Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: < https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16959/1/rel_equador.pdf> Acesso em: 13 jul. 2022.

FARIA, R. A. de. **Beneficiamento e Caracterização do Caulim da Região de Prado (BA)**. 2019. TCC – Monografia. Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7919/1/FARIA%2C%20R.%20A.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

GERMANY, D. J. A mineração no Brasil. **Ciência Tecnologia e Informação**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 1 – 54, mai. 2002. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_no_brasil_rel_final_1023.pdf/8cbe5e98-23c4-4eac-84ba-0b3c4df3b099?version=1.0. Acesso em: 12 jun. 2022.

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

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Banco de dados, 2010. Perfil dos Estados: Área (km²). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/equador.html>. Acesso em: 15 jul. 2022.

IBRAM. Comissão Técnica de Meio Ambiente. **Mineração e Meio Ambiente: impactos previsíveis e formas de controle**. Belo Horizonte: Centro de Documentação em Mineração/CDM, 2022. Disponível em:< <https://ibram.org.br/> > Acesso em: 22 jun. 2022.

LIMA. R. C. O. Diagnóstico dos impactos ambientais decorrentes do beneficiamento de caulim no município de Equador, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.10, n. 02. 2010, p. 91 – 96. Disponível em:< <https://www.redalyc.org/pdf/500/50016922010.pdf>> Acesso em: 05 set. 2002.

LINS, F. A. de F. Histórico da Mineração nos países Latinoamericanos. In: LINS, F. A. Brasil 500 anos – a construção do Brasil e da América Latina: histórico, atualidade e perspectivas. Rio de Janeiro: **CETEM**, 2000. p 25 -44. Disponível em:< <http://memoria-africa.ua.pt/Catalog.aspx?q=AU%20arcoverde,%20walter%20lins>> acesso em: 01 set. 2022.

LUZ, A. B; DAMASCENO, E. C. Caulim: **Um mineral industrial importante**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, Série Tecnologia Mineral. N. 65, Rio de Janeiro, RJ. 1993.

LUZ, A. B. *et al.* Caulim. In: LUZ, A. B.; LINZ, F. A. F. (Eds). **Rochas & Minerais Industriais - Uso e Atribuições**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2005, p. 231-262.

LUZ, Adão Benvindo da; CHAVES, Arthur Pinto Chaves. **Tecnologia do Caulim: ênfase na indústria de papel**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000.

MÁRTIRES, R. A. C. **Caulim**. IBRAM, Brasil, p. 474- 483, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/6-2-caulim>. Acesso em: 27 ago. 2022.

MORAIS, J. de. **As relações de trabalho na produção de caulim no município de Equador-RN. Trabalho de conclusão de curso.** Monografia. 2018. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Campina Grande. 43 p. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/17802/1/PDF%20-%20Jos%C3%A9%20de%20Morais.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022

NESI, J. R.; CARVALHO, V. G. D. **Minerais industriais do Estado do Rio Grande do Norte.** CPRM. Recife. 1999.187p. disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/8433/1/2674.pdf> Acesso em: 15 ago 2022.

NOVA, J. S. S.V., et al. Panorama Ambiental das Zonas de Mineração de Caulim na Formação Equador, Nordeste Do Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia.** v.1, n.3, p. 249 – 256, Jul/Dez 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/CCiT/article/view/2033>. Acesso em: 03 set. 2022.

OLIVEIRA, Z. D.; FONTGALLAND, I.L. Condicionantes de preservação ambiental: estudo de caso do município de Equador/RN. **Revista Científica Semana Acadêmica.** Fortaleza-CE, 216 ed. V.10, p. 1 – 14, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358609097_CONDICIONANTES_DE_PRESERVACAO_AMBIENTAL_ESTUDO_DE_CASO_DO_MUNICIPIO_DE_EQUADOR_RN. Acesso em: 10 set. 2022.

PINHEIRO, J. C. de. F. A Importância Econômica da Mineração no Brasil. **DIPLAM-DNPM,** Brasil: 2011. Disponível em: http://www.mdic.gov.br/sistemas_web/renai/public/arquivo/arq1314392332.pdf Acesso em: 25 ago. 2022.

SANTANA, V. L. **Beneficiamento de caulim na região do Junco do Seridó/PB e Equador/RN através da classificação de partículas em hidrociclones.** 2017. 95p. Dissertação (Mestrado em Exploração Petrolífera e Mineral). Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. Campina Grande, PB. 2017. Disponível em <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/1321>. Acesso em: 04 jul. 2022.

SANTOS, C. A.; **Impactos ambientais da exploração do caulim no município de Equador – RN.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, aprovado em 18 de março de 2015. Pag: 28. Campina Grande – PB, 2015. Disponível: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/22584>. Acesso em: 17 jun. 2022.

SILVA, A. C. da; VIDAL, M; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola Minas,** v. 54, p. 250 – 271, Ju. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/BhDY5L7mHb7J3STpqp89sfp/?lang=pt>. Acesso em: 11 jul. 2022.

SILVA, F. A. N. G. **Estudos de caracterização tecnológica e beneficiamento do caulim da região Borborema-Seridó (RN).** 2007. Dissertação-Estudos de

Caracterização Tecnológica e Beneficiamento. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio De Janeiro, RJ. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228452143_estudos_de_beneficiamento_e_caracterizacao_do_caulim_da_regiao_borborema-serido. Acesso em: 22 ago. 2022.

SILVA, F. L. **A extração do caulim no município de Equador/RN: Implicações ambientais e sociais**. 2017. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, Natal/RN. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/31203/1/ExtracaoCaulimmunicipio_Silva_2017.pdf. Acesso em: 30 ago. 2022.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**. nº 08, novembro/2007, Mensal, Ano I. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3846820-Impactos-ambientais-causados-por-mineracao.html> Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVA, M. R. R.; DANTAS, J. R. A., “Província pegmatítica da BorboremaSeridó, Paraíba e Rio Grande do Norte”. In: DNPM/CPRM (eds) **Principais Depósitos Minerai s do Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, 1997. v. 4-B, p.441-467

SOUSA, A.P.F. et al. Aproveitamento do caulim e proposta para recuperação da área minerada no Sítio Galo Branco, Equador, RN. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. 1 – 12, 2021.

WILSON, I. R; SANTOS, H. de. S; SANTOS, P. de. S. Caulins brasileiros: alguns aspectos da geologia e da mineralogia. **Cerâmica**, v.44, p.287-288, ago. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/YYJnQQJL7G4zK6mjWdkYyHn/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2022.