

EXTRAÇÃO MINERAL DE CAULIM: LEGISLAÇÃO, PROCESSO PRODUTIVO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Kaolin mineral extraction: legislation, production process and environmental impacts

Extracción de Kaolín: legislación, proceso de producción e impactos ambientales



Edmar do Nascimento SILVA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-1674>. URL: <http://lattes.cnpq.br/3855651448901980>
EMAIL: edmarpmpb@gmail.com

Ilton Araújo SOARES – Laboratório de Estudos Costeiros e Áreas Protegidas (LECAP) UERN. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9130-9622>. URL: <http://lattes.cnpq.br/5597018927711691>
EMAIL: iltonet@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo teve como objetivo analisar os aspectos legais e identificar os principais impactos ambientais adversos da atividade mineradora de caulim. A pesquisa foi realizada no município de Junco do Seridó, localizado no estado da Paraíba. Inicialmente, por meio de uma revisão bibliográfica, buscou-se conhecer conceitos importantes relacionados a impactos ambientais. Em seguida foi realizada uma consulta às Leis e Decretos em vigor no Brasil que regem a atividade econômica mineral e comparada com a realidade existente na área de estudo, através de buscas processuais das empresas atuantes no município, realizadas no site da Agência Nacional de Mineração. A pesquisa evidenciou a discrepância entre a rigorosidade da legislação vigente e a realidade existente na exploração mineral de caulim no município de Junco do Seridó, visto que a maioria das empresas não tem licença ambiental. Foram identificados os seguintes impactos ambientais adversos: degradação da paisagem, poluição do ar, erosão e contaminação do solo e redução da biodiversidade local. Em relação ao processo de produção, observaram-se algumas práticas benéficas que estão sendo adotadas pelas empresas, como a substituição dos fornos de lenha pelos secadores a céu aberto e o reaproveitamento de toda água utilizada no beneficiamento do caulim. O único rejeito produzido e que é um passivo ambiental preocupante é o rejeito mineral que fica a disposição em montes próximos às unidades de beneficiamento e seus territórios de exploração. Por fim, para mitigação dos impactos identificados torna-se necessário o licenciamento ambiental das empresas de mineração e a elaboração e execução de planos de monitoramento e recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Produção de caulim; Mineração; Degradação ambiental; Junco do Seridó.

Histórico do artigo

Recebido: 14 setembro, 2021

Aceito: 09 novembro, 2021

Publicado: 19 novembro, 2021

ABSTRACT

This article aimed to analyze the legal aspects and identify the main adverse environmental impacts of kaolin mining activity. The research was conducted in the municipality of Junco do Seridó, located in the state of Paraíba. Initially, important concepts related to environmental impacts were scrutinized through a bibliographic review. Next, Brazilian Laws and Decrees governing the mineral economic activity were consulted and compared with the existing reality in the study area, through procedural searches of the companies operating in the municipality, carried out on the website of the National Mining Agency. The research evidenced a discrepancy between the rigor of the current legislation and the reality existing in mineral exploration of kaolin in the municipality of Junco do Seridó since most companies do not have an environmental license. The following adverse environmental impacts were identified: landscape degradation, air pollution, soil erosion and contamination, and reduction of local biodiversity. Concerning the production process, some beneficial practices are being adopted by the companies, such as the replacement of wood ovens by open-air dryers and the reuse of all the water used in the processing of kaolin. The only waste produced, which is a worrying environmental liability, is the mineral waste which remains in heaps near the processing units and their exploration territories. Finally, to mitigate the identified impacts, it is necessary to obtain environmental licensing for mining companies and prepare and implement plans for monitoring and recovering degraded areas.

Keywords: Kaolin Production; Mining; Environmental Degradation; Junco do Seridó.

RESUMEN

Este artículo tuvo como objetivo analizar los aspectos legales e identificar los principales impactos ambientales adversos de la actividad minera del caolín. La investigación se realizó en el municipio de Junco do Seridó, ubicado en el estado de Paraíba. Inicialmente, mediante una revisión de la literatura, buscamos conocer conceptos importantes relacionados con los impactos ambientales. Luego, se consultaron las Leyes y Decretos vigentes en Brasil que rigen la actividad económica minera y se compararon con la realidad existente en el área de estudio, mediante búsquedas procesales de las empresas que operan en el municipio, realizadas en el sitio web de la Agencia Nacional de Minería. La investigación evidenció la discrepancia entre el rigor de la legislación vigente y la realidad existente en la exploración minera de caolín en el municipio de Junco do Seridó, ya que la mayoría de las empresas no cuentan con licencia ambiental. Se identificaron los siguientes impactos ambientales adversos: degradación del paisaje, contaminación del aire, erosión y contaminación del suelo y reducción de la biodiversidad local. En relación al proceso productivo, hubo algunas prácticas beneficiosas que están adoptando las empresas, como la sustitución de los hornos de leña por secadores al aire libre y la reutilización de toda el agua utilizada para el procesamiento del caolín. Los únicos relaves que se producen y que son un pasivo ambiental preocupante son los relaves minerales que están disponibles en pilas cerca de las unidades de procesamiento y sus territorios de exploración. Finalmente, para mitigar los impactos identificados, es necesario obtener licencias ambientales para las empresas mineras y elaborar e implementar planes de monitoreo y recuperación de áreas degradadas.

Palabras-clave: Producción de caolín; Minería; Degradación ambiental; Junco do Seridó.

1 INTRODUÇÃO

Os principais problemas que ocorrem nos ecossistemas naturais estão relacionados a ações antrópicas que exploram determinadas áreas, modificando as paisagens para extração dos recursos minerais e biológicos. Essas explorações ocorrem

geralmente em grande escala, provocando sérios danos às relações bióticas e abióticas naturais existentes, provocando impactos ambientais adversos, ocasionando a supressão ou inserção de certos elementos no ambiente, ou ainda sobrecarga – fatores de estresse além da capacidade de suporte do meio – que gera desequilíbrios (SÁNCHEZ, 2008).

Uma das atividades econômicas que mais causam impactos ambientais negativos é a mineração. A Agência Nacional de Águas – ANA, menciona que o conhecimento tecnológico está disponível, que existem soluções para minimizar ou compensar as perdas ambientais, no entanto, o que dificulta essas ações são os inúmeros empreendimentos sem controle ou com precário controle ambiental (ANA, 2006). De acordo com Dias (1999, p. 154) “[...] os potenciais impactos ambientais negativos da Indústria de Minerais Não Metálicos estão relacionados a emissões atmosféricas, hídricas e à geração de resíduos e ruídos nas plantas de fabricação, que podem causar poluição do ar, da água e do solo [...]”.

Importante destacar que, mesmo provocando inúmeros impactos ambientais, a extração de minérios é regida por um rigoroso conjunto de Leis e Decretos que regulamentam a atividade econômica, assim como existem órgãos responsáveis pela emissão de licenciamentos ambientais, seleção e disponibilização de áreas que possam ser utilizadas nas plantas de extração de minérios, bem como regulamentação e fiscalização dessas áreas e empresas para que possam seguir modelos sustentáveis de exploração, auxiliando no desenvolvimento de ações mitigadoras para redução desses impactos negativos e punindo conforme a Legislação vigente os que infringem esses conjuntos de normas.

Chaves e Silva (2016, p. 46) fazem uma reflexão importante do Plano de Mineração Nacional 2030 e destaca a necessidade de sair de um modelo extrativista para um modelo que busque:

[...] reduzir as desigualdades regionais e aumentar o consumo interno de recursos minerais, através de investimentos na indústria de transformação e do conhecimento e pesquisa com foco em dinamizar a economia, associado a uma melhor distribuição de renda. Outro ponto é como resolver os conflitos provenientes dos impactos dos grandes projetos, que resolveremos no problema de exportação, mas deixando de lado os problemas crônicos da falta de política de tecnologia aplicados à região e a sua sociedade.

Silva (2017) expõe que as atividades de extração de minérios devem estar firmadas nos preceitos do desenvolvimento sustentável, uma vez que o crescimento econômico deve estar alinhado com a preservação, conservação, restauração e manutenção da diversidade

biológica. O termo Desenvolvimento Sustentável, pode ser definido como aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações (BRUNDTLAND, 1987).

O caulim¹ representa grande importância no cenário econômico. Em 2013 houve uma pequena queda na produção brasileira em relação ao ano de 2012, no entanto, o Brasil se manteve na 5ª posição no ranking mundial e as perspectivas de crescimento eram de 3,3% ao ano até 2017 na produção de caulim. O mercado interno do nosso país absorve o caulim tanto para produção de cimento, quanto para produção de cerâmicas brancas e papel (DNPM, 2014). Para o município de Junco do Seridó, a mineração de caulim é a atividade de maior importância, por empregar mão de obra local. Devido as suas propriedades químicas e físicas, o caulim é aplicado em vários tipos de produtos, destacando o uso na fabricação de papéis comuns e revestidos, assim como nas cerâmicas e nos refratários (SILVEIRA, 2016).

Nos estudos realizados por Vila Nova et. al (2019), entre os municípios de Equador – RN e Junco do Seridó – PB, foi possível identificar inúmeros impactos provocados pelas atividades antrópicas relacionadas à mineração, destacando áreas abandonadas proporcionando aumento dos processos erosivos, grandes deposições de rejeitos pelas unidades de extração ativas, identificação de minas clandestinas e perdas em larga escala da biodiversidade nativa da região.

Essas unidades clandestinas destacadas por Vila Nova et. al (2019) pode ser uma das causas citadas por Santana (2017), ao descrever que os depósitos de caulim existentes na província Borborema-Seridó, são explorados muitas vezes sem nenhum acompanhamento especializado, sem estudos do local para desenvolvimento das lavras, não buscando nem mesmo, conhecer a geologia de formação dos depósitos da região, o que dificulta, segundo o autor, o emprego correto de tecnologias de lavras e beneficiamento, acarretando inúmeros problemas, entre eles perdas significativas de caulinita.

Esse trabalho se justifica pela importância de se conhecer a atividade econômica da região e o que vem sendo praticado pelas empresas mineradoras na relação extrativismo versus meio ambiente, uma vez que na região da Borborema, no Estado da Paraíba, o município de Junco do Seridó é um dos principais produtores de caulim.

¹ “Essa terminologia é utilizada tanto para designar a rocha que contém caulinita e outros minerais associados (muscovita, feldspato e quartzo), como o produto gerado nas fases de beneficiamento industrial do minério” (AZEVEDO, 2019).

Identificar a legalidade das empresas e os impactos negativos provocados pela atividade econômica são de suma importância para que ações mitigadoras eficazes possam inserir práticas ambientais sustentáveis e manejo adequado dos resíduos produzidos.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar os aspectos legais e identificar os principais impactos ambientais adversos da atividade mineradora de caulim.

2 PROCESSO PRODUTIVO DO CAULIM E IMPACTOS AMBIENTAIS

Muitas vezes torna-se difícil distinguir diferenças entre impactos ambientais, degradação ambiental e aspectos ambientais. Degradação é algo que está contido em impacto ambiental e refere-se a algo concentrado numa esfera apenas negativa, ao contrário de impacto ambiental, que tem sentido mais amplo, mais abrangente, envolvendo aspectos que podem ser positivos ou negativos, conforme Sánchez (2008). Já aspecto ambiental, conforme o mesmo autor, não se refere diretamente a impacto, no entanto, o impacto é uma consequência de um aspecto ambiental.

Sánchez (2008), define impacto ambiental como uma alteração provocada por ação humana, que pode ter alterações benéficas ou adversas. Já aspecto ambiental, para o mesmo autor, pode ser entendido como um mecanismo através do qual as ações antrópicas provocam um impacto ambiental, e degradação ambiental como sendo uma alteração adversa da qualidade ambiental – efeito apenas negativo – correspondendo a um impacto ambiental negativo. Segundo a ANA (2006), por mais que um projeto de mineração seja eficiente e executado com rígido sistema de controle ambiental, ele torna-se agressivo e destaca que o termo mais comum para os impactos gerados pela mineração superficial é “destruição”.

Quando se trata de discutir impactos ambientais da extração mineral de caulim é importante entender a diferença entre aspectos ambientais e impactos ambientais. O desmatamento, abertura de galerias, extração de material sedimentar, consumo de água para beneficiamento, emissão de gases e material particulado (MP) na atmosfera, emissão de ruídos, emissão de rejeitos, são aspectos ambientais relacionados a atividade econômica, a ação antrópica. Redução da vegetação nativa, extinção de espécies da fauna e flora locais, deterioração da qualidade do ar, contaminação dos solos pelos rejeitos, contaminação de nascentes, rios e lençóis freáticos, incômodos aos moradores provocados pela circulação constante de caminhões e máquinas pesadas, são fatores considerados impactos ambientais negativos.

Outro dado preocupante e destacado em estudos realizados pelos autores Ndagijimana, Pareyn e Riegelhaupt (2015) nos Estados da Paraíba e Ceará são referentes aos desmatamentos. Segundo esses autores, 56% da lenha extraída só no Estado da Paraíba é resultante de desmatamentos ilegais e apenas 13,9% provenientes de manejo florestal. Apenas 1,2% do material lenhoso extraído é oriundo de autorizações de supressão de vegetação (ASV) e 28,9% atribuídas à extração de algarobas, podas de frutíferas e resíduos. No beneficiamento de caulim, o uso de lenha é o principal meio energético utilizado pelos mineradores em fornos para secagem do produto.

Esses dados remetem a redução da biodiversidade local que tem como agravante a instalação de unidades de extração de caulim. As atividades humanas são as que mais interferem nos mais diversos componentes da terra trazendo uma série de efeitos danosos ao equilíbrio dos ecossistemas, principalmente a redução de habitats, interrupção de corredores de fluxos gênicos e mortes de várias espécies da fauna e flora terrestre e aquática, muitas vezes levando-as a extinção (MECHI e SANCHES, 2010). Para Freeland (2005), vidas humanas têm sido ceifadas devido aos enormes danos causados pelo mau uso do solo.

Referindo-se aos solos, temos o agravante das erosões, provocadas pelas aberturas de galerias. Na definição de Florenzano (2008), erosão é a forma mais conhecida de degradação, sendo a remoção e o transporte de materiais meteorizados. Silva (2017) complementa que as deteriorações químicas e físicas do solo promovem diretamente a formação de áreas degradadas. Moreira (2004) define áreas degradadas como sendo extensões naturais que sofreram distúrbios e assim perderam sua capacidade produtiva, podendo não recuperar suas funções ecossistêmicas.

Os efluentes de mineração são outra preocupação. Segundo Feng e Aldrich (2004), os efluentes de lavras possuem aspecto turvo e partículas de pequeno tamanho, o que dificulta o tratamento, não indicando o descarte em rios ou lagos. Aguiar, Novaes e Guarino (2002) destacam que esses efluentes geram impactos negativos, tanto na cadeia trófica quanto para o homem, pois, possuem metais pesados que reduzem a capacidade autodepurativa das águas exercidas pelos microrganismos existentes nesses habitats, devido sua ação tóxica. Lima (2010) frisa que esses contaminantes podem conter altas concentrações de metais como Ferro (Fe), Alumínio (Al), Zinco (Zn) e Cádmiio (Cd). Sendo assim, torna-se de fundamental importância a qualidade do efluente lançado no meio ambiente. No processamento de Caulim, a reciclagem de águas precisa de estudos para

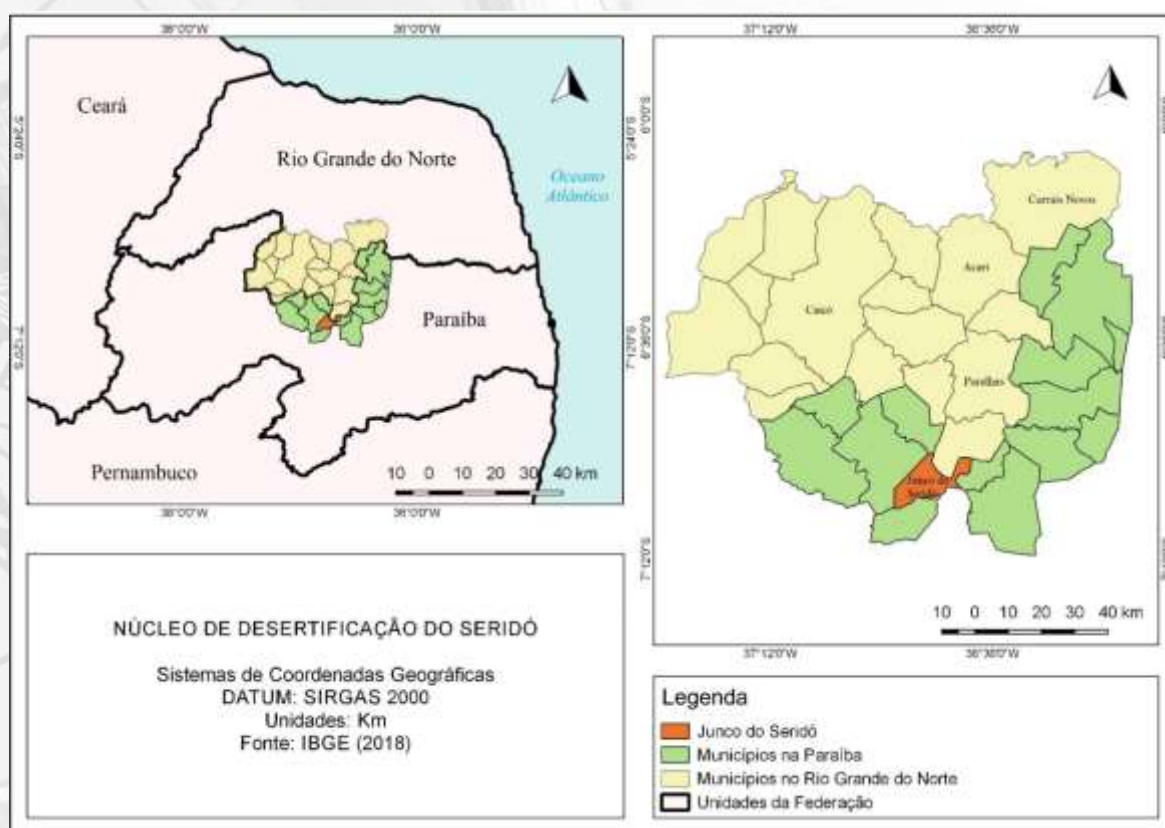
determinar se há impacto na alvura² (ANA, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O Núcleo de Desertificação do Seridó, denominação que surgiu através dos estudos de Vasconcelos Sobrinho (1971), está situado entre os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, abrangendo 32 municípios (LIMA, 2017), dentre esses, está o município de Junco do Seridó, localidade escolhida para realização dos estudos e que está localizado no estado da Paraíba, conforme podemos visualizar na figura 01.

Figura 01 – Núcleo de Desertificação do Seridó - RN/PB



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Oliveira (2019), destaca que há uma tendência de risco médio a severo no que se refere à desertificação nesse núcleo e que esse processo é produto de uma construção

² “Propriedade de medida da refletância do caulim, através de aparelhos como o ZE (Zeis Elrepho), o Photovolt e o GE/Reflectometer” (COELHO, 2019).

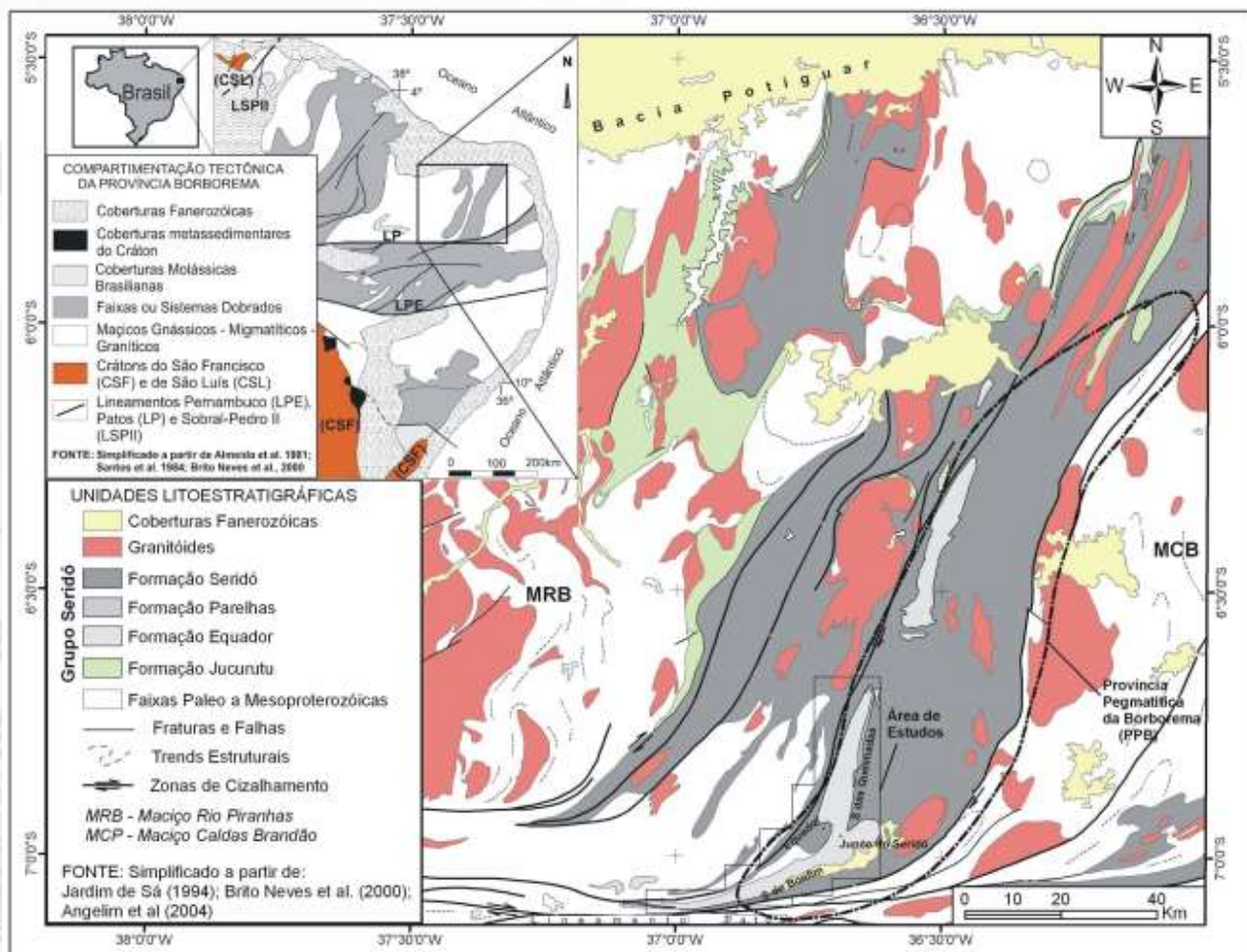
social, antrópica e histórica com o processo de mineração, uma vez que há uma intensificação da exploração dos recursos naturais a partir da metade do século XX. Perez-Marin et. al (2012) enfatizam que, um dos principais motivos que agravam os processos de desertificação neste núcleo são as ações antrópicas. Lima (2017) destaca que Junco do Seridó apresenta mais de 30% das propriedades rurais com tamanho menor de que o módulo fiscal e que, os proprietários não utilizam de práticas sustentáveis de manejo da terra, além disso, essas áreas não oferecem condições mínimas de sustento das famílias, provocando esgotamento dos recursos naturais, especialmente solo e vegetação.

Junco do Seridó é um município de 7.195 habitantes – população estimada para 2020 – (IBGE, 2020), localizada no Seridó Ocidental Paraibano, apresentando um território de 180.425 km², situado a uma altitude de 590 metros em relação ao nível do mar, tendo como coordenadas geográficas latitude 6° 59' 41" Sul e longitude 36° 42' 41" Oeste. De acordo com a classificação de Köppen, o município apresenta clima do tipo Semiárido Quente – BSh com temperaturas médias anuais de 22,3 °C e precipitação pluviométrica média mensal de 43,5 mm, ou seja, abaixo de 800 mm anuais. Os meses com maiores precipitações são de fevereiro a maio, com precipitações entre 90 e 150 mm, período que coincide com as chuvas de verão proporcionadas pelo clima BSh (ALVARES, et. al, 2013).

Essa Região é destacada por Ferreira (2003) como área de ocorrência de pegmatitos, sendo encontrados pegmatitos homogêneos, heterogêneos e mistos. Santana (2017) enfatiza que os depósitos de caulim que ocorrem entre os municípios de Junco do Seridó – PB e Equador – RN, estão associados às alterações dos feldspatos nos pegmatitos. A maior parte da Província Pegmatita do Nordeste está localizada no Seridó, entre os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte (OLIVEIRA, 2019). Esses pegmatitos, segundo Santana (2017), estendem-se por uma área de aproximadamente 11.250 km², no sudeste da faixa de dobramento do Seridó. Essa faixa pode ser melhor compreendida através dos estudos de Silva e Crósta (2011), conforme figura 02.

A vegetação predominante é do bioma Caatinga, sendo um dos 195 municípios, de um total de 223 existentes no Estado da Paraíba, que fazem parte da nova delimitação do semiárido brasileiro (SUDENE, 2017). A vegetação está dividida em primária (natural), composta por florestas arbustivas, muitas das quais apresentam espinhos, microfilia e características xerofíticas e secundária (antropizada), encontradas em extensas áreas que sofrem com a ação humana (LIMA, 2017), seja pela prática da agricultura, pecuária ou extração de minérios.

Figura 02 – Localização da Província Pegmatítica da Borborema



Fonte: Silva e Crósta (2011).

A economia do município está diretamente ligada à mineração, principalmente o caulim, representando para a economia do município entre 50% a 75%, seguido pelo setor secundário, 20 a 40% e por último, o setor terciário, representando de cinco a 25% (IBGE, 2010).

3.2 Procedimentos metodológicos

O percurso metodológico desta pesquisa deu-se a partir das seguintes etapas:

a) Revisão documental e de literatura - Foram realizadas buscas nos processos administrativos de cada empresa, através da aba processos do site da Agência Nacional de Mineração - ANM, cuja unidade protocolizadora para obtenção dos dados foi a 48415 – Paraíba, especificamente o município de Junco do Seridó, destacando ainda como superintendência, a gerência regional PB. Para um estudo ainda mais específico, foi

selecionada a substância Caulim, o tipo de uso industrial, buscando-se todas as fases processuais em situação ativa. Também foram consultados documentos e bases de dados de órgãos, como Agência Nacional de Águas - ANA, Agência Nacional de Mineração - ANM, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Cooperativa dos Mineradores dos Municípios das Regiões Seridó, Cariri e Curimataú da Paraíba Ltda - COOPERJUNCO. Na revisão de literatura foram consultados livros e artigos científicos sobre a temática proposta.

b) Pesquisa de campo – A proposta inicial da pesquisa era visitar todas as empresas de mineração de caulim localizadas no município de Junco do Seridó. Entretanto, durante as pesquisas de campo apenas uma permitiu a entrada para visita in loco, coleta de dados e registro fotográfico.

c) Entrevista – Foi elaborado um questionário semiestruturado e realizado visita in loco em todas as empresas do município, porém todas se recusaram a responder o questionário proposto. No entanto, uma empresa concordou em mostrar o processo produtivo e a produção de algumas imagens sem que fosse identificada.

Diante dessa negativa, buscou-se entender os motivos e partiu-se para análise do banco de dados da Agência Nacional de Mineração – ANM e legislação vigente.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Exploração mineral e legislação

Primeiro precisamos compreender alguns conceitos. Uma empresa em fase de autorização de pesquisa não está apta para exploração econômica, apenas recebeu o direito de fazer estudos na área. Conforme site do Governo Federal (<https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-autorizacao-de-pesquisa-mineral>) o Requerimento de Autorização de Pesquisa “pleiteia a autorização para pesquisa mineral, em que são executados trabalhos para definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico” (BRASIL, 2020). O Requerimento de Pesquisa antecede a Autorização de Pesquisa, sendo a fase em que é solicitada a autorização para realização dos estudos na área. Essa autorização de pesquisa não pode ser inferior a um ano nem superior a três anos, conforme Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, destacado em seu Art. 21 (BRASIL, 2018).

Observou-se que, das 36 empresas que atuam no município, conforme dados da ANM, quatro estão em fase de requerimento de lavra e uma no Direito de Requerer a Lavra.

As demais, cinco encontram-se em fase de requerimento de pesquisa e 26 com autorização de pesquisa. Essas empresas, mesmo não estando totalmente legalizadas, fazem exploração mineral no município há anos, o que pode explicar o fato de nenhum dos responsáveis pelas empresas querer responder o questionário, uma vez que uma das perguntas se tratava de buscar informações sobre a fase do processo na ANM para licenciamento da empresa, e para que a exploração econômica ocorra, o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 em seu Art. 37, Inciso I, destaca que “a jazida deverá estar pesquisada, com o relatório aprovado pelo DNPM” (BRASIL, 1967).

O Decreto nº 9406 de 12 de junho de 2018, destaca ainda em seu Art. 28 que “aprovado o relatório final de pesquisa, o titular terá um ano para requerer a concessão de lavra e, neste caso poderá negociar o direito minerário” (BRASIL, 2018). Esse relatório é desenvolvido e protocolado na ANM após o período de pesquisa da área (um a três anos). As cinco empresas existentes no município que já protocolaram requerimento para concessão de lavra já passaram dessa fase de estudos e teve seu relatório de pesquisa aprovado pela ANM. No entanto, a Lei nº 7.805 de 18 de julho de 1989, em seu Art. 1º, Parágrafo único destaca:

Para os efeitos dessa Lei, o regime de permissão de lavra garimpeira é o aproveitamento imediato de jazimento mineral que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, **possa ser lavrado, independente de prévios trabalhos de pesquisa** (grifo nosso), segundo critérios fixados pelo departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (BRASIL, 1989, grifo nosso).

Observando atentamente, percebe-se uma contradição, pois, nessa mesma Lei, está descrito em seus Artigos 3º, 13º e 16º que, “a outorgada permissão de lavra garimpeira depende de prévio licenciamento ambiental concedido pelo órgão ambiental competente”. Esse licenciamento ambiental é regulado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, conforme Resolução nº 237/1997. Essa mesma resolução em seu Anexo 1 define como atividades de mineração a extração, tratamento, pesquisa com guia de utilização, lavras a céu aberto e subterrâneas, com ou sem beneficiamento e lavra garimpeira como sujeitas ao Licenciamento Ambiental (CONAMA, 1997).

Das cinco empresas de mineração de caulim no município de Junco do Seridó que protocolaram Requerimento de Lavra, duas já protocolaram o Licenciamento Ambiental, ou seja, conseguiram o Licenciamento Ambiental e protocolaram na ANM para receber o direito de requerer a lavra. Das duas empresas, uma está apta a requerer o direito de lavra,

uma vez que o Licenciamento Ambiental é uma exigência do processo administrativo na ANM. As outras três empresas que protocolaram requerimento de lavra ainda vão passar pela exigência do licenciamento ambiental. Isso mostra que nenhuma das empresas atuantes no município estariam aptas para exploração de caulim.

A colocação destacada no artigo abaixo citado, refere-se a um dispositivo na Lei nº 7.805, que pode estar influenciando diretamente a realidade do município de Junco do Seridó no que se refere à mineração de caulim e reforça o já destacado em seu Art. 1º, parágrafo Único, descrito em seu Art. 14:

Art. 14. Fica assegurada às cooperativas de garimpeiros prioridade para obtenção de autorização ou concessão para pesquisa e lavra nas áreas onde estejam atuando (grifo nosso) desde que a ocupação tenha ocorrido nos seguintes casos:

I - em áreas consideradas livres, nos termos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967;

II - em áreas requeridas com prioridade, até a entrada em vigor desta Lei,

III - em áreas onde sejam titulares de permissão de lavra garimpeira.

§ 1º A cooperativa comprovará, quando necessário, o exercício anterior da garimpagem na área.

§ 2º O Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM promoverá a delimitação da área e proporá sua regulamentação na forma desta Lei (BRASIL, 1989, grifo nosso).

Com isso, não podemos afirmar que essas empresas atuam de forma irregular, pois não temos acesso a documentos que possam demonstrar que essas áreas que estão sendo exploradas são áreas livres, requeridas com prioridade, que já sejam titulares de lavra garimpeira ou que a Cooperativa tenha comprovado para a ANM que todos os seus associados, inclusive a própria Cooperativa, estão atuando em áreas que já eram exploradas anteriormente, uma vez que a Cooperativa, nem as empresas atuantes responderam ao formulário de pesquisa deste estudo.

As 36 empresas que atuam no município exploram economicamente uma área de 12.329,66 hectares, segundo dados coletados de cada empresa através da consulta de processos no banco de dados da ANM. Vale destacar que, para a ANM toda essa área ainda se encontra em fase de pesquisa. Apenas quatro empresas possuem área própria de exploração, as demais atuam em propriedades de terceiros. Segundo dados da COOPERJUNCO, essas empresas empregam uma média de oito funcionários e a produção diária de caulim processado alcança 1.440 toneladas, uma média de 40 toneladas/dia por empresa.

Outro detalhe disposto no Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018 encontra-se em seu Art. 29:

Encerrado o prazo a que se refere o Art. 26 sem que o titular ou seu sucessor tenha requerido a concessão de lavra, caducará o seu direito e caberá a ANM declarar, por meio de edital, a disponibilidade da jazida pesquisada, para fins de requerimento de concessão de lavra (BRASIL, 2018).

Temos uma legislação que enfatiza várias vezes as condições legais para exploração mineral de determinada área, no entanto, as fiscalizações na fase de pesquisa não ocorrem de forma satisfatória, pois o requerente, ao ter a autorização de pesquisa, começa de imediato a exploração ilegal da área, aguardando a fase de concessão de lavra e, como essa pesquisa necessita de um a três anos, ao chegar na fase de concessão, deixa caducar o processo, a ANM libera a área para disponibilidade através de edital e a empresa instalada abandona a área partindo para outro local, configurando as unidades clandestinas e abandonadas destacadas por Vila Nova:

pode-se perceber que, o garimpo nessa região provoca uma grande perda da biodiversidade por causa da derrubada da vegetação, onde muitas vezes essas minas são abandonadas e ficam a céu aberto aumentando o processo da erosão. Com isto se faz necessário o mapeamento das zonas de extração para que possa ter um controle sobre o crescimento da mina ou da empresa no local e também para o monitoramento das minas clandestinas (VILA NOVA et.al, 2019, p.255).

Com relação ao rejeito mineral produzido, o Art. 6º-A da Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 menciona que é responsabilidade do titular da concessão até o fechamento da mina. A mesma Lei, ainda em seu Art. 6º-A, Parágrafo único, menciona que:

O exercício da atividade de mineração inclui:

- I - a responsabilidade do minerador pela prevenção, mitigação e compensação dos impactos ambientais decorrentes dessa atividade, contemplando aqueles relativos ao bem-estar das comunidades envolvidas e ao desenvolvimento sustentável no entorno da mina;
- II - a preservação da saúde e da segurança dos trabalhadores;
- III - a prevenção de desastres ambientais, incluindo a elaboração e a implantação do plano de contingência ou de documento correlato; e
- IV - a recuperação ambiental das áreas impactadas (BRASIL, 2020).

Observamos que a legislação vigente sempre destaca os caminhos legais necessários para a exploração mineral, bem como enfatiza a responsabilidade do

minerador no que se refere aos impactos decorrentes da atividade extrativista, no entanto a realidade observada em campo diverge em muitos aspectos e fica claro a falta de fiscalização pelos órgãos competentes para conter e exigir dessas empresas ações mitigadoras que minimizem os impactos negativos provocados na região do município de Junco do Seridó.

4.2 Processo produtivo do caulim

Mesmo não conseguindo obter dados mais precisos através da aplicação de formulário de pesquisa, uma empresa permitiu mostrar o processo de produção de uma unidade de beneficiamento de caulim. Com toda essa quantidade de caulim processado produzido por essas empresas, como mencionado anteriormente, pode-se prever os impactos negativos que essas empresas vêm provocando ao meio ambiente de um modo geral.

Podemos observar na figura 3, a modificação no meio ambiente provocada pelas ações antrópicas através das empresas e garimpeiros que atuam no município. Os garimpeiros muitas vezes atuam de forma independente, extraíndo o caulim bruto de suas propriedades particulares e vendendo para os beneficiadores (as empresas). Impactos negativos nitidamente visíveis em relação a vegetação nativa local e ao solo, onde podemos visualizar acentuados processos erosivos, disposições de rejeitos, aberturas de cavas para extração do caulim bruto, supressão vegetal e a proximidade de residências rurais.

Essas cavas citadas anteriormente são chamadas pelos mineradores locais de galerias quando a extração ocorre nas camadas superficiais de solo de determinada área, conforme podemos visualizar na figura 03, ou banquetas, quando a extração mineral ocorre de forma subterrânea, em que o caulim bruto extraído é transportado até a superfície por pequenos elevadores artesanais construídos pelos próprios mineradores, denominados por eles de conchas.

Essas banquetas assemelham-se a formigueiros, existindo uma pequena abertura na superfície do solo e enormes salões subterrâneos onde ocorrem as escavações. As conchas são instaladas na superfície, próximo à abertura da banquetta.

Figura 03 – Local de extração mineral de caulim em superfície

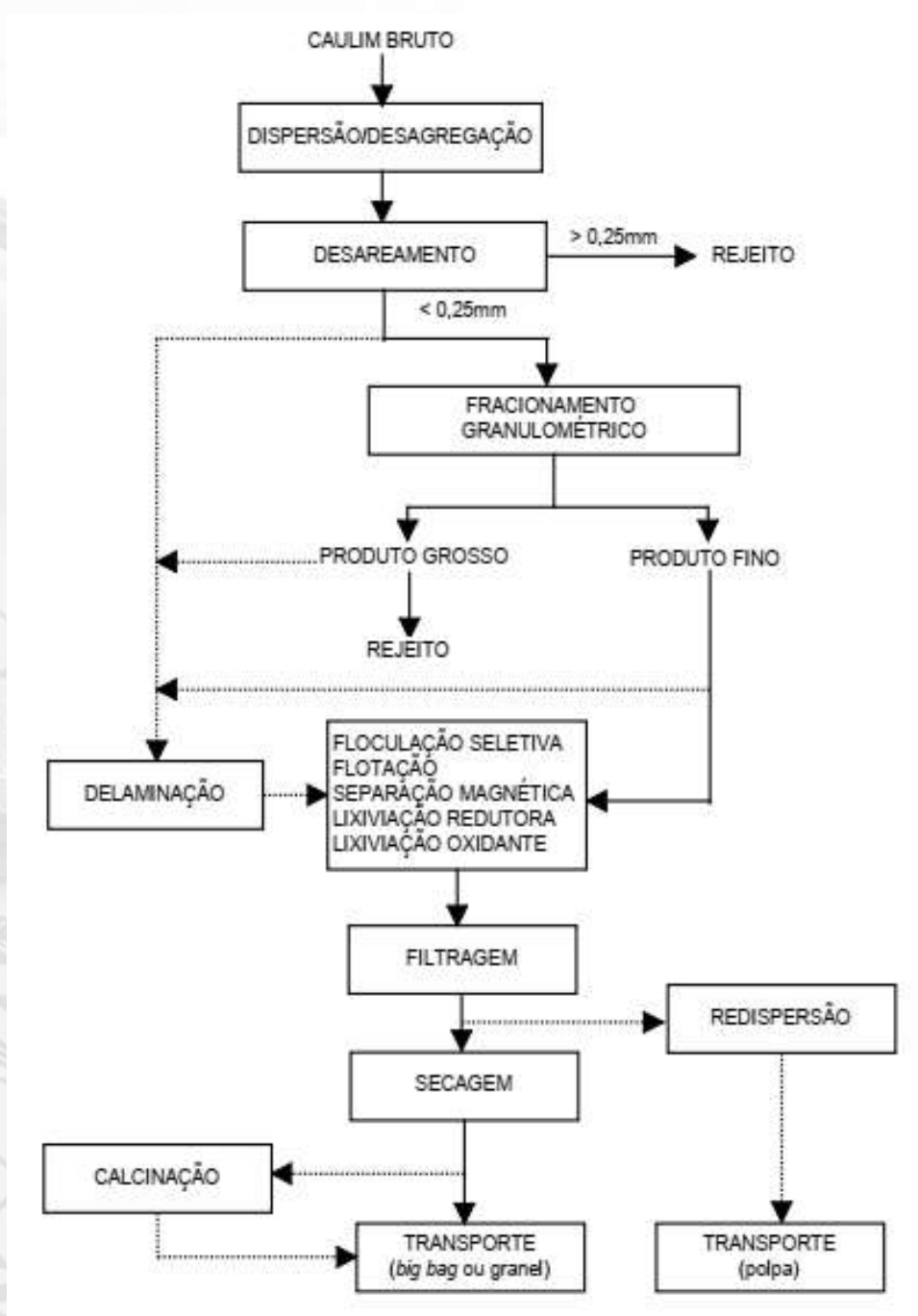
Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Todas as empresas localizadas no município trabalham com via úmida, método que envolve água em todo o processo de beneficiamento, desde a dispersão/desagregação até as prensas, produzindo uma polpa que vai passando por malhas e tanques de floculação e decantação para se chegar à granulometria e pureza desejadas (LUZ et. al, 2005), como podemos entender melhor no fluxograma de beneficiamento (Figura 04). O processamento por via seca, segundo a COOPERJUNCO, só ocorre em empresas que utilizam o rejeito do caulim para produção de rebocal³. O processo por via seca é mais oneroso no que se refere à instalação da planta de processamento e beneficiamento de caulim, no entanto é menos impactante para o meio ambiente, pois há um aproveitamento maior do caulim durante a separação dos agregados minerais que compõem o caulim bruto.

Importante destacar que nem todas as empresas que atuam no município seguem o fluxograma mostrado acima. As fases de separação magnética, lixiviação redutora e lixiviação oxidante só são realizadas por empresas que vendem caulim processado para empresas que produzem tintas, um caulim produzido sem nenhuma impureza e muito branco, sendo essas as empresas que possuem investimentos maiores em máquinas e equipamentos.

³ “Produto a base de material pozolâmico, sílica aluminosa, hidróxido de cálcio, agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos na espessura de 1,0 cm” (RIBEIRO, et. al, 2019).

Figura 04 – Fluxograma de beneficiamento do caulim por via úmida



Fonte: Luz et. al (2005).

O beneficiamento via seca é mais simples, onde o caulim bruto é fragmentado em britadores e conduzido para secagem em secadores rotativos. Essa secagem é necessária, pois mesmo não utilizando água no processo de beneficiamento, o caulim bruto chega úmido nessas unidades. Depois de seco, o caulim passa pelo processo de pulverização em rolos para uma posterior classificação granulométrica, cujo processo é denominado flotação com ar. Esse tipo de beneficiamento só é possível quando a alvura e a distribuição

granulométrica do caulim bruto são adequadas ao processo (LUZ et. al, 2005), o que não ocorre na área de estudo desta pesquisa.

Esse rejeito destacado no parágrafo anterior é proveniente do primeiro corte, quando o caulim bruto passa pela primeira malha. Segundo o fluxograma, é o rejeito produzido na fase de produto grosso. Esse rejeito corresponde de cinco a 10% do rejeito total e apenas esse é utilizado na produção de blocos de vedação (REZENDE, 2007), ativação alcalina (BURKHARD, 2018), cerâmica branca (NOBRE E ACCHAR, 2010), produção de tinta ecológica (SOUZA, et. al, 2019), composição na fabricação de cerâmica vermelha (ARAÚJO, COSTA e DANTAS, 2019).

Na fase de dispersão/desagregação (Figura 05) e desareamento (Figura 06) é produzido o primeiro rejeito que não tem nenhuma utilidade e fica sendo acumulado no entorno das unidades de beneficiamento (Figuras 07, 08 e 09).

Figura 05 – Dispersão/Desagregação



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Os rejeitos produzidos pelas demais fases do processamento ficam acumulados nas proximidades das empresas, criando-se um passivo ambiental. Podemos observar na figura 08, ao fundo da imagem, a vegetação arbustiva tentando sobressair nos depósitos mais antigos de rejeitos. Os 90- 95% dos rejeitos, que são os não comercializados, não tem um destino definido, ficando amontoado nas proximidades das unidades de beneficiamento ou em áreas pertencentes às empresas, afetando diretamente os solos, vegetação e aumento da poluição do ar pela dispersão de material particulado.

Figura 06 – Desareamento



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Figura 07 – Rejeito produzido



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Observa-se na figura 8 que mesmo em uma unidade de pequeno porte se consegue produzir grandes volumes de rejeitos e que toda a organização dos amontoados é feita por máquinas retroescavadeiras, como podemos visualizar ainda na mesma imagem à direita (em destaque). São verdadeiras montanhas que vão se formando ao longo dos anos, impactando diretamente o ambiente local.

Figura 08 – Disposição de rejeitos em pequena unidade de beneficiamento



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Figura 09 – Disposição de rejeitos em propriedades particulares



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Após o desareamento (Figura 06), a mistura caulim bruto e água passa pela fase de granulometria (Figura 10), para que os tanques de floculação e decantação possam receber um material refinado, próximo ao caulim com as características que se deseja alcançar e comercializar, ou seja, com o maior grau de pureza e granulometria desejada. Nessa fase, a mistura mencionada passa por malhas para que possa ocorrer a remoção de

outros compostos como quartzo, mica e óxidos de ferro que apresentam granulometria acima de 0,25 mm (LUZ et. al, 2005).

Figura 10 – Granulometria



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Na fase de floculação e sedimentação (Figura 11), uma parte da água e os compostos em suspensão retornam a fase de dispersão/desagregação e a parte decantada passa novamente por malhas mais finas, atingindo assim as características desejadas, cuja goma já segue para os tanques de prensa.

Figura 11 – Floculação e sedimentação



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Os tanques de goma para prensa recebem a polpa já pronta para que seja destinada às prensas. Essa polpa já possui a granulometria e pureza desejadas. Logo abaixo podemos ver como são esses tanques, bem parecidos com os tanques de floculação e sedimentação (Figura 12).

Figura 12 – Tanques de goma para prensas



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Figura 13 – Prensas



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Depois que a polpa que chega ao tanque final, o tanque de goma para prensa (Figura 13), as prensas recebem essa polpa para retirada do máximo possível de umidade, para que sejam formadas as tortas que seguirão para o processo de secagem (Figura 14). As tortas possuem formatos de discos de caulim prensados, apresentando nessa fase baixo teor de umidade. Esses discos são transportados em carroças para os secadores e dispostos em prateleiras para que toda umidade seja eliminada por ação eólica e radiação solar, tornando o produto pronto para comercialização, em discos ou moído.

Figura 14 – Secadores ao ar livre



Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Após a prensagem e formação das tortas surge o processo de secagem. As empresas do município não trabalham com a venda de polpa, apenas o caulim seco, produto obtido pelo processo de secagem em secadores ao ar livre (Figura 14). Não confundir com o beneficiamento por via seca, que é outro processo como definido anteriormente, não utilizado por nenhuma empresa que atua no município de Junco do Seridó. Esse processo de secagem dispensa os fornos à lenha (Figura 15), uma forma de minimizar as fiscalizações devido a redução da supressão vegetal para consumo de lenha. A supressão vegetal para aberturas de áreas para extração de caulim é algo evidente e que gera muitos impactos negativos, como já observado anteriormente.

Figura 15 – Forno desativado

Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Com relação à água utilizada no processamento por via úmida, essa é obtida de poços artesianos ou bombeada de galerias de extração, no entanto, nada é desperdiçado durante o ciclo. Ao chegar nas prensas, última fase úmida antes da secagem, a água restante também retorna para a fase de dispersão/desagregação através de bombeamento, uma vez que a maioria das empresas utiliza encostas para construir as unidades de beneficiamento para que o processo produtivo da fase de dispersão/desagregação até a fase de prensa ocorra por gravidade. A única perda de água no processo ocorre por evaporação natural, quando a goma de caulim se encontra nos tanques em processo de decantação.

Podemos destacar ainda o transporte de caulim bruto e beneficiado por caminhões, que circulam em estradas rurais e ruas da cidade com frequência, proporcionando ruídos constantes, dispersão de poluentes pelos escapamentos dos caminhões e material particulado no ar atmosférico provenientes das cargas, comprometendo a qualidade do ar, já que os caminhões não utilizam lonas para o transporte desses produtos, como podemos visualizar na figura 16.

Figura 16 – Transporte de caulim

Fonte: Imagens obtidas pelo autor (2021).

Em todas as áreas de ocorrência de supressão vegetal para extração do caulim há a ocorrência de abertura de estradas para que o mineral ainda bruto possa ser conduzido até as unidades beneficiadoras, contribuindo para o aumento dessa supressão. Essas áreas de extração mineral estão afastadas das estradas rurais já existentes no município, ficando apenas as unidades beneficiadoras às margens dessas estradas principais para facilitar o escoamento do produto pós-beneficiamento.

5 CONCLUSÃO

Observou-se o rigor da legislação existente em relação à atividade econômica de extração mineral, no entanto, uma contradição quando observada a realidade. Empresas atuando por anos enquanto aguardam prazos em processos administrativos para sua regularização e a falta de fiscalização pelos órgãos competentes, tem favorecido a exploração econômica antes da legalização e licenciamento das empresas, o que contribui para ocorrência impactos negativos ao meio ambiente local, pois, nenhuma ação mitigadora é desenvolvida por essas empresas para amenizar os passivos ambientais, uma vez que ainda não cumprem as exigências do licenciamento ambiental.

Como principais impactos ambientais observados podemos destacar a supressão vegetal para abertura de áreas de exploração mineral, acúmulo de rejeitos e processos erosivos devido a retirada e transporte de sedimentos, acúmulo de rejeitos nas

proximidades das unidades de beneficiamento, causando poluição visual, degradação dos ecossistemas locais e infertilidade dos solos, além do transporte irregular – o não uso de lonas de proteção nas caçambas - de sedimentos, que provoca dispersão de material particulado no ar atmosférico e ruídos constantes provocados pelas máquinas pesadas e caminhões.

Apenas entre cinco e 10% do rejeito produzido é comercializado. Esses 90 – 95% que criam passivos ambientais precisam de estudos específicos para que possam ser empregados, ou seja, há necessidade urgente de ações mitigadoras para que esses passivos produzidos deixem de ser um problema do beneficiamento de caulim. A recuperação de áreas degradadas, programas de reflorestamento de áreas em desuso, fiscalização no transporte de sedimentos, são ações mitigadoras que podem ser estimuladas pelo poder público municipal através da Secretaria de Mineração criada em agosto de 2021, juntamente com a Cooperativa local e órgãos de fiscalização ambiental para minimizar os impactos observados em relação à extração de caulim no município de Junco do Seridó.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G., 2013. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANA. Agência Nacional de Águas. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Org. Antônio Felix Domingues; Patrícia Helena Gambogi Boson; Suzana Alípez. Brasília: 2006. 334 p.: il.

AZEVEDO, G. H. de. **A produção mais limpa nas indústrias de extração e beneficiamento do caulim no Estado do Rio Grande do Norte**. 2019. 121f.: il. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Natal, 2019.

BRASIL. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, p. 2417, 28 fev. 1967.

BRASIL. Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 12027, 20 jul. 1989, Seção 1.

BRASIL. Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de

18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 112, 13 jun. 2018. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CHAVES, D. A.; SILVA, J. M. P. da. O Plano Nacional da Mineração (2010 – 2030) e seu reatamento no Território Amazônico. **Revista Política e Planejamento Regional**, Rio de Janeiro, v. 3, n.1, p.39-52, jan./jun./2016.

COELHO, L. F. de O. **Potencial do caulim em filtros tipo Cynamom para o tratamento de efluentes de laticínios**. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2019.

DIAS, M. C. O. (Coord.) **Manual de Impactos Ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral 2014**. Brasília: 2014. Volume 34, 141 p.: il.; 29 cm.

FENG, D.; ALDRICH, C. Recovery of chromite fines from wastewater streams by column flotation. **Hydrometallurgy**. 72, p. 319-325, 2004.

FERREIRA, V. M. **Caulinita e caulins de Pegmatitos da Borborema Seridó nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte – Composições e origem**. Dissertação (mestrado). Coordenação do curso de pós-graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande: 2003.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FREELAND, S. **Direitos humanos, meio ambiente e conflitos**: enfrentando os crimes ambientais. (original em inglês – tradução de Francis Albert). Revista Internacional de Direitos Humanos. São Paulo: v.2, n.2, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. IBGE Cidades.

SILVEIRA, G. C. L. da. **Caracterização de caulim de resíduo de granito para formulação de gres porcelanato**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal – RN, 2016.

LIMA, R. da C. C. **Sistema de avaliação e comparação espacial do processo de desertificação no Seridó Potiguar e Paraibano, Semiárido Brasileiro**. UFCG, Campina Grande, Tese Doutorado. 2017, 150 f.

LIMA, R. C. O. **Diagnóstico dos impactos ambientais decorrentes do beneficiamento de caulim no município de Equador – RN**. Campina Grande: Revista de Biologia e Ciências da Terra, Universidade Estadual da Paraíba, v.10, n.2, 2010, p. 91-96.

LUZ, A. B. da.; CAMPOS, A. R. de.; CARVALHO, E. A. de; BERTOLINO, L. C. **Caulim**. Rochas e Minerais Industriais. CETEM. 2005, p. 231-262.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estudos Avançados [online]. 2010, v. 24, n. 68 p. 209-220.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas à recuperação de áreas degradadas pela extração de Bauxita**. Poços de Caldas: 2004. 139 f. Tese (Doutorado) Ciências Biológicas. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

NDAGIJIMANA, C.; PAREYN, F. G. C.; RIEGELHAUPT, E. Uso do solo e desmatamento da caatinga: um estudo de caso na Paraíba e no Ceará – Brasil. *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estatística Florestal da Caatinga**. Recife, p. 18-29, 2015.

OLIVEIRA, E. M. **Mineração do caulim como tendência à desertificação no Seridó paraibano**. Recife: 2019. 183 f. Tese (Doutorado) Desenvolvimento e Meio Ambiente. Programa de Pós Graduação da Associação em rede Plena. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2019.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. de M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. de M.; SALCEDO, I. H. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** V. 17, n. 34, p. 87 – 106. Brasília – DF. 2012.

RIBEIRO, I. J. da C. et al. Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 38, p. 43-53, fev. 2018. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1206>>. Acesso em: 26 Out. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n38p43-53>.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTANA, V. L. **Beneficiamento de caulim na Região do Junco do Seridó/PB e Equador/RN através da classificação de partículas em hidrociclone**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Exploração Petrolífera e Mineral, UFCG, Campina Grande, 2017.

SILVA, F. L. da. **A extração de caulim no município de Equador – RN: implicações ambientais e sociais.** 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA/UFRN, Natal, 2017.

SILVA, S. M. P. da.; CRÓSTA, A. P. Mapeamento de pegmatitos da Faixa Seridó (FSe) com base na análise por componentes principais de imagens TM/Landsat-5 e Terra/ASTER e o apoio da espectroscopia de reflectância. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.** Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3597

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Resolução 115 de 2017.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização.** Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, Recife: 1971.

VILA NOVA, J. S. S.; PANTA, D. L. S.; ALMEIDA, I. C. S.; GOMES, D. D. M. **Panorama ambiental das zonas de mineração de caulim na formação Equador, nordeste do Brasil.** Revista CC&T/UECE, do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: v. 1, n.3, p. 249-256, jul./dez. 2019.
