

III-1496 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA POR FRX DO REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE CAULIM DE UMA EMPRESA NO MUNICÍPIO DE JUNCO DO SERIDÓ/PB

Brenda Ellen Chaves Elcias⁽¹⁾

Técnica em Controle Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo IFRN.

Jairo Rodrigues da Silva⁽²⁾

Graduado em Geologia pela UFRN. Mestre em Ciências Ambientais pelo IFRN. Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade pela UNINTER.

Otni Vieira Barbalho Bezerra⁽³⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo IFRN.

Cleonilson Mafra Barbosa⁽⁴⁾

Licenciado em Química. Especialista em docência no ensino superior. Mestre e doutor em Ciências e Engenharia de Materiais.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol; CEP: 59015-300 - Brasil - Tel: (84) 98817-2081 - e-mail: brenda.chaves@escolar.ifrn.edu.br

RESUMO

A região Nordeste abriga as principais mineradoras de caulim, situadas na zona pegmatítica Borborema-Seridó, entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Contudo, essa atividade minerária gera impactos significativos no meio ambiente devido ao grande acúmulo de rejeitos durante o processo de beneficiamento. Com o intuito de analisar essa problemática, este estudo coletou amostras de caulim na empresa Mineração Santo Onofre, que foram processadas no Laboratório de Pesquisa Mineral do IFRN, Campus Natal-Central, e analisadas posteriormente no laboratório do Centro de Tecnologia Mineral no IFRN, Campus Currais Novos. Os resultados apontam que o rejeito de caulim possui uma composição química predominante de SiO₂ e Al₂O₃, semelhante à sua composição original, o que abre a possibilidade de se estudar o reaproveitamento desse material. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização química do rejeito proveniente do beneficiamento do caulim, originário do município de Junco do Seridó/PB, por meio da análise com Espectrometria de Fluorescência de Raio X com Energia Dispersiva.

PALAVRAS-CHAVE: Região Nordeste, mineradoras, caulim, zona pegmatítica, Borborema-Seridó, impactos ambientais, beneficiamento, rejeitos.

INTRODUÇÃO

O caulim é um mineral amplamente distribuído pela crosta terrestre, sendo considerado um dos seis minerais mais abundantes, de acordo com SILVA (2001). O Brasil, conforme dados do IBRAM (2020), ocupa a sétima posição na lista dos maiores produtores desse mineral no mercado internacional. Devido às suas propriedades químicas e físicas, o caulim é um mineral industrial sofisticado, com uma ampla gama de aplicações em diferentes setores da indústria, desde a fabricação de artigos cerâmicos até a produção de medicamentos, papel, plástico e borracha (IBRAM, 2008). Luz e Damasceno (1993) afirmam que o caulim é um dos minerais mais sofisticados do setor industrial.

O caulim é um recurso mineral fino, com baixo teor de ferro e composto por silicatos hidratados de alumínio, predominando a caulinita e a haloisita. Sua composição química é próxima de Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O, embora haja a presença de outros metais como impurezas. O termo caulim é utilizado tanto para se referir ao minério que contém caulinita quanto ao produto gerado após o beneficiamento (LUZ; DAMASCENO, 1993).

No Nordeste, a atividade mineradora em Junco do Seridó-PB tem se mostrado uma importante estratégia para a geração de renda na região. Segundo Barreto (2013), a mineração vem ganhando destaque na Paraíba desde a década de 1960, com a exploração de minérios como o caulim. No entanto, embora seja um aditivo mineral economicamente relevante, a extração e, sobretudo, os resíduos gerados pelo beneficiamento têm causado impactos adversos ao meio ambiente.

De acordo com Rezende et al. (2008), a extração e beneficiamento do caulim produzem uma quantidade significativa de resíduos, correspondendo a cerca de 80 a 90% do volume bruto explorado. Os autores destacam que esses resíduos são frequentemente descartados em campo aberto, sem a destinação adequada em aterros sanitários. Como resultado, essas pilhas de rejeitos têm impactos negativos na saúde da população local, além de causar complicações no meio físico e biótico das regiões circunvizinhas.

Conforme definido no Art. 1º da Resolução nº1 do CONAMA (1986), o termo "Impacto Ambiental" se refere a um conjunto de alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente decorrentes das atividades antrópicas. De acordo com a autora Silva (2017), a atividade mineradora é responsável por causar uma série de impactos negativos, tais como a poluição atmosférica, uma vez que o caulim é um mineral particulado e fino, que pode ser facilmente dispersado pelos ventos. Além disso, a mineração pode levar à contaminação do solo e corpos d'água, modificação da paisagem natural, entre outros efeitos prejudiciais ao meio ambiente.

Diante disso, visando a necessidade de uma destinação ambientalmente correta, aliado a diminuição dos impactos ambientais gerados pelo acúmulo desse rejeito nas mineradoras, é imprescindível que haja um conhecimento prévio a respeito das características químicas do material, para que a partir de novas pesquisas seja possível encontrar outras aplicabilidades desse mineral na indústria.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar quimicamente o rejeito proveniente do beneficiamento do caulim no município de Junco do Seridó/PB, a partir da análise por Espectrometria de Fluorescência de Raio X com Energia Dispersiva.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização do trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas sobre a caracterização química do caulim em outras empresas da Paraíba, como também no que diz respeito às possíveis aplicações desse rejeito nas indústrias. Abaixo, seguem as etapas metodológicas seguidas para a execução do trabalho.

COLETA DO MATERIAL E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A coleta da amostra do rejeito de caulim foi realizada no dia 22 de abril de 2022 na Mineração Santo Onofre, localizada em Junco do Seridó/PB. A amostra foi coletada na fração arenosa a cascalhosa com o auxílio de uma pá de plástico e devidamente embalada em uma sacola plástica etiquetada com as informações das coordenadas geográficas e nome da amostra. Estima-se que tenha sido coletado um valor de massa de aproximadamente 10 quilos.

A empresa responsável pela coleta da amostra foi a Mineração Santo Onofre, localizada em Junco do Seridó/PB, cujas coordenadas geográficas são: longitude 36° 43' 12,24"O e latitude 6° 59' 59,05"S. A empresa situa-se na zona pegmatítica do Nordeste, ou seja, região marcada pela presença de rochas pegmatíticas nas quais concentram e se extraem o caulim.

AMOSTRAGEM E ANÁLISE NO FRX

No processo de amostragem realizado no Laboratório de Pesquisa Mineral do IFRN Campus Natal-Central, foram realizadas etapas para a preparação da amostra. Primeiramente, foi feito o peneiramento utilizando peneiras com abertura de 28 e 50 malhas por polegada (mesh) para retirar cascalhos e grânulos. Em seguida, a amostra foi cominuída manualmente a cada 50 gramas com o auxílio de um pilão e socador de porcelana. Por fim, a amostra foi peneirada nas malhas de 100 e 200 mesh. Essa granulometria foi necessária para que a análise pudesse ser realizada utilizando o equipamento FRX.

Após o tratamento, a amostra foi encaminhada para análise química no laboratório do Centro de Tecnologia Mineral (CT Mineral) do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Currais Novos. A análise foi realizada por Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X (FRX), utilizando um Espectrômetro de Bancada de Energia Dispersiva (EDXRF) da marca *Thermo Fisher Scientific*, modelo ARL QUANTX, por meio do método a ar. Esse equipamento tem a capacidade de identificar a composição e a concentração de elementos presentes em uma amostra, a partir da energia liberada em forma de luz com a excitação dos elétrons nos átomos.

Por fim, no laboratório, foi retirada uma pequena quantidade da amostra do rejeito, cerca de 20 g, sendo inserida em um copo de polietileno compatível com o equipamento. Esse pequeno recipiente é constituído por uma tampa, uma argola e uma película transparente.

RESULTADOS OBTIDOS

Com a análise química realizada, foi possível determinar, semiquantitativamente e semiquantitativamente, os óxidos dos seguintes elementos presentes na amostra do rejeito de caulim: Si, Al, K, Fe, Ti, Cl, Ba, Zr, Rb, Mn, Co, Pb, Sr, Ga, Y e Zn, expressos em porcentagem (%). A tabela 1 apresenta os valores dos resultados obtidos pela análise química no equipamento FRX. Observa-se que a composição da amostra é predominantemente constituída por 50,79% de SiO₂ (óxido de silício) e 45,78% de Al₂O₃ (óxido de alumínio), seguidos por apenas 2,29% de K₂O.

Tabela 1: Resultados da análise química do FRX.

Composição química (Óxidos)	Teor (%)	Elementos	Teor (%)
SiO ₂	50,790	Si	23,750
Al ₂ O ₃	45,780	Al	24,230
K ₂ O	2,2900	K	1,900
Fe ₂ O ₃	0,8300	Fe	0,581
TiO ₂	0,0793	Ti	0,048
Cl	0,0448	Cl	0,045
BaO	0,0403	Ba	0,036
ZrO ₂	0,0286	Zr	0,021
Rb ₂ O	0,0246	Rb	0,023
MnO	0,0216	Mn	0,017
Co ₃ O ₄	0,0145	Co	0,011
PbO	0,0114	Pb	0,011
SrO	0,0108	Sr	0,009
Ga ₂ O ₃	0,0057	Ga	0,004
Y ₂ O ₃	0,0054	Y	0,004
ZnO	0,0054	Zn	0,004

Comparativamente com outros autores, de acordo com Sousa (2021), as análises do rejeito de duas empresas da região da Borborema/Seridó deram resultados para SiO₂ igual a 51,967 e Al₂O₃ igual a 25,489. Enquanto no trabalho de Medeiros (2022), os valores desses óxidos presentes nas amostras coletadas pela empresa Mineração Noruega, também em Junco do Seridó, se mantiveram com uma média de aproximadamente 53,356 e 43,840.

ANÁLISES DOS RESULTADOS

Pode-se constatar a partir dos resultados da análise química por FRX que os percentuais de SiO₂ e Al₂O₃ são os mais predominantes, o que indica que o rejeito tem uma composição química essencialmente de caulinita. É importante ressaltar que o valor encontrado pela análise está próximo do teor apresentado na caulinita teórica, que, de acordo com (LUZ et al., 2005), é de aproximadamente 39,50% de Al₂O₃ e 46,54% de SiO₂. Além disso, é possível perceber que há um baixo teor de óxido de ferro, o que explica a cor branca do mineral, bem como um baixo valor de outros óxidos metálicos, como o TiO₂ e K₂O.

Segundo Alago (2021), o dióxido de silício ou sílica, representado pela fórmula SiO_2 , é o composto químico mais abundante na crosta terrestre, sendo utilizado em vários processos ou operações de diversos segmentos industriais. Entre eles a mineração, cerâmica e vidro, metalurgia, fundição e siderurgia, indústria química e na construção civil. Della et al. (2006), complementam que o óxido de silício tem grande importância na indústria cerâmica, principalmente como matéria-prima para fabricação de refratários e tubos cerâmicos. Já na indústria da construção civil, está presente como componente em cimentos, concretos e argamassas.

O óxido de alumínio é um composto químico cuja fórmula molecular é Al_2O_3 , também conhecido como alumina. Conforme explicado por Azevedo (2018), a alumina é amplamente utilizada em várias aplicações devido ao seu bom desempenho em termos de resistência ao uso, à resistência e alta dureza, com um bom custo-benefício. A autora complementa que esse composto pode ser produzido em diferentes percentuais de pureza e/ou formar outros compostos cerâmicos, aprimorando suas propriedades.

Diante disso, é possível indicar que os elevados teores de sílica e óxido de alumínio sugerem que estes podem ser usados como matéria-prima para fabricação de massas cerâmicas.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Em linhas gerais, observou-se que o caulim é um mineral que, em virtude de suas propriedades químicas e físicas, possui uma vasta aplicação industrial. No entanto, embora seja um recurso econômico importante, sua exploração e beneficiamento produz uma quantidade significativa de rejeito que, muitas vezes, não possui destinação adequada. Diante disso, esta pesquisa caracterizou quimicamente o rejeito proveniente do beneficiamento do caulim no município de Junco do Seridó/PB, a partir da análise por FRX.

Dessa forma, foi possível conhecer seus elementos químicos, compará-los com sua composição original e trazer possíveis aplicações nas indústrias. A pesquisa, por meio dos dados obtidos, constatou que esse rejeito é composto predominantemente de sílica e óxido de alumínio, características que permitem sua utilização na indústria de massa cerâmica.

Este trabalho contribui para o conhecimento, pois a compreensão sobre as propriedades e constituição da química de um mineral é essencial para o bom gerenciamento dos resíduos gerados nas mineradoras. Dessa forma, a partir dessas características, é possível o reaproveitamento do material nas indústrias, o que pode reduzir significativamente o acúmulo de rejeitos e, conseqüentemente, diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente.

Como limitação este estudo, tem-se a apresentação de poucos dados mais atualizados sobre o caulim e sobre as aplicações do rejeito. Recomenda-se que sejam feitos novos trabalhos utilizando outras faixas granulométricas para comparar suas composições químicas considerando diferentes dimensões. Além disso, é recomendável a elaboração de estudos que visam o conhecimento da viabilidade econômica da reutilização do rejeito em empresas de pequeno e médio porte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALAGO, I. **O que é a sílica e quais os riscos de exposição dos colaboradores?** Disponível em: <<https://www.chemicalrisk.com.br/o-que-e-a-silica/>>. Acesso em: 24 nov. 2022
2. AZEVEDO, Danielle Marra de Freitas Silva *et al.* Alumina. ENCIMAT, [s. l.], 21 jul. 2018. Disponível em: <<https://shre.ink/cSkS>>. Acesso em: 28 dez. 2022.
3. BARRETO, Renato. **Cooperativas de mineração dos municípios do estado da Paraíba –um campo fértil para educação de jovens e adultos**. 2013. 86 p. Especialização - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité/PB, 2013. Disponível em: <<https://shre.ink/cFRU>>. Acesso em: 24 nov. 2022.
4. CONAMA, resolução (1986), Art. 1. Disponível em: <<https://shre.ink/cFqF>>. Acesso em: 24 de nov. 2022.
5. DELLA, V. P. et al. **Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz**. Química Nova, v. 29, n. 6, dez. 2006.
6. IBRAM. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020**. 1.ed. Brasília. 2020. 80 p. Disponível em: <<https://shre.ink/cFRR>>. Acesso em: 24 nov. 2022.
7. IBRAM. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 4.ed. Brasília. 2008. 20 p. <<https://shre.ink/cFRR>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

8. LUZ, Adão; DAMASCENO, Eduardo. **Caulim: um mineral industrial importante**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1993. 26 p. Disponível em: <<https://shre.ink/cSkq>>. Acesso em: 24 nov. 2022.
9. LUZ, Adão Benvindo *et al.* Caulim. In: LUZ, Adão Benvindo; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. Natal - RN: CETEM/MCT, 2005. cap. 11, p. 231-262. ISBN 85-7227-217-8.
10. MEDEIROS, Ailma. **Alternativas para otimização do processo de beneficiamento de caulim da região seridó dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. 2022. 107 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2021.
11. SILVA, Fernanda Lourenço. **A extração do caulim no município de Equador RN: implicações ambientais e sociais**. 2017. 94 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2017.
12. SILVA, Sebastião. **Caulim**. 2001. Disponível em: <<https://shre.ink/cFRH>>. Acesso em: 24 nov. 2022.
13. SOUSA, Weberton. **Caracterização química estrutural do rejeito de caulim da região do seridó paraibano**. 2021. 34 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Pombal - PB, 2021.
14. REZENDE, Maria Luiza. **Utilização do resíduo de caulim em blocos de vedação**. 2008. <<https://www.scielo.br/j/rem/a/Lrn5jYcXGcc6P4c9nQ4mzyN/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2022.