



REUTILIZAÇÃO DO REJEITO DA EMPRESA LIMESTONE, APODI/RN: ARTEFATOS CERÂMICOS, ARTESANATO MINERAL E CORRETIVO DE SOLO

Otni Vieira Barbalho Bezerra

Discente em Eng Sanitária e Ambiental, IFRN – CNAT, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
otni.v@escolar.ifrn.edu.br

Aline Adelaide Lima da Silva

Mestranda em uso sustentável de recursos naturais, IFRN - CNAT, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
alineadelaide@gmail.com

Janaina Silva dos Santos

Mestranda em uso sustentável de recursos naturais, IFRN - CNAT, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
janainasdsantos@gmail.com

Levy Petronio Morais Louzarth

Discente em Eng Sanitária e Ambiental, IFRN – CNAT, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
Louzarth.morais@escolar.ifrn.edu.br

Msc. Jairo Rodrigues de Souza

Msc, Prof. Titular do IFRN (CNAT), IFRN - CNAT, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
jairo.souza@ifrn.edu.br

Resumo: As atividades de mineração são viáveis para o desenvolvimento da humanidade, uma vez que produzem uma riqueza inestimável de bens minerais, os quais servem para inúmeras utilidades. Porém, a mineração também mostra consequências negativas ao meio ambiente como, por exemplo, impactos ambientais pela produção de rejeitos. Assim, o presente artigo tem como objetivo reutilizar os rejeitos da etapa de beneficiamento da empresa Limestone, Apodi-RN, com o intuito de produzir artefatos cerâmicos, artesanato mineral e/ou corretivo de solo. As alternativas propostas para o resíduo foram a mistura do rejeito de calcário em lama com argila para melhorar as propriedades físicas de artefatos cerâmicos, bem como a utilização do mesmo rejeito fino como corretivo de solo pelo alto teor de cálcio e a transformação dos fragmentos rochosos em artesanato mineral com fins sociais. Para tanto, foram realizadas análises químicas (MEV e EDx) e físicas (teste de absorção de água e sinterização) a partir do recolhimento de amostras do rejeito, como o estudo da viabilidade de utilização do material sólido em artesanato. Após tais análises, percebeu-se a eficácia dos caminhos supracitados como forma de impulsionar a exploração aliada à preservação ambiental, visto que os testes comprovaram a efetividade do rejeito para tais fins.

Palavras-chave: Reutilizar, Rejeitos, Análises químicas, Apodi-RN, Limestone.



1. Introdução

A produção de rochas ornamentais provoca sérios danos ao meio ambiente, principalmente, pelo alto volume de rejeitos produzidos assim como a emissão de partículas, poeiras na atmosfera. Esses fragmentos sendo lançados próximos a corpos hídricos ocasionam, por exemplo, assoreamento dos córregos além do prejuízo na qualidade do ar. Vale ressaltar também que esses rejeitos alteram as propriedades pedológicas da região assim como o processo de lavra favorece a liberação de ruídos, incomodando a saúde mental dos animais presentes (MORAES et al., 2006).

Alguns países como o Brasil, que dispõem de importantes recursos geológicos e onde a extração de rochas ornamentais encontra-se em acelerado desenvolvimento, enfrentam sérios problemas com os rejeitos provenientes do beneficiamento (SAINT MARTIN et al., 2008). Nos processos de extração e beneficiamento, que em sua maioria são feitos de maneira precária, é gerada uma grande quantidade de rejeitos, atingindo, em alguns países, cerca de 60% do extraído, com pouco ou nenhum aproveitamento posterior (FRANGELLA; CARVALHO, 2007). Já no Rio Grande do Norte, não se têm muitos dados concretos sobre a produção de rejeitos em etapas provenientes do beneficiamento mineral, tendo em vista que a maioria das atividades extrativistas minerais são garimpeiras.

De acordo com a Lei 6.938/81 da Constituição Federal:

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental.

A Licença de Operação (LO) para atividades envolvendo lavra e beneficiamento mineral de rochas ornamentais, concedida no estado do Rio Grande do Norte pelo IDEMA, tem duração de quatro anos, devendo-se cumprir diversas condicionantes. Uma delas é a destinação correta do rejeito, a qual deverá se dispor em pilhas, numa área plana e sem vegetação nativa, denominando-se “pátio de rejeitos”. O beneficiamento de rochas ornamentais da mineradora Limestone resulta em dois tipos de rejeitos: lama e fragmentos rochosos. No primeiro, os grãos possuem diâmetro de até 0,074 mm, contaminando facilmente o ar e solo. Já o segundo apresenta dimensões centimétricas a métricas.

De acordo com Mesquita et al., 2009, alguns pesquisadores já realizam estudos com pó de rochas como fonte de silício, potássio, micronutrientes e corretivos da acidez do solo, por conterem alto poder nutritivo. Além disto, segundo Suassuna et al., (2012), tais amostras são fontes de calcita de alta pureza, mostrando que podem ser usados como matéria-prima na fabricação de placas cerâmicas.

Logo, é de suma importância encontrar alternativas para a reutilização dos rejeitos de calcário, pois, além de prejudicar o meio ambiente caso fiquem amontoados e expostos, os resíduos podem auxiliar em outras áreas, gerando menos custo aos artesãos e aos ceramistas, por exemplo, visto que o material é entregue sem custo algum, ou seja, todos saem beneficiados – tanto o meio ambiente, quanto as pessoas e a empresa envolvidas.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral reutilizar os rejeitos resultantes do processo de beneficiamento de calcários da mineradora Limestone situada no município de Apodi-RN, na perspectiva de encontrar soluções econômicas e operacionais viáveis, suscitando a consciência ambiental e na melhoria da empresa e sociedade. Já como metas específicas têm-



se: avaliar mecanicamente cada tipo de resíduo, seja lama ou fragmentos rochosos; analisar por meio de processos químicos a composição química dos resíduos e apresentar a visão de um artista sobre as formas de reutilizar os rejeitos da mineradora através de artesanato mineral.

2. Fundamentação teórica

A empresa em estudo é responsável por todo o processo de produção seja da pedreira até o beneficiamento. A pedreira, que funciona a céu aberto, tem como objetivo lavar materiais para fins de ornamentação. Já o beneficiamento é o conjunto de etapas que visa à modificação do minério sem alterar sua composição química, transformando-o em placas.

Na fase da frente de lavra, o desmonte das rochas se dá a partir da combinação entre o fio diamantado e a perfuração. Após o transporte do material lavado, ocorre respectivamente a serragem, polimento, corte, hidrofugação (opcional) e, embalagem e despacho, gerando a formação de resíduos (Figura 2). Entretanto, apenas o rejeito de lavra é entregue a Associação dos Caeiros de Apodi-RN, donde é queimado, britado e colocado no forno para gerar cal. Já o resíduo de beneficiamento fica acomodado em pilhas de rejeitos sem destino prévio (Figura 1b).

Ao iniciar os trabalhos da lavra, a primeira parte se dá pela perfuração em blocos retangulares da rocha bruta. Os furos são feitos formando um triângulo: um risco na horizontal e dois furos na vertical ligando-os. Em seguida é passado um fio diamantado, originado por diamantes sintéticos, por baixo do risco e corta o calcário em formato de “U”. Retirando, assim, o bloco. Ao remover o bloco, pode deparar-se com “surpresas” negativas, como oxidação, cristais de geodos, entre outros tipos de eventos que atrapalham a qualidade do material final.

Um dos motivos para que o desmonte escolhido fosse o escultural foi a necessidade de causar a menor intensidade de vibrações possíveis. Portanto, há menos blocos fraturados ou trincados. Características importantes para um mercado de rochas ornamentais, o qual visa à estética.

Após todos os cortes serem feitos, apenas 40% do total, os quais conseguem chegar ao formato retangular almejado, são encaminhados para o beneficiamento. Ou seja, os outros 60% são rejeitos. Ao sair da pedreira, o material é transportado por meio de caminhões e depositados no pátio do beneficiamento. Logo após, o bloco é retirado a partir das pontes rolantes, onde é cimentado, tornando-o mais fácil de ser deslocada. A primeira etapa do beneficiamento é a máquina de tear, a qual fatia em placas mais finas, apenas envolvendo água, em um período de 6 a 8 horas. Dessa forma, é gerado um rejeito em lama. Em seguida, é feita uma pré-classificação para levar as chapas que estiverem em bom estado para a Polimetritz, máquina utilizada para realizar o acabamento, e as que não estiverem são rejeitos.

Existem três tipos de acabamento na Polimetritz: levigado, escobado e polido. O polido deixa a placa com aspecto brilhoso; o levigado dá um aspecto mais fosco; e o escobado, intermediário. Os tipos de texturas são feitos na mesma máquina, modificando, apenas, a “escovinha”. O processo citado leva água, que é reutilizada em outros momentos. Já o seu resíduo, assim como na primeira etapa, também é em lama.

O corte é a terceira parte do beneficiamento, onde as chapas são levadas para serem cortadas pela máquina de corte ou Fresar. Ela consiste em uma mesa girante que são colocadas as fatias que tem movimentos de subida e descida. Após os cortes serem feitos, é opcional do



cliente a passagem à hidrofugação. É nela em que os poros do material serão fechados, impossibilitando a passagem de água: tornando-o antiderrapante. Por fim, as placas vão ser embaladas e despachadas.

O reaproveitamento de água se dá pelo aparelho chamado de Mádraga, por onde a água é filtrada a partir da decantação dos rejeitos (Figura 1a). Essa foi uma das formas encontradas pela empresa em estudo diminuir custos para a produção das rochas.



Figura 1 – (a) Reaproveitamento da água. (b) Pilha de rejeitos da empresa Limestone

Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 2 – Fluxograma do processo de beneficiamento da mina Limestone, Apodi-RN

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com Chaves e Almeida (2002), as rochas ornamentais são materiais rochosos extraídos a partir de blocos paralelepípedos que são serrados em placas objetivando aplicá-las na construção civil, decoração e artísticos. As rochas ornamentais extraídas da empresa Limestone são de calcário maciço. Essa por sua vez, para Galindo et al., (2017), faz parte da Formação Jandaíra, Bacia Potiguar.

O calcário é uma rocha sedimentar de origem orgânica formada pela acumulação de conchas em ambiente marinho. Na Bacia Potiguar, ele é encontrado na formação Jandaíra,



formado no período Cretáceo (OLIVEIRA, 2013). No Rio Grande do Norte, os 24 500 km² de calcários e dolomitos sedimentares espalhados na região setentrional (ANGELIM et al., 2006), resultaram no cadastramento de 174 jazimentos de rochas carbonáticas. Mostrando, assim, a facilidade de encontrar afloramentos desse tipo de rocha no estado. Consequentemente, revela uma possibilidade de expansão do artesanato mineral a partir do material.

Em adição, segundo Sampaio e Almeida (2007), o calcário tem geralmente um grau de coesão baixo. Assim, sabendo dessas características, percebe-se que ele é mais fácil de cortar ou moldar em comparação a outras rochas, corroborando na possibilidade de ser trabalhado como escultura ou outros artefatos artísticos.

Outro fator a se considerar é aplicabilidade do rejeito em lama do calcário, a partir da junção dele com a argila. A argila, segundo Neto (2009), é um composto inorgânico natural, com granulometria fina e textura sedosa. Por causa desses aspectos, ao ser molhada, adquire plasticidade. Já o argilito é composto por um conjunto de argilominerais, um grupo de silicatos em formato de lâminas-filossilicatos. Entretanto, pode ser considerado um termo genérico, ou seja, enquadra todos os materiais que tenham se originado da atividade de intemperismo sem composição química padronizada (SANTOS, 1975).

3. Metodologia

A mineradora Limestone (coordenadas UTM x = 0628734 e y = 9382405, zona 24S) localiza-se no município de Apodi-RN, situado há cerca de 341km da capital potiguar, Natal-RN. O acesso aconteceu por meio da BR-304 e, posteriormente, da BR-405. Ao chegar no município, o acesso à área deu-se por meio de estradas vicinais, conforme a figura 3.

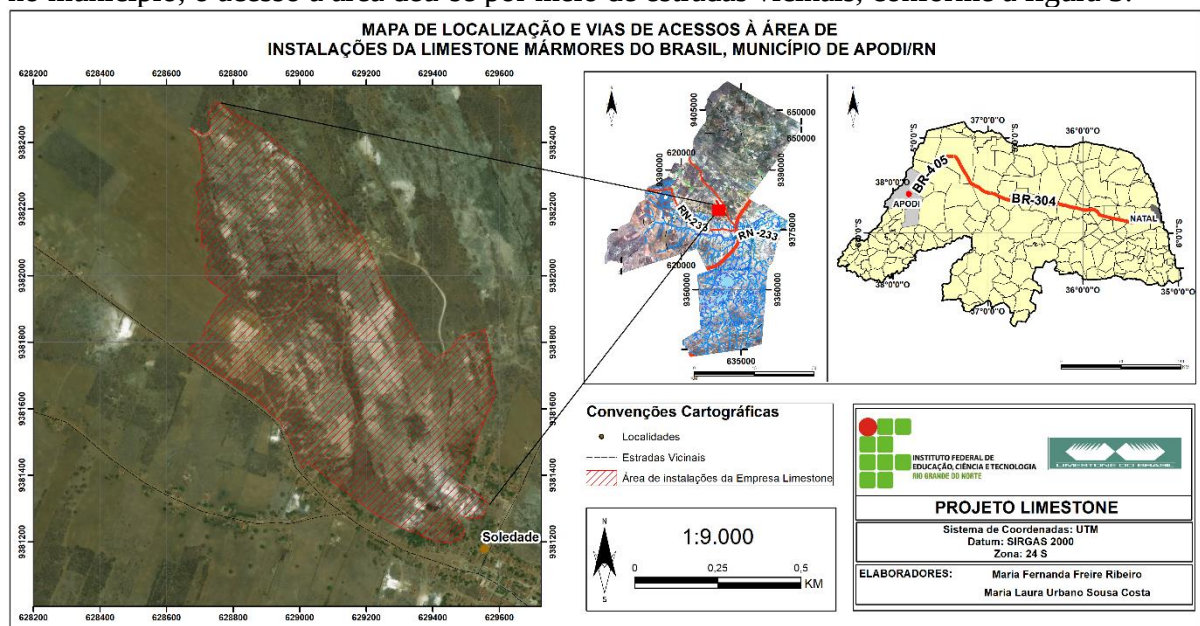


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Autoria própria (2019).

Os materiais utilizados para a construção do presente artigo foram: bibliografias, GPS, questionário, entrevista, amostras de rejeito em lama e fragmentos rochosos, sacolas plásticas,



estufa, cuba, pistilo, prensa e molde, escalímetro, balança de precisão SF-400, forno mufla, espectro fotômetro de raio-x e *software* ArcGIS 10.5.

A metodologia utilizada na pesquisa foi a exploratória. De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), tal método busca a análise de dados que auxiliam no maior conhecimento de um fenômeno. Logo, foi escolhida, pois, além de revisões bibliográficas, houve análises químicas (MEV e EDx) e físicas (teste de absorção de água, sinterização) no laboratório, bem como pesquisa de campo que chegaram a conhecimentos ímpares (Figura 4).

Dentro do beneficiamento também há divisões, conforme a figura 2. Mais especificamente cinco, considerando a empresa em estudo. Consequentemente, há variados tipos de rejeito. Para melhor entendimento, dividiu-se os resíduos de beneficiamento em lama e em fragmentos rochosos.

Já a problemática, base para qualquer investigação, se baseia na busca por alternativas sócio sustentáveis de tais resíduos. Para isso, o trabalho terá uma abordagem quali-quantitativa, já que serão usados métodos matemáticos e análise de referenciais bibliográficos.

Levando em consideração estes aspectos, a seguinte pesquisa, cronologicamente, divide-se em três partes: pré-campo, campo e pós-campo. Este relatório teve início em agosto de 2018 e concluiu-se em outubro de 2019. Antes da pesquisa em campo, procurou-se o tema e analisou-se a viabilidade do campo.

O campo ocorreu nos dias 3 e 4 de dezembro de 2018 e tinha o intuito de colher elementos para o trabalho. No dia 3, recolheu-se as amostras dos rejeitos em lama (3kg) e sólidos (quatro placas com cerca de 30x15cm) e conheceu-se o processo produtivo da empresa LIMESTONE. No segundo dia, coletaram-se 2,5 kg de argila em Itajá-RN já visando que uma das alternativas para os resíduos envolvesse tal material.

A coleta dos rejeitos direcionou a uma nova etapa do trabalho. De 12 de março a 17 de abril de 2019, ocorreu o período da análise química e física das amostras dos rejeitos em pó de calcário. Ambas feitas no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, na própria Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN.

A parte de laboratório foi apenas destinada à busca de alternativas para o rejeito em lama. Convém ressaltar, a princípio, a montagem das amostras feitas pelas integrantes. Os tipos de amostragem foram: prova e contraprova de 5 gramas de calcário e prova e contraprova de 5 gramas de argila; em adição, corpos de provas da mistura de 3 gramas de rejeito em lama com 100 gramas de argila da cerâmica de Itajá-RN. O objetivo dessa mistura foi mostrar a importância do calcário para melhorar a morfologia do artefato cerâmico.

Para montar os tipos de amostras (Figura 5) foi necessário, primeiramente, preparar a argila e o rejeito em pó. Nos dois primeiros dias de laboratório (12-13/03/2019), com o intuito de tirar totalmente a água, colocou-se a argila para secar na estufa a uma temperatura de 110°C, pois a umidade prejudica nos processos posteriores. Após 24 horas, o material foi colocado na cuba e cominuído com um pistilo.

Após a cominuição quase total das amostras de argila (houve uma sobra de 63,007g que se tornou inviável pela cominuição manual), o material foi colocado em uma peneira de 9 mesh (abertura de 2,00 mm) e, em seguida, este material foi levado para uma peneira de 18 mesh (abertura de 1,00 mm). Em paralelo a isto, cominuiu-se o pó do calcário coletado em uma peneira de 200 mesh (abertura de 0,074 mm).

Assim sendo, elaborou-se uma prova e uma contra-prova de, aproximadamente, cinco gramas de calcário cada uma; o mesmo foi realizado com a argila. Após esta fase, misturou-se 3g de calcário em 100g de argila, adicionando-se 10ml de água e a mistura descansou durante



vinte e quatro horas. Passado este tempo, pesou-se a mistura e conferiu-se o valor de 110,63g que, ao dividir por dez, resultou na confecção de dez corpos de prova de 11,063g cada um. Após a pesagem de todos os corpos de prova, separou-se as quantidades em saquinhos e deu-se início ao processo de prensa, simulando a atividade de fabricação de telha de cerâmicas. Para tal feito, utilizou-se o molde e a prensa.

Para diferenciação e identificação, ao confeccionar os corpos de prova fez-se uso da inicial P (prova) e da numeração de acordo com a ordem de preparação dos mesmos. Feito isto, o material foi levado para a estufa novamente, a uma temperatura de 110°C por mais vinte e quatro horas. Ao retirar as peças, fez-se a medição das mesmas, levando em conta o peso, o comprimento superior e inferior e a altura. A etapa seguinte denominou-se sinterização, na qual os corpos de prova foram colocados no forno mufla, durante um dia completo, sob uma temperatura de 9500°C, para a realização da queima do material. No dia seguinte, realizou-se a medição dos corpos após tal fase.

Em seguida, os corpos foram colocados imersos em um recipiente com água para que pudesse ser realizado o teste de absorção durante um período de vinte e quatro horas, sendo realizadas as medições necessárias. Por fim, ocorreram as análises químicas do tipo MEV e EDx com o calcário mais a argila com o intuito de observar a proporção dos elementos químicos.

Os resíduos de fragmentos rochosos, diferentemente dos resíduos em lama, tiveram outro direcionamento, resultando em artesanato mineral, ou seja, uma área específica da arte que tem rochas como matéria-prima. Nesta etapa, entrou-se em contato com alguns escultores e artesãos potiguaros para uma possível visita aos mesmos. Assim, resultando em entrevista do tipo estruturada e registros fotográficos com o escultor natalense Rhasec César que demonstrou, na prática, a parcial viabilidade da proposta.

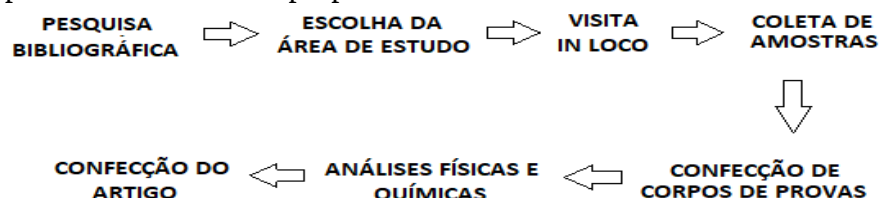


Figura 4 – Fluxograma das atividades desenvolvidas no presente trabalho

Fonte: Autoria própria (2019).

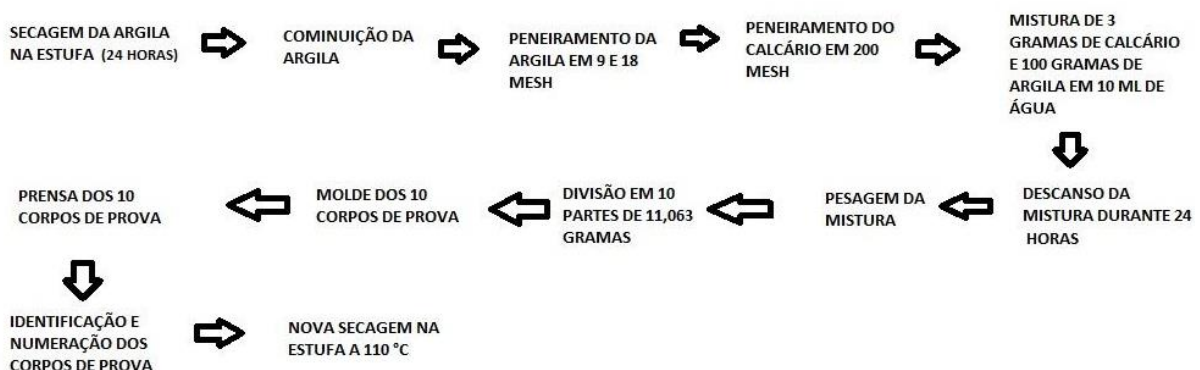




Figura 5 – Fluxograma do processo de confecção dos corpos de prova
Fonte: Autoria própria (2019).

4. Resultados

4.1 Ensaios cerâmicos

De acordo com Gomes (2018, p.4):

Cerâmicas estruturais, como telhas, tijolos e revestimentos cerâmicos, geralmente, apresentam grande variação composicional, devido ao largo intervalo de composições das argilas utilizadas como matérias-primas para sua fabricação, o que possibilita uma grande tolerância para a incorporação de resíduos minerais. O potencial de incorporação de resíduos, nas formulações de cerâmicas, aliado as elevadas quantidades de recursos naturais consumidos corriqueiramente por esse segmento industrial, ressalta a importância da reutilização de resíduos como matérias-primas alternativas.

Sendo assim, os ensaios cerâmicos tiveram início e término nos dias 12 de março e 17 de abril de 2019, respectivamente. Em primeiro lugar, houve a confecção dos corpos de prova no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos. Nesta etapa, houve a pesagem da mistura de 3 g de calcário com 100 g de argila, adicionados a 10 ml de água. Em termos de elementos químicos do calcário, foram feitas análises por fluorescência de raio-x e foram constatados os seguintes elementos químicos (Tabela 1):

Tabela 1 – Concentração dos elementos químicos provenientes das análises de fluorescência de raio-x do calcário

ANÁLISES DE FLUORESCÊNCIA DE RAIO-X		
AMOSTRAS DE CALCÁRIO		
CONCENTRAÇÃO DE ÓXIDOS (%)	AMOSTRAS	
	PROVA	CONTRAPROVA
CaO	98,58%	98,65%
Al ₂ O ₃	0,52%	0,51%
SiO ₂	0,40%	0,36%
SO ₃	0,24%	0,20%
K ₂ O	0,18%	0,19%
SrO	0,05%	0,05%
CuO	0,03%	0,03
TOTAL	100%	99,99%

Fonte: Autoria própria (2019).

Após um descanso de vinte e quatro horas, a mistura apresentou um valor de 110,63g que, dividindo-se por dez, resultou em dez corpos de prova de 11,063g cada um (Figura 6). Ao passar pela prensa a fim de moldar os corpos de prova, procederam-se as medições de comprimento superior e inferior, altura e a pesagem anterior e posterior ao processo de prensa, conforme explicita a tabela 2.

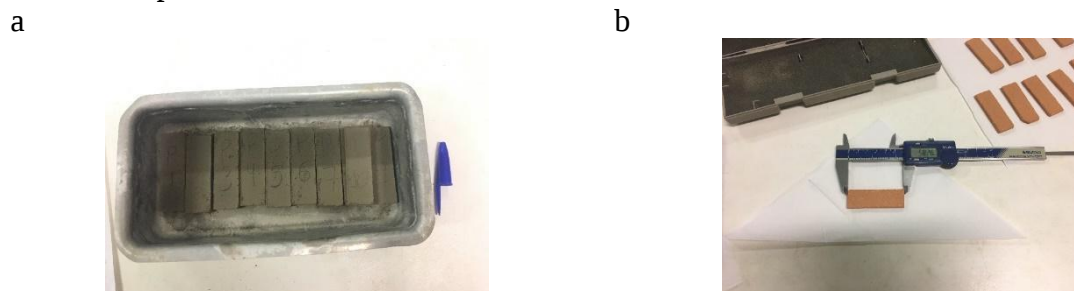


Figura 6 – a) Corpos de provas após confecção e b) Corpo de prova após sinterização
Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 2 – Confecção dos corpos de prova com 3% de calcário em lama

FORMULAÇÃO O (P)	Comprimento (h em mm)	Peso (g)	Comprimento Superior (mm)	Comprimento Inferior (mm)	Peso após prensa (g)
P1	60,54	10,979	20,89	21,14	10,419
P2	60,69	10,976	21,13	20,89	10,271
P3	60,65	10,963	21,10	20,89	10,291
P4	60,56	10,985	21,12	21,07	10,440
P5	60,77	10,991	21,33	20,97	10,436
P6	60,81	10,982	21,12	20,85	10,394
P7	60,58	10,992	21,14	21,85	10,414
P8	60,74	10,984	21,14	20,92	10,360
P9	60,55	10,996	21,22	20,81	10,536
P10	60,49	10,227	20,73	21,04	10,101

Fonte: Autoria própria (2019).

Após os corpos de prova serem levados à estufa, sob uma temperatura de 110°C, para que toda a umidade fosse perdida, durante vinte e quatro horas, as peças foram retiradas, sendo, portanto, realizadas as medições do comprimento superior e inferior, da altura e peso dos mesmos. Os resultados foram mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Corpos de prova com 3% de calcário em lama após a estufa de 110 °C

FORMULAÇÃO (P)	Comprimento (h em mm)	Peso (g)	Comprimento Superior (mm)	Comprimento Inferior (mm)
P1	60,42	9,568	20,68	20,86
P2	60,26	9,523	20,94	20,78
P3	60,14	9,404	20,87	20,63
P4	60,08	9,538	20,66	20,87
P5	60,34	9,555	20,88	20,68
P6	60,08	9,479	20,89	20,71
P7	60,29	9,500	20,90	20,60
P8	60,29	9,472	20,90	20,77
P9	60,46	9,652	20,97	20,91
P10	60,28	9,319	20,73	20,94

Fonte: Autoria própria (2019).

A etapa posterior, denominada sinterização (Figura 6b), popularmente conhecida como o processo de queima, ocorreu em um forno chamado mufla, da marca JUNG, a uma temperatura de 9500 °C, mostrando os resultados conforme a tabela 4.



Workshop Internacional

SUSTENTARE & WIPIS 2024

Sustentabilidade, Indicadores
e Gestão de Recursos Hídricos

www.sustentarewipis.com.br

18 a 22

de novembro

Transmissão online • Evento gratuito

Realização




Apoio Institucional




Tabela 4 – Corpos de prova após sinterização a 9500 °C

FORMULAÇÃO O (P)	Comprimento (h em mm)	Peso (g)	Comprimento Superior (mm)	Comprimento Inferior (mm)
P1	58,20	8,607	20,16	20,19
P2	58,39	8,538	20,31	20,20
P3	58,12	8,455	20,25	20,07
P4	58,10	8,557	19,92	20,23
P5	58,04	8,595	20,21	20,05
P6	57,99	8,513	20,20	20,05
P7	58,10	8,468	20,23	20,07
P8	57,97	8,496	20,20	20,05
P9	58,15	8,652	20,27	20,09
P10	58,74	8,329	20,03	20,25

Fonte: Autoria própria (2019).

Por fim, o último teste físico realizado foi o de absorção de água, no qual os dez corpos de prova descansaram durante um dia completo imersos em um recipiente com água. A tabela 5 apresenta os resultados obtidos através das medições realizadas.

Tabela 5 – Corpos de prova após teste de absorção

FORMULAÇÃO (P)	Comprimento (h em mm)	Peso (g)	Comprimento Superior (mm)	Comprimento Inferior (mm)
P1	58,25	10,180	20,15	20,08
P2	58,68	10,245	20,29	20,13
P3	58,34	10,095	19,78	20,05
P4	58,22	10,194	20,12	20,14
P5	58,33	10,247	20,24	20,10
P6	58,16	10,143	20,16	19,66
P7	58,13	10,145	20,23	20,14
P8	58,78	10,153	20,18	20,02
P9	58,35	10,335	20,29	20,08
P10	58,50	10,062	20,13	19,51

Fonte: Autoria própria (2019).

Sendo assim, é comprovada e notória a utilização da proporção de 3% de calcário em lama na argila para a confecção de artefatos cerâmicos, visto que com tais quantidades, todos os dez corpos de prova confeccionados não apresentaram quebra, rachaduras ou inflaram durante as análises físicas as quais foram submetidos.

4.2 Análise de Fluorescência de Raio-X

A análise de fluorescência de Raio-X, comumente chamada de EDX, foi realizada no dia 23 de outubro de 2019, no laboratório do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, com as provas e contraprovas de 5 gramas de calcário e argila, respectivamente, totalizando em 20 gramas de material, conforme a figura 7.

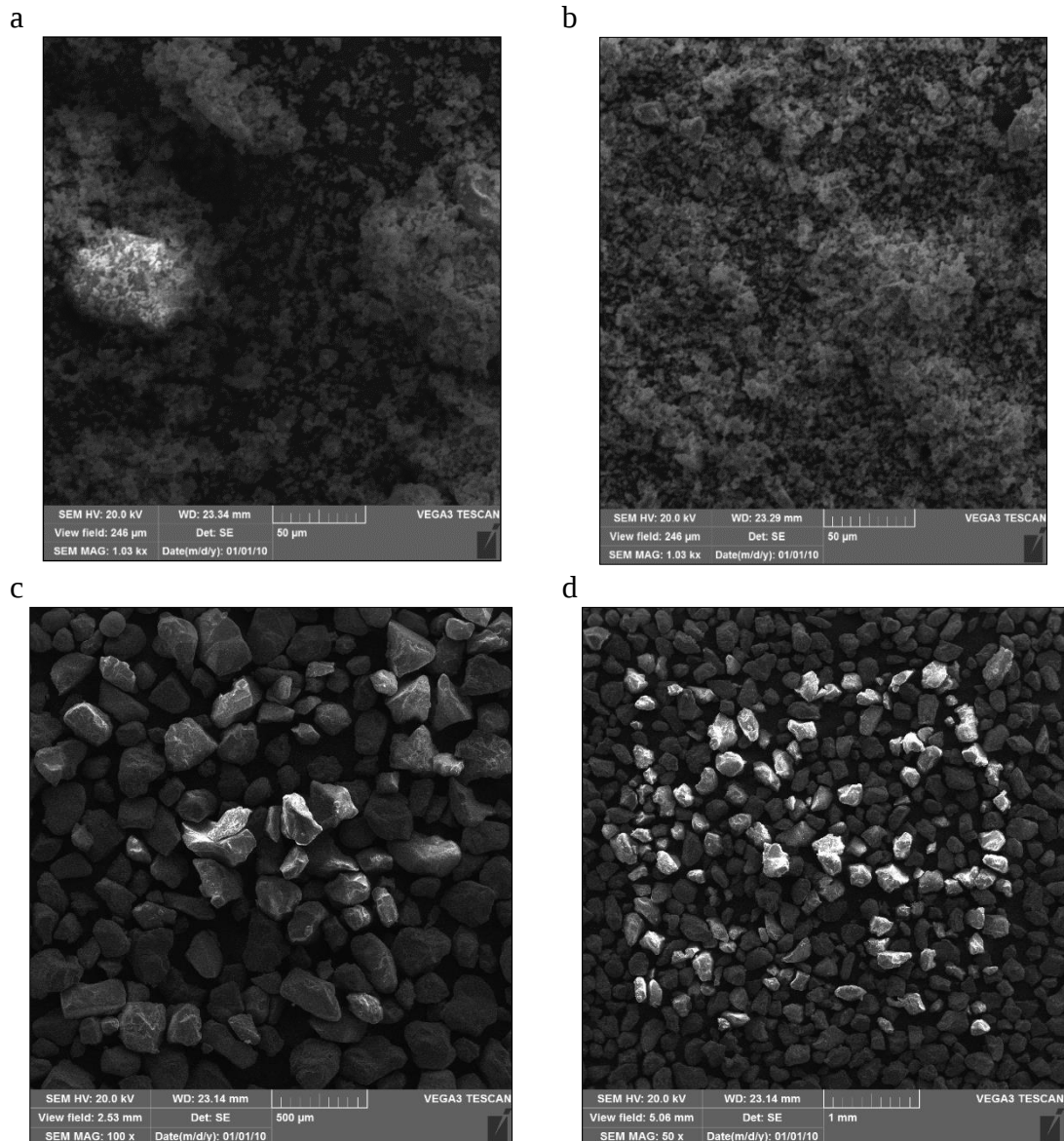


Figura 7 – Espectrofotografias das provas e contraprovas do calcário e da argila. a) Prova do calcário em um aumento de 1000x. b) Contraprova do calcário em um aumento de 1000x. c) Prova da argila de em um 100x. d) Contraprova da argila em um aumento de 50x
 Fonte: Autoria própria (2019).

Segundo Araújo e Barros (2018), os solos argilosos, em sua composição química, apresentam uma quantidade de óxido de alumínio e ferro, apresentando uma coloração avermelhada característica. Contudo, no município de Itajá-RN, há uma riqueza de depósitos de argila branca e preta, contendo esta última maior plasticidade e maior teor de óxido de alumínio. Silveira e Sallet (2002) realizaram uma análise por fluorescência de raio-x com amostras de argila do respectivo município, cujos resultados indicaram uma alta porcentagem de óxido de silício e de ferro, com esta apresentando, aproximadamente, uma concentração de 7,56% de Fe_2O_3 . Além disso, conforme Sales et al (2016), a presença de salitre (cloreto de



sódio) na composição química da argila pode causar a ruptura da cerâmica na etapa de sinterização (o que não ocorreu durante os experimentos realizados).

As análises químicas procedidas pelas amostras de argila (prova e contraprova, conforme a tabela 6) amostradas numa indústria ceramista do Vale do Açu, Rio Grande do Norte, mostraram que a concentração de ferro foi de, aproximadamente, 6%. Além disso, apresentaram cerca de 69% de SiO_2 , 21% de Al_2O_3 e uma inexistência de salitre, evidenciando uma boa matéria para a produção de artefatos cerâmicos.

De acordo com Aoki (2007), além do calcário e argilas também faz-se uso de bauxitas e minérios de ferro, em pequenos volumes, para ajustar as quantidades de óxidos exigidos no processo de fabricação de cimento. Estes óxidos de Cálcio, Sílica, Alumínio e Ferro são responsáveis por 95% da composição química. Nas análises as quais foram submetidas as amostras de calcário (tabela 1), é evidente o alto teor de óxido de cálcio, viabilizando, portanto, tal utilização do mesmo. Ademais, Abreu Júnior et al. (2003) encontraram, ao realizar estudos nos solos brasileiros com pH inferior a 5,6, correlações positivas entre o pH e os valores de P, Ca, Mg, K, e negativas com a saturação de Al. Sendo assim, os resultados obtidos também ratificam a eficácia do material recolhido na utilização como corretivo de solo.

Tabela 6 – Concentração dos elementos químicos provenientes das análises de fluorescência de raio-x da argila

ANÁLISES DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X		
AMOSTRAS DE ARGILA		
CONCENTRAÇÃO DE ÓXIDOS (%)	AMOSTRAS	
	PROVA	CONTRAPROVA
SiO_2	69%	68,78%
Al_2O_3	21%	21,09%
Fe_2O_3	5,46%	5,01%
K_2O	2,39%	2,36%
TiO_2	1,81%	1,68%
BaO	0,47%	0,46%
Outros	0,46%	0,62%
Total	100,58%	100%

Fonte: Autoria própria (2019).

4.3 Entrevista com artista plástico

A entrevista foi feita com o artista e artesão potiguar Rhasec César no dia 6 de maio de 2019, em seu ateliê situado no Cemitério Morada da Paz. Assim como ele diferenciou no dia, cada trabalho artístico é único, por isso é de maior custo de produção e, consequentemente, de venda. Já o artesanato trata-se de peças feitas em larga escala e voltadas para um público economicamente menos favorecido. Por conseguinte, foram apresentadas a ele amostras dos



fragmentos rochosos da empresa em estudo para analisar a viabilidade do material como fonte artística. Sobre isto, Rhasec respondeu às perguntas abaixo:

ENTREVISTADORAS: *Você conhece o calcário? Já fez algum trabalho com esse material? Se sim, qual?*

RHASEC: *Conheço, mas nunca fiz trabalho com o calcário.*

ENTREVISTADORAS: *Quais os materiais que você usa para as suas criações artísticas? Onde você encontra esses materiais? É de fácil acesso?*

RHASEC: *Dou preferência pela Pedra Sabão, mas também trabalho com cerâmica, mármore, concreto celular e gosto de misturar argila com pó da Pedra Sabão. Essa mistura deixa o material mais consistente.*

O mármore não é muito bom de ser trabalhado pela alta dureza, o que necessita de mais equipamentos. Já a pedra sabão, o material que mais uso pela baixa dureza, consigo em Lajes e considero de fácil acesso.

ENTREVISTADORAS: *Você consegue vender bem o seu trabalho?*

RHASEC: *É relativo. Como artesão vendo nas feiras, que dá para vender razoavelmente bem. Porém nem sempre, mas até os trabalhos artesanais são artesanato artístico, pois trabalho com uma produção limitada*

ENTREVISTADORAS: *Há quanto tempo você vem desenvolvendo esse trabalho com rochas?*

RHASEC: *Há mais de 30 anos desenvolvo o trabalho com rochas. Aqui dentro do Morada da Paz há 20 anos. Vim para desenvolver um trabalho aqui e fiquei. Inclusive morei por 5 anos aqui e nesse ínterim a mídia me descobriu. Então, hoje em dia, sou considerado o artista do cemitério. Na pintura e escultura trabalho daqui dentro da morada é o meu ponto de referência.*

ENTREVISTADORAS: *Quais são as temáticas do seu trabalho?*

RHASEC: *Eu trabalho muito símbolos nordestinos, porque assim eu posso ligar com a nossa cultura, principalmente a parte do Cangaço. Gosto muito de fazer sobre a caatinga também, por exemplo faço trabalho com cactos em pedra. Além disso, faço pequenos artesanatos, como porta-lápis e jarros.*

ENTREVISTADORAS: *Qual o seu público alvo?*

RHASEC: *Eu trabalho com público que admira a arte, não o público que admira o artesanato, pois o povo que admira o último é um público mais popular. Assim, onde meu trabalho pode custar R\$ 1.500 a 2.000, eu tenho que fazê-lo custar de R\$ 30 a 50. Não é o mesmo trabalho artístico, mas é um trabalho artístico mais popular, como um jarro em pedra-sabão trabalhado ou uma escultura pequena de Lampião.*

ENTREVISTADORAS: *Conhecendo agora o rejeito de rocha ornamental de calcário, você acredita que é possível trabalhar com ele?*

RHASEC: *É possível trabalhar com o material, entretanto não é tão fácil. Sua “dureza” obriga a utilização de equipamento mais rebuscados ou de bem mais tempo manualmente. Um desses utensílios é o Retífica, que custa em média R\$ 150,00.*

Desta forma, percebe-se que o calcário não é utilizado pelo respectivo escultor. Além disto, é observável que o rejeito da rocha ornamental de calcário pode ser usado como peça artística ou artesanal, por meio da utilização de equipamentos como, por exemplo, a Microrretífica, a qual custa, em média, R\$ 200,00.



5. Conclusões

Diante do exposto, percebe-se que parte das metas alçadas no início do trabalho foram realizadas. Para tal, foram feitas pesquisas químicas, físicas e mineralógicas dos dois tipos de rejeito do beneficiamento da Mina Limestone. Tudo isto possibilitou a comprovação da sua eficácia na mistura com a argila vermelha para a utilização como artefatos cerâmicos e como corretivo de solo. Em adição, a entrevista com o artista Rhasec ratifica a percepção da utilização do rejeito sólido como artesanato mineral.

Por fim, cumpridos tais objetivos, visa-se incentivar novas pesquisas que trabalhem exploração mineral concomitantemente a preservação ambiental. Como abordado na Conferência de Estocolmo em 1972, a primeira conferência mundial para falar sobre meio ambiente, as discussões ambientais devem estar pautadas em um tripé: eficiência econômica, equilíbrio ecológico e igualdade social.



7. Referências bibliográficas

- ALMEIDA, Salvador L. M. de; CHAVES, Arthur P. Aproveitamento de rejeito de pedreiras de Santo Antônio de Pádua-RJ. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002.
- SILVA, Rosana E. C. da. Aspectos legais das rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.
- GALINDO, Antonio C. et al. Geologia e recursos minerais da Folha Apodi. Recife: CPRM, 2017.
- SILVEIRA, Leonardo L. L.; VIDAL, Francisco W. H.; SOUZA, Júlio C. Beneficiamento de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.
- Sobre a IMARF [S. l.], 10 jun. 2014. Disponível em: <http://www.imarf.com.br/sobre.html>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- Sobre a empresa Limestone do Brasil. Disponível em: <http://www.limestonedobrasil.com.br/>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- ASCOM-PMA (org.). Incentivos garantem a instalação da Limestone do Brasil em Apodi. Disponível em: <http://apodiforte.blogspot.com/2012/01/incentivos-garantem-instalacao-da.html>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- ARAÚJO, A. M. de; BARROS, Sâmea V. A. Análise do solo utilizado pelas indústrias da cerâmica vermelha do município de Itajá/RN para uso em tijolos ecológicos. Mossoró: trabalho de conclusão de curso, 2018.
- SILVEIRA, Lua G. C.; SALLET, R. Guimarães. Caracterização físico-química de argilas do município de itajá-rn para utilização em indústria cerâmica vermelha. Natal: CBECIMAT, 2002.
- BRUYNE, Paul de. Dinâmica da pesquisa em ciências sociais. Rio de Janeiro: F. Alves, 1991.
- HACHICH, Waldemar. Dinâmica da pesquisa em ciências sociais. [S. l.]. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4331229/mod_resource/content/1/Pef3409%20-%20Barragens%20de%20rejeito.pdf. Acesso em: 19 dez. 2018.
- GOMES, Carla Verônica de Farias. Adição do resíduo de serragem de rocha ornamental carbonática em cerâmica vermelha. 2018.
- Gestão e manejo de rejeitos da mineração. organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016. 128 p.
- PEREIRA, Manuel. História da pedra ou pedra com história?. 2006
- OLIVEIRA, Josevania. Revisão sistemática dos equinoides da formação Jandaíra Bacia Potiguar, nordeste do brasil. 2013.
- SALES, J.C et al. As argilas para fabricar cerâmica vermelha no nordeste brasileiro. Águas de Lindóia: 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2016.
- SANTOS, P.S. Tecnologia das argilas. São Paulo: 1975.
- TEIXEIRA-NETO, Érico; TEIXEIRA-NETO, Ângela A. A modificação química das argilas: Desafios Científicos e tecnológicos para obtenção. São Paulo: Química Nova, 2009.
- VARGAS, et al. Rochas ornamentais do brasil, seu modo de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres de construção. 2001.



BRANCO, Pércio de Moraes. Minerais Argilosos. [S. l.], 9 jun. 1992. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Minerais-Argilosos-1255.html>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MESQUITA, L.F.; FILHO, J.C.; ANDRADE, F.V. Calcário marinho e resíduo de marmoraria como corretivos alternativos da acidez em latossolos. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIII., 2009, São José dos Campos - SP. Anais... São José dos Campos: UNIVAP, 4 p. 2009.

SAINT MARTIN, C.M.M (CETEM); RIBEIRO, R.C.C (CETEM); CORREIA, J.C.G (CETEM). Utilização do rejeito oriundo do corte de rochas ornamentais como agregado mineral em pavimentação asfáltica. Rio de Janeiro: 48º Congresso Brasileiro de Química, 2008.

SUASSUNA, P. M.; BRASILEIRO, M. I.; PRADO, A. C. de A. Reaproveitamento do rejeito da extração e beneficiamento da pedra cariri em massas cerâmicas. Juazeiro do Norte: Universidade Federal do Ceará - Campus Cariri IV Encontro Universitário da UFC no Cariri, 2012.

MORAES, Ingrid Vieira Machado de. Mármore e granito: lavra, beneficiamento e tratamento de resíduos. Dossiê técnico. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. 2006.

FRANGELLA, L. N. M.; CARVALHO, E. A. Aproveitamento de rejeitos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: XIV Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2007.

AOKI, Jorge. Calcário para cimento. 24 jul. 2007. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/calcario-para-cimento/>. Acesso em: 20 out. 2019.

ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. Scientia Agricola, v.60, p.337-343, 2003.