

---

## Estudo da caracterização físico-química e microestrutural de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais do Seridó Potiguar

### Study of the physical-chemical and microstructural characterization of waste from the processing of ornamental rocks in the Seridó Potiguar

---

**Djalma Valério Ribeiro Neto**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5052-9047>

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [djalma.neto@ifrn.edu.br](mailto:djalma.neto@ifrn.edu.br)**Julio Cesar de Pontes**ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2883-7307>

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [pontesblaster@gmail.com](mailto:pontesblaster@gmail.com)**Ariadne de Souza Silva**ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9675-0748>

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [ariadnesouza0201@gmail.com](mailto:ariadnesouza0201@gmail.com)**Flánelson Maciel Monteiro**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5674-4736>

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [Flanelson.monteiro@ifrn.edu.br](mailto:Flanelson.monteiro@ifrn.edu.br)**Tercio Graciano Machado**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2764-3316>

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [gracianomil@gmail.com](mailto:gracianomil@gmail.com)

---

### RESUMO

No Rio Grande do Norte, a extração de rochas ornamentais é responsável pela grande geração de resíduos sólidos, dentre eles o pó de rocha ornamental (RPRO). Dessa maneira, visando contribuir com o desenvolvimento sustentável, o presente trabalho possui como objetivo realizar a caracterização de dois resíduos de RPRO do Seridó Potiguar. Para isso, realizou-se os ensaios de FRX, DRX, granulometria a laser e MEV. Através do estudo realizado, verificou-se viabilidade técnica de utilização desses resíduos na indústria de construção civil, com adição em argamassas. As amostras contêm predominância de sílica; em menores proporções óxido de potássio, óxido de ferro, óxido de fósforo, óxido de alumina e óxido de cálcio. Os resultados de DRX apresentam predominância de fases mineralógicas cristalinas. Na análise de MEV, as amostras apresentaram partículas de tamanhos variados, com morfologia irregular e angular. Possuem diâmetro médio de partícula de 23.84µm e 18.71µm. Os resíduos caracterizados possuem potencial de efeito filler para adições minerais em argamassas autonivelantes.

**Palavras-chave:** Pó de rocha; Caracterização; Resíduo; Adição mineral; Efeito filler.

---

## ABSTRACT

In Rio Grande do Norte, the extraction of ornamental rocks is responsible for the large generation of solid waste, among them ornamental rock dust (RPRO). Thus, aiming to contribute to sustainable development, the present work aims to characterize two RPRO residues from Seridó Potiguar. For this, FRX, DRX, laser granulometry and SEM tests were carried out. Through the study carried out, the technical feasibility of using these residues in the civil construction industry, with addition in mortars, was verified. The samples contain a predominance of silica; in smaller proportions potassium oxide, iron oxide, phosphorus oxide, alumina oxide and calcium oxide. XRD results show a predominance of crystalline mineralogical phases. In the SEM analysis, the samples showed particles of different sizes, with irregular and angular morphology. They have an average particle diameter of 23.84 $\mu\text{m}$  and 18.71 $\mu\text{m}$ . The characterized residues have filler effect potential for mineral additions in self-leveling mortars.

**Keywords:** Rock dust; Description; Residue; Mineral addition; Filler effect.

---

## INTRODUÇÃO

Desde o descobrimento do Brasil, o nosso país esteve atrelado a atividades que envolviam o extrativismo, destacando-se o extrativismo mineral com a característica de alteração drástica do ambiente onde é promovido (BRASIL, 2001). De acordo com Oliveira e Lange (2005), a mineração é responsável por gerar resíduos em todo o seu processo produtivo, desde a extração até as suas disposições finais.

No Rio Grande do Norte a diversidade mineral contribui fortemente para o desenvolvimento da economia local, sendo o Seridó Potiguar representado principalmente pelas minerações de scheelita, caulim, feldspato, rochas ornamentais, dentre outros (RIO GRANDE DO NORTE, 2021). O Estado apresenta um excelente potencial para a produção de rocha ornamental em sua diversidade de cores e texturas (DANTAS; PEREIRA; LIMA, 2020), sendo um produto amplamente usado na construção civil. Por outro lado, estando o Seridó Potiguar localizado no semiárido brasileiro, acaba enfrentando os efeitos da desertificação, que são potencializados com a atividade mineradora.

Segundo Pontes *et al.* (2020), pouca ou nenhuma atenção tem sido dada a extração de rochas graníticas, amplamente usadas na construção civil, em relação a um processo operacional com foco em economia circular. Tratando-se de um recurso natural não renovável e considerando a geração de resíduos provocada pela indústria mineral de rochas ornamentais e a sua relação com a construção civil, tem-se um paradoxo entre manter a economia funcionando e na contramão manter o meio ambiente equilibrado para as presentes e futuras gerações, como previsto na Constituição Federal.

Os extremos eventos climáticos estão ocorrendo com mais frequência em todo o planeta, obrigando a sociedade a buscar medidas mitigadoras e uso equilibrado dos recursos naturais. Assim, a necessidade do desenvolvimento sustentável, que se apresentara incompatível com os sistemas de produção e consumo, de acordo com o relatório de Brundtland e o Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2015), apresentada na Figura 1.

**Figura 1** – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.



Fonte: United Nations (2015)

Nessa perspectiva, estudos já foram realizados a respeito da reutilização do resíduo pó de rocha ornamental (RPRO) na produção de materiais para a construção civil (VINCO *et al.* 2016; MITTRI *et al.* 2018; CHAVES 2019; MENDONÇA *et al.* 2021).

A reutilização de RPRO incorporado em argamassas, por exemplo, já é estudada desde a década de 1990 no Brasil. Conforme indica Calmon *et al.* (1997), a substituição da cal por resíduo induz a pensar que o resíduo está funcionando como um filler, diminuindo a porosidade entre as misturas e, conseqüentemente, agregando vantagem à resistência.

As argamassas são classificadas em relação a execução para qual serão utilizadas, entre as quais: assentamento, colante, revestimento e rejuntamento. Contudo, há tipos especiais de argamassas que possuem propriedades tecnológicas singulares quando são comparadas com as mais comumente encontradas no mercado. Bem como existem estudos que apresentam potencialidades na incorporação e adição de resíduos nesse tipo de material, gerando uma argamassa sustentável e possuindo potencial para gerar inovação e, inclusive, criação de novos produtos.

Na pesquisa realizada por Mendonça *et al.* (2021), por exemplo, incorporou o resíduo do mármore na fabricação de argamassas. As conclusões deste trabalho satisfizeram os parâmetros normativos. No trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2018) ocorreu a incorporação dos resíduos do polimento das placas de mármore e granitos em argamassas do tipo colantes. Em se tratando de argamassas autonivelantes, Araújo *et al.* (2015), incorporou fíler de calcário e o resíduo da biomassa de cana-de-açúcar, onde os autores apontam que os resultados foram satisfatórios.

Para as argamassas autonivelantes, seus constituintes devem possuir características específicas para garantir as suas propriedades adequadas, como por exemplo a fluidez sem que ocorra segregação, proporcionando uma moldagem adequada, isenta de falhas decorrentes de sua aplicação, dada a sua característica de se autonivelar pelo próprio peso, sem depender de aplicação.

Yang, Zhang e Yan (2016) propõem o uso de resíduos minerais finos como uma alternativa sustentável para baratear a argamassa autonivelante, bem como reduzir o consumo de cimento e, por conseguinte, reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> em seu processo de fabricação. De acordo com Evaristo, Almeida e Capuzzo (2021), esses resíduos finos, na mistura, se assemelham aos aditivos químicos, atuando como um modificador de viscosidade, garantindo as características de fluidez e trabalhabilidade no estado fresco.

O uso de adições minerais em argamassas autonivelantes pode proporcionar melhor trabalhabilidade, empacotamento das partículas e diminuição da permeabilidade (UYSAL e YILMAZ, 2011). Nessa perspectiva, Anjos *et al.* (2020) afirma que o estudo da dosagem para adições minerais que visem dar uma melhor trabalhabilidade em argamassas (no caso das autonivelantes) e redução dos percentuais de cimento se fazem necessários, uma vez que essas estratégias também podem promover um aumento da durabilidade, a depender do teor da adição mineral utilizada.

Assim, sabendo-se que as indústrias mineral e de construção civil são de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico, bem como o destacado papel da indústria de rocha ornamental para o Seridó Potiguar, torna-se necessário propor medidas mitigadoras de redução dos resíduos sólidos oriundos da indústria de rocha ornamental.

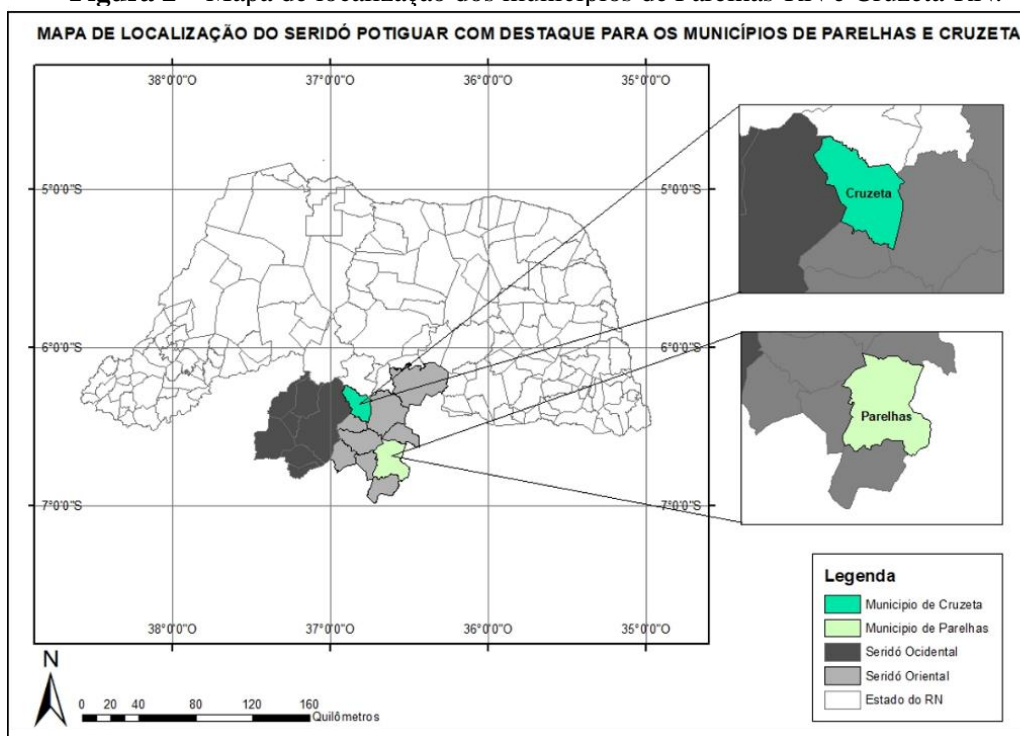
Considerando a conjuntura apresentada, o presente estudo possui como objetivo realizar a caracterização físico-química e microestrutural do resíduo pó de rocha ornamental (RPRO) oriundo dos municípios de Parelhas-RN e Cruzeta-RN, localizados no Seridó Potiguar, a fim de contribuir com o desenvolvimento sustentável através de informações que subsidiem uma aplicabilidade em material para a indústria de construção civil, argamassas.

## **METODOLOGIA**

O pó de rocha ornamental é o resíduo oriundo do processo de corte dos blocos de rochas. A coleta dos resíduos de RPRO utilizados neste estudo ocorreram na região Seridó

do Rio Grande do Norte na empresa Thor Granitos e Mármore LTDA, nos municípios de Parelhas e Cruzeta, em destaque na Figura 02.

**Figura 2** – Mapa de localização dos municípios de Parelhas-RN e Cruzeta-RN.

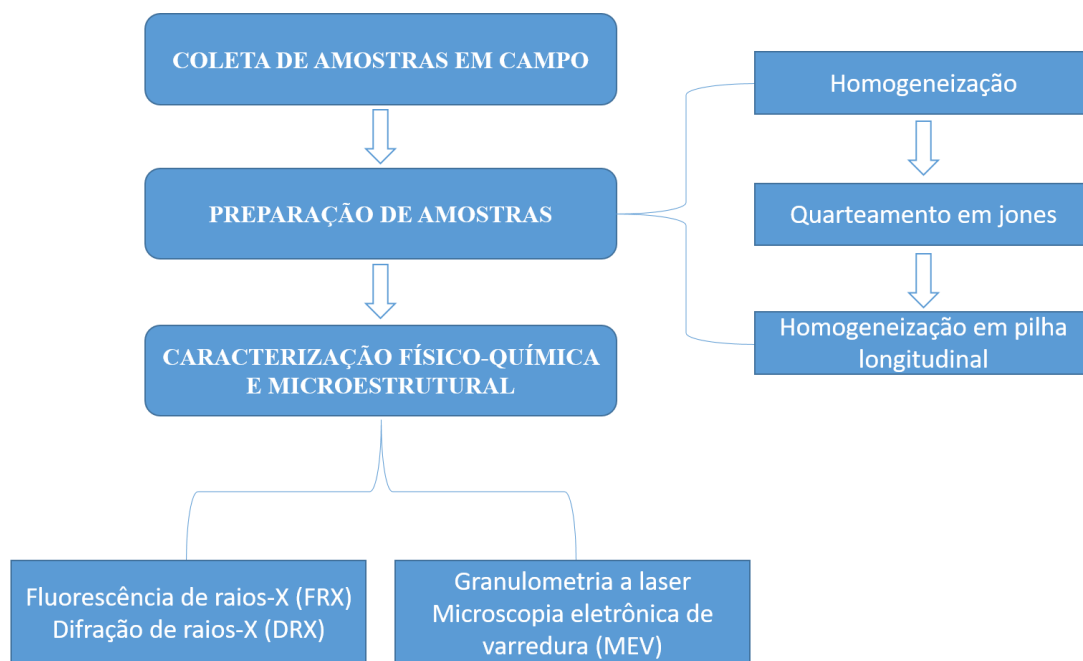


Fonte: Os autores (2023)

Em uma pilha de resíduos, as amostras foram coletadas em diferentes pontos *in loco* a fim de obtê-las de maneira representativa, as quais foram identificadas como RPRO-PAR e RPRO-CRUZ, sendo, respectivamente, de Parelhas-RN e Cruzeta-RN. Posteriormente, foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais (LT2M) do IFRN *Campus* Natal-Central.

Após coletadas, o procedimento experimental se deu em três etapas, a saber: homogeneização e quarteamento das matérias-primas, com objetivo de se obter alíquotas representativas para as etapas posteriores, caracterização físico-química com análises de fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX) e caracterização microestrutural com análises de granulometria a laser e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A Figura 3 apresenta o Fluxograma do procedimento experimental.

**Figura 3** – Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: Os autores (2023)

De modo a garantir uma amostragem acurada e precisa (OLIVEIRA E AQUINO, 2007), realizou-se a homogeneização das amostras e posterior quarteamento em quarteador do tipo jones com 3/8" de abertura construída em chapa de aço galvanizado, dividindo as amostras em 50%. Em seguida, uma das frações de cada uma delas foi homogeneizada através do procedimento de pilha longitudinal, conforme apresenta a Figura 4. Ao final, obteve-se uma fração de 5g de RPRO-PAR e RPRO-CRUZ para os ensaios de caracterização.

**Figura 4** – Pilha longitudinal da amostra RPRO-PAR.



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Em seguida, realizou-se o ensaio de fluorescência de raios-X (FRX) através do equipamento FRX portátil Thermo Scientific Niton XL3T. Acondicionadas em um saco plástico, as amostras de RPRO-PAR e RPRO-CRUZ foram enviadas ao Laboratório de Caracterização Mineral e Resíduos (Lacamm) do IFRN para as análises de difração de raios-X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), e para a granulometria a laser as amostras foram enviadas para o Laboratório de Pesquisa em Petróleo (Lapet) da UFRN.

O DRX ocorreu através do equipamento Diffractometer X-RAY XDR-7000 por meio de um método não destrutivo; a leitura se deu com angulação de 10 a 80°. Para o MEV as amostras foram metalizadas e a análise ocorreu no equipamento Tescan VEGA 3 com um aumento de 5 mil vezes. Já a granulometria, ocorreu por meio do equipamento Cilas modelo 1064.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da fluorescência de raios-X foi obtido após análise em um FRX do tipo portátil. O Quadro 1 apresenta o resultado da análise realizada da amostra do resíduo pó de rocha ornamental do município de Parelhas-RN (RPRO-PAR).

**Quadro 1** – Análise de FRX do resíduo pó de rocha ornamental de Parelhas/RN.

Óxidos	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	MgO
Percentuais (%)	72,93	8,72	6,16	4,00	3,63	3,19	0,66	0,37	0,32	< LOD

Fonte: Os autores (2023)

Assim, é possível identificar que a amostra de RPRO-PAR é composta, em sua maioria, por óxido de silício, com teores menores de óxido de potássio, óxido de ferro, óxido de fósforo, óxido de alumínio e óxido de cálcio. E, ainda, com teores menores que 1%, apareceu os óxidos de titânio, enxofre, manganês e o óxido de magnésio, sendo este último presente na amostra, mas não quantificado pelo método de análise realizado.

Com um alto percentual em relação ao todo, nota-se o percentual de 72,93% de óxido de silício, indicando a presença de silicatos, como por exemplo o quartzo. Apresenta também elementos do grupo dos feldspatos com percentuais superiores a 10%, que são o potássio (K<sub>2</sub>O) e a alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). De modo semelhante, tem-se o resultado



da análise de FRX do resíduo pó de rocha ornamental do município de Cruzeta-RN, conforme o Quadro 2.

**Quadro 2** – Análise de FRX do resíduo pó de rocha ornamental de Cruzeta/RN.

Óxidos	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	MgO
Percentuais (%)	74,05	8,60	4,91	4,53	3,44	3,08	0,56	0,46	0,37	< LOD

Fonte: Os autores (2023)

Apresenta-se, assim, um percentual de 74,05 de óxido de silício, e outros 24,55% de óxidos de potássio, fósforo, ferro, cálcio e alumina. E, com percentuais abaixo de 1%, considerados como impurezas, óxidos de titânio, enxofre, manganês e magnésio.

De acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014), quanto a requisitos químicos para a classe de materiais pozolânicos (Quadro 3), ambos os resíduos apresentaram conformidade com as propriedades de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> iguais a 82,72% (RPRO-PAR) e a 81,66% (RPRO-CRUZ), sendo maiores ou iguais a 70%, para a classe N e C, e maiores e iguais a 50%, para a classe E. E, concomitantemente, para a propriedade de SO<sub>3</sub>, valores iguais a 0,37% (RPRO-PAR) e a 0,46% (RPRO-CRUZ) foram obtidos, também, em conformidade à referida, apresentando valores menores ou iguais a 4, para a classe N, e menores ou iguais a 5 para as classes C e E.

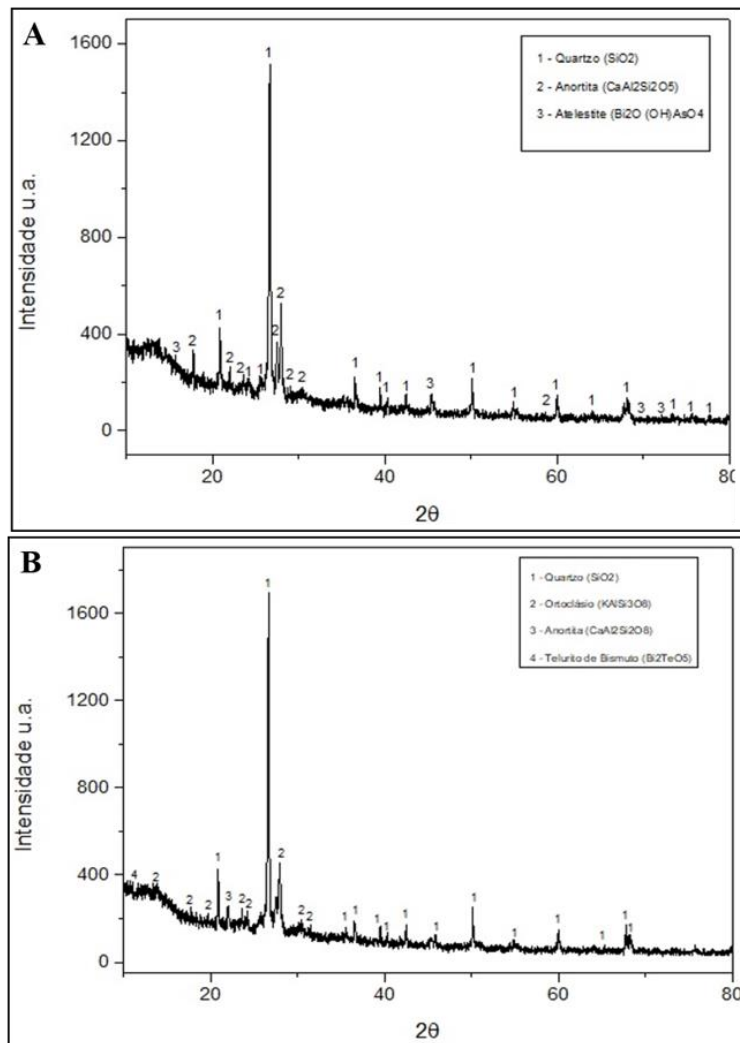
**Quadro 3** – Percentual de elementos químicos para materiais pozolânicos.

Propriedade	Classe de material pozolânico
	N
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	> 70%

Fonte: Adaptado ABNT NBR 12653 (2014)

Os resultados das análises de difração de raios-X dos resíduos pó de rocha ornamental, do município de Cruzeta-RN e de Parelhas-RN, são apresentados na Figura 5 através dos difratogramas, que apresentam conformidade com as análises de fluorescência de raios-X dos resíduos.

**Figura 5** – DRX do resíduo pó de rocha ornamental do município de Cruzeta-RN (A) e Parelhas-RN (B).



Fonte: Os autores (2023)

Na Figura 5A, tem-se o difratograma do resíduo RPRO-CRUZ, que apresentou as seguintes fases cristalinas: quartzo, anortita e atelestite. O pico mais intenso é o de quartzo. Na Figura 5B, a presença do elemento telurito de bismuto, classificado como terras raras, pode ser justificada por se tratar de terras raras, característico das formações rochosas do Seridó do Rio Grande do Norte, como argumenta DANTAS (2017).

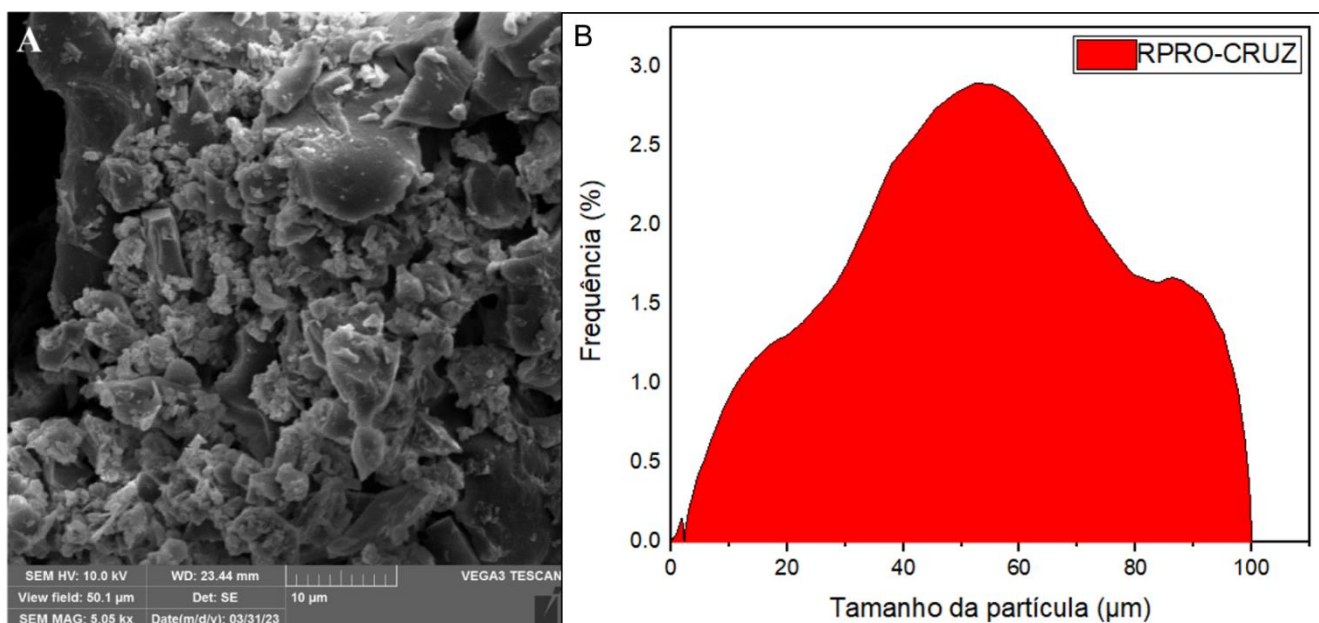
Ambas análises (RPRO-PAR e RPRO-CRUZ) apontam que a mineralogia é constituída por quartzo, oriundo predominantemente de rochas graníticas (DANTAS, 2017). Além disso, o ensaio de DRX auxiliou na avaliação da reatividade do material através da identificação de fases amorfas e cristalinas dos minerais. Os difratogramas apresentaram intensa quantidade de picos (fases cristalinas), ao contrário das fases

amorfas que se caracterizam por apresentar curvas com ausência de picos, o que indicaria uma maior reatividade do material.

Através das análises realizadas de DRX, e, também, da literatura (CHAVES, 2019), os resultados apontam para um resíduo que não apresenta atividade pozolânica, à princípio. Portanto, observa-se que apesar do grande percentual de óxido (ABNT, 2014) assinalando-o como material pozolânico, os resíduos apresentaram pouca fase amorfa, podendo ser classificado inicialmente como fíller, conforme BARLUENGA e HERNÁNDEZ-OLIVARES (2010).

Através da caracterização microestrutural, os resíduos de RPRO-PAR e RPRO-CRUZ foram estudados morfologicamente. Para ambas as amostras o aumento da micrografia foi de 5 mil vezes. A Figura 6 apresenta a micrografia da amostra RPRO-CRUZ e o gráfico de distribuição do tamanho de partícula.

**Figura 6** – Microscopia eletrônica de varredura do RPRO-CRUZ (A) e distribuição do tamanho de partícula (B).

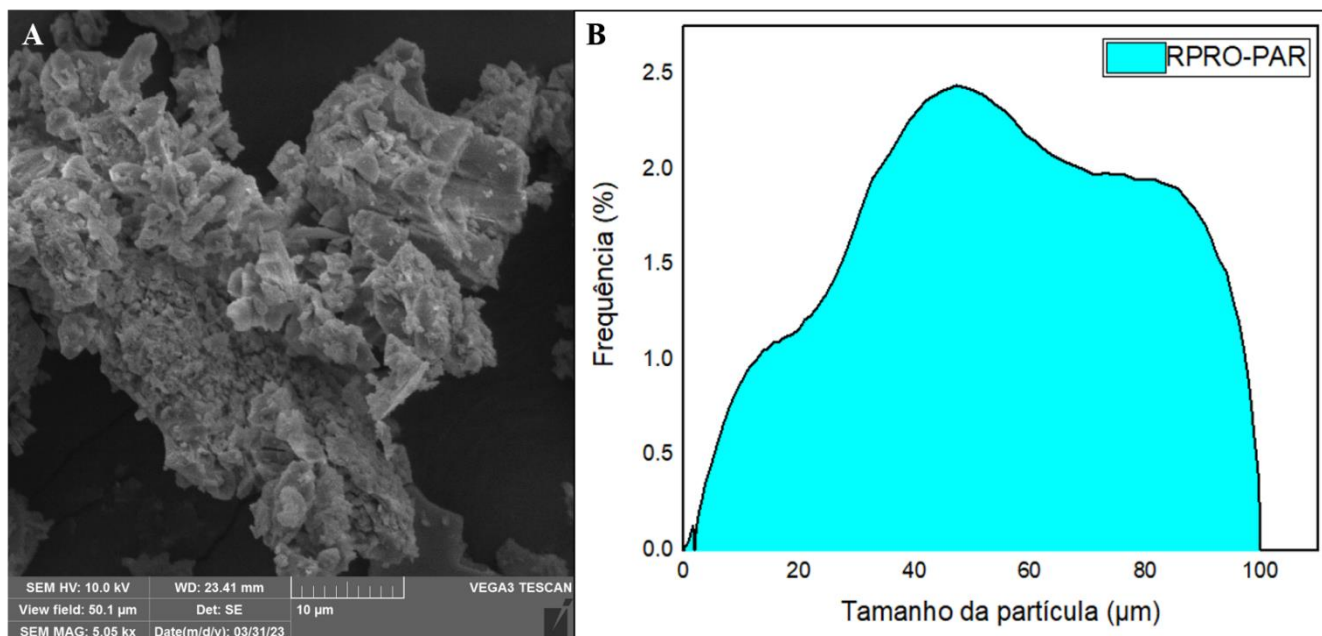


Fonte: Os autores (2023)

Através da micrografia, é possível observar que as partículas apresentam diâmetros variados, distribuindo-se de maneira heterogênea, com morfologia irregular e angular. A Figura 6 (B) apresenta uma larga distribuição do tamanho de partícula do resíduo de Cruzeta-RN, apresentando uma tendência de comportamento trimodal com distribuição de tamanhos  $D(10) = 2,39 \mu\text{m}$ ;  $D(50) = 12,28 \mu\text{m}$ ;  $D(90) = 46,69 \mu\text{m}$ , com um diâmetro médio de  $18,71 \mu\text{m}$ .

A Figura 7 apresenta a micrografia e o gráfico de distribuição do tamanho de partícula do resíduo oriundo do município de Parelhas-RN (RPRO-PAR).

**Figura 7** – Microscopia eletrônica de varredura do RPRO-PAR (A) e distribuição do tamanho de partícula (B).



Fonte: Os autores (2023)

De modo semelhante, tem-se a micrografia do resíduo RPRO-PAR, o qual apresenta tamanhos variados, com distribuição de maneira heterogênea e morfologia irregular e angular. Com relação ao tamanho de partícula, assim como a amostra RPRO-CRUZ, o resíduo oriundo de Parelhas apresentou tendência de comportamento trimodal, com distribuição de tamanhos  $D(10) = 2,62 \mu\text{m}$ ;  $D(50) = 15,10 \mu\text{m}$ ;  $D(90) = 59,06 \mu\text{m}$  e uma partícula média de  $23,84 \mu\text{m}$ .

As análises de MEV e granulometria apresentam correlação entre si. Com tais características, os resíduos estudados possivelmente podem influenciar no preenchimento dos poros em argamassas, proporcionando maior compacidade na estrutura cimentícia (CHAVES, 2019). Possuem características de efeito filler quando adicionados em argamassas autonivelantes, em conformidade ao que foi apresentado por MENDES, EFFTING e SCHACKOW (2020).

A fim de facilitar a compreensão dos resultados do tamanho de partícula, o Quadro 4 apresenta de maneira compilada o resultado da análise granulométrica das amostras.

**Quadro 4** – Resultado do tamanho de partícula das amostras estudadas.

Amostra	D (10)	D (50)	D (90)	Diâmetro médio
RPRO-CRUZ	2,39 $\mu\text{m}$	12,28 $\mu\text{m}$	46,69 $\mu\text{m}$	18,71 $\mu\text{m}$
RPRO-PAR	2,62 $\mu\text{m}$	15,10 $\mu\text{m}$	59,06 $\mu\text{m}$	23,84 $\mu\text{m}$

Fonte: Os autores (2023)

Ao se comparar os resultados, é possível observar que existe uma pequena diferença na distribuição do tamanho de partícula, estando o resíduo oriundo de Cruzeta-RN com um diâmetro médio inferior ao do RPRO-PAR. Ainda, observa-se que os resultados estão em conformidade com os gráficos de distribuição do tamanho de partículas apresentados nas Figuras 6 (B) e 7 (B).

Com essas características, o resíduo pó de rocha ornamental de Parelhas e Cruzeta podem ser considerados como uma adição mineral de preenchimento, de acordo com o que foi apresentado por SATO, GALINA e TEIXEIRA (2018). Através do efeito de preenchimento na mistura cimentícia, os resíduos passam a se assemelhar aos aditivos químicos, atuando como um modificador de viscosidade, garantindo as características de fluidez e trabalhabilidade no estado fresco (ZHI; HUANG; GUO, 2017).

## CONCLUSÃO

Através da caracterização físico-química e microestrutural dos resíduos oriundos do corte de blocos de rochas ornamentais, o resíduo pó de rocha ornamental, foi possível compreender as suas características e, conseqüentemente, inferir que podem ser aplicados como adição mineral em argamassas autonivelantes através do preenchimento de vazios, atuando com efeito fíler. Destaca-se que os dois resíduos estudados possuem características semelhantes quanto aos ensaios de caracterização que foram realizados.

Com relação a análise de fluorescência de raios-X, apresentam composição predominante de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), e elementos como óxido de potássio, óxido de fósforo, óxido de ferro, óxido de alumina e óxido de cálcio. Ambos os difratogramas dos resíduos possuem fase mineralógica cristalina, sendo possível inferir que não reagem ao cimento quando utilizados como adição mineral em argamassas, além de proporcionar aceleração nas reações de hidratação.

No que se refere a microscopia eletrônica de varredura, as imagens com aumento de 5000x apresentaram partículas com morfologia irregular de formato angular, além de tamanhos variados, distribuindo-se de forma heterogênea. Ainda, observou-se que embora elas apresentem composições químicas semelhantes, tem-se uma distribuição de partículas diferentes entre os pós.

Com a conjuntura exposta, tem-se o resíduo pó de rocha ornamental como uma matéria-prima para a indústria de construção civil, mais especificamente para a formulação de argamassas, pois a sua aplicação nesse material irá auxiliar na mitigação dos impactos ambientais adversos decorrentes da indústria de rocha ornamental e, em paralelo, reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> ao ambiente oriundo do processo de fabricação do cimento, pois, com a adição mineral em argamassas, ocorre a diminuição do consumo de cimento, uma vez que o material cimentício passa a conter uma maior quantidade de materiais finos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Thor Mármore e Granitos LTDA. pelo fornecimento dos resíduos para a realização desta pesquisa. Também, agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN do IFRN) pelo apoio para o desenvolvimento do trabalho, bem como agradecemos ao Grupo de Pesquisa em Processamento Mineral do IFRN.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, Marcos A.s.; CAMÕES, Aires; CAMPOS, Pedro; AZEREDO, Givanildo A.; FERREIRA, Ruan L.s.. Effect of high volume fly ash and metakaolin with and without hydrated lime on the properties of self-compacting concrete. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 27, p. 100985, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2019.100985>.

ARAÚJO, Tomaz Rodrigues de et al. Efeitos da Incorporação do Fíler Calcário e do Resíduo da Biomassa da Cana-De-Açúcar em Argamassas Autonivelantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 11., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: SBTA, 2015. p. 1-15.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro: **Abnt**, 2014.

BARLUENGA, G.; HERNÁNDEZ-OLIVARES, F. Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste. **Construction And Building Materials**,

[S.L.], v. 24, n. 9, p. 1601-1607, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.033>.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Centro de Tecnologia Mineral. Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. Editor Maria Laura Barreto. Rio de Janeiro: **CETEM**; MCT, 2001.

CALMON, J. L. et al. Aproveitamento do Resíduo de Corte de Granito Para a Produção de Argamassas de Assentamento. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia Das Argamassas, 2., Salvador, 1997. **Anais [...]** Salvador: ANTAC, 1997.

CHAVES, P.S. Argamassa autonivelante com adição mineral (filler) de resíduo de beneficiamento de mármore e granito. Dissertação de mestrado. **Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**. Universidade Federal do Pará, 2019.

DANTAS, Alexandre Ranier. Petrografia e litoquímica de rochas ferríferas na região central do estado do Rio Grande do Norte (domínio rio piranhas-seridó, NE da Província Borborema. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

DANTAS, Eugênio Pacelli; PEREIRA, Ludmila Bernardo Farias; LIMA, Maria Angélica Batista (org.). Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande Do Norte: mapa de potencialidades. Natal: **CPRM**, 2020. (Série Rochas e Minerais Industriais, N° 27).

EVARISTO, Wilson Flexeiras de Oliveira; ALMEIDA, Victor Ludovico de; CAPUZZO, Valdirene Maria Silva. Influência do aditivo modificador de viscosidade nas propriedades do concreto autoadensável. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 1-17, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13050>.

MENDES, Gabriela Azambuja; EFFTING, Carmeane; SCHACKOW, Adilson. Argamassa autonivelante com adição de resíduos de mármore e granitos: propriedades físicas e mecânicas. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 403-418, jul. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000300436>.

MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte et al. Utilização do resíduo de mármore na produção de argamassa. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 44238-44247, maio 2021.

MITTRI, S. H. M. et al. Assessment of the pozzolanic activity of ornamental stone waste after heat treatment and its effect on the mechanical properties of concretes. **Revista IBRACON de estruturas e materiais**, São Paulo: SciELO - Scientific Electronic Library Online, ano 2018, 18 abr. 2018. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952018000600004>.

OLIVEIRA, G. A. G., LANGE, L. C. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais na Área Mineira da Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco. **Saneamento Ambiental Brasileiro**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005. p. 1-13.

OLIVEIRA, M. L. M; AQUINO, J. A.. Amostragem. IN: Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: **CETEM/MCTI**, 2007. p. 3-34.

PONTES, Julio Cesar de; LIMA, Vera Lúcia Antunes de; SILVA, Valdenildo Pedro da. Impactos ambientais no desmonte de rochas com foco na transição para a economia



circular. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 1240-1251, 2020. BJAER - Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n3-042>.

RIO GRANDE DO NORTE. **SEDEC/ASSECOM**. (org.). Mineração. Disponível em: <http://sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=15440&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Minera%E7%E3o>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SATO, V. Y.; GALINA, A. P. L.; TEIXEIRA, J. E. S. L.. Contribution to the rheological study of cementitious pastes with addition of residues from the processing of ornamental rocks. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1284-1307, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952018000600007>.

SILVA, Luzilene Souza et al. Incorporação de resíduos de polimento de placas de mármore e granito em argamassas colantes industrializadas AC-I. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Boa Vista, v. 4, n. 5, p. 1-16, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.18227/rct.v4i7.5113>.

United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. ONU. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>. Acesso em: 30 de jul. de 2022.

UYSAL, Mucteba; YILMAZ, Kemalettin. Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 771-776, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.04.005>.

VINCO, Luís Gustavo Fiorese *et al.* Viabilidade técnica e econômica de argamassas de revestimento produzidas com incorporação de resíduos de rochas ornamentais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: SciELO - Scientific Electronic Library Online, ano 2017, 25 nov. 2016. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400191>.

YANG, Lin; ZHANG, Yunsheng; YAN, Yun. Utilization of original phosphogypsum as raw material for the preparation of self-leveling mortar. **Journal of Cleaner Production**, Online, ed. 127, p. 204-213, 20 jul. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.054>.