

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE: UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Luana Dantas de Medeiros¹

Ana Maria Gonçalves Duarte²

Loredanna Melyssa Costa Souza de Almeida³

Diva Guedes de Araújo Neta⁴

Camila Gonçalves Luz Nunes⁵

Arthur Nóbrega de Souza⁶

RESUMO

A construção civil um dos mais significantes setores econômicos, é um dos maiores consumidores de matérias-primas com grande extração de recursos naturais do meio ambiente. No entanto, devido à grande variedade de produtos gerados possui considerável potencial de reutilização dos seus respectivos resíduos e consequentemente a obtenção de um desenvolvimento sustentável. Este estudo teve como objetivo produzir um concreto com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de mármore nos teores de 10 e 20%. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 10 cm x 20 cm e foi determinada a absorção e resistência a compressão simples nas idades de 7, 14 e 21 dias. Verificou-se que a substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore possibilitou produzir um concreto que apresenta propriedades físicas e mecânicas que atendem aos parâmetros normativos, destacando ainda que o percentual de 10% de substituição resultou em uma resistência à tração por compressão diametral foi superior ao concreto de referência. Desse modo, é possível concluir que a utilização do resíduo de mármore na construção civil, contribui significativamente para minimizar os impactos ambientais causados pelo seu descarte, além de agregar valor a um resíduo que é produzido diariamente em grandes quantidades e que representam um grave problema ambiental.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Resíduo, Concreto. Reaproveitamento.

¹ Doutoranda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, luanadantas.engenheira@gmail.com;

² Doutora do Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ana.duartemendonca@professor.ufcg.edu.br;

³ Doutora pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, loredanna.souza@servidor.uepb.edu.br;

⁴ Doutora pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, divaguedes10@hotmail.com;

⁵ Doutora pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, cglm@cademico.ufpb.br;

⁶ Mestre pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, arthurnobrega16@gmail.com.



Introdução

No decorrer dos anos um tema que vem sendo bastante discutido é a sustentabilidade, e dentro do setor da construção civil não é diferente, está se buscando meios de reduzir o impacto ambiental e o uso de matérias primas naturais, para isso estudos estão sendo realizados com a substituição parcial de um material natural por um material alternativo.

Diante desse contexto, inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de identificar alternativas mais sustentáveis, entre as quais se destaca a reutilização de resíduos na produção de argamassas. Essa prática, além de contribuir para o aprimoramento das propriedades do material, representa um avanço significativo sob a perspectiva ambiental, ao promover o reaproveitamento de resíduos que seriam descartados inadequadamente e ao reduzir a extração de recursos naturais, diminuindo, assim, os impactos ambientais associados ao setor da construção civil (SILVA et al., 2024).

O resíduo de pó de mármore e pó de granito são um dos materiais descartados pela indústria, na maioria das vezes em locais inapropriados, que já veem sendo estudados como substitutos ou na incorporação, de maneira a reduzir os impactos ambientais decorrentes de sua produção (SANGALLI et al. 2013).

A geração de resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais é particularmente significativa, não apenas pelo volume expressivo produzido, mas também pela sua concentração em poucos polos industriais. De acordo com Moreira et al. (2021), cerca de 25% a 30% do volume total dos blocos processados transforma-se em pó e resíduos granulares. Esse quadro torna-se ainda mais preocupante diante da crescente valorização das rochas ornamentais nos mercados interno e externo, fato que tem impulsionado consideravelmente a produção de resíduos nas regiões com maior intensidade de beneficiamento (Nassar et al., 2022).

Dessa forma, busca-se o desenvolvimento de alternativas sustentáveis e tecnicamente viáveis para o reaproveitamento do resíduo de mármore na composição de concretos, material que até então era descartado sem destinação adequada. Tal iniciativa contribui diretamente para a redução da extração de recursos naturais e, simultaneamente, apresenta uma solução ambientalmente responsável para o problema do descarte desses resíduos. Portanto, esse estudo tem como objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas de um concreto com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de pó de mármore.



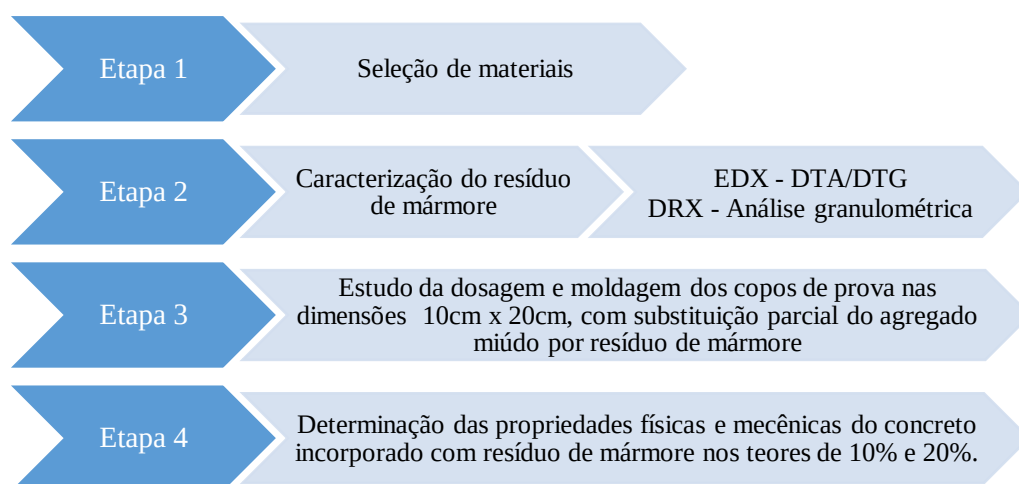
Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram empregados os seguintes materiais:

- Agregado graúdo: Brita de origem granítica, com diâmetro máximo característico da brita 0. Apresentou massa específica seca de $2,63 \text{ g/cm}^3$, massa específica saturada de $2,64 \text{ g/cm}^3$, massa específica aparente de $2,67 \text{ g/cm}^3$, módulo de finura de 6,19 e diâmetro máximo de 6,3 mm.
- Agregado miúdo: Areia natural proveniente de jazida localizada no leito do Rio Paraíba, com diâmetro máximo de 2,36 mm, módulo de finura de 2,42%, massa específica de $2,618 \text{ g/cm}^3$, massa unitária solta de $1,429 \text{ g/cm}^3$ e teor de materiais pulverulentos de 0,07%.
- Cimento Portland CP II-F-32: Obtido no comércio local do município de Santa Rita – PB, apresentou massa específica de $2,91 \text{ g/cm}^3$ e finura de 2,84%.
- Resíduo de mármore: Proveniente da indústria GRANFUJI, localizada no Distrito Industrial de Campina Grande – PB, utilizado como material alternativo na composição das misturas.
- Água: Fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), utilizada para o amassamento e cura dos corpos de prova.

Com o propósito de verificar o desempenho do concreto utilizando o resíduo de mármore como substituto parcial do agregado miúdo convencional, foram produzidos corpos de prova com teores de 0%, 10% e 20% de resíduo de mármore. O fluxograma da Fig. 1 apresenta as etapas propostas para a realização desta pesquisa.

Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Autores (2025).



Inicialmente realizou a coleta e caracterização dos materiais, física, química e mineralógica, seguindo as normas vigentes, em seguida realizou o estudo de dosagem, modelagem dos corpos de prova, o ensaio de absorção por imersão em água, de resistência à compressão simples e resistência à tração.

A dosagem dos materiais foi realizada conforme a metodologia proposta pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Foi efetuado o estudo de dosagem, resultando no seguinte traço: 1: 2,44: 1,87: 0,54, com fator a/c igual a 0,54, abatimento do tronco de cone entre 40 e 60 mm e resistência característica de 20 MPa.

Os corpos de prova foram moldados com as dimensões de 10 cm x 20 cm com substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo de mármore nos teores de 10% e 20%, o quantitativo do material utilizado na modelagem está apresentado na tabela 1. Para a caracterização mecânica do concreto os ensaios de resistência à compressão como a tração foram realizados nas idades de controle com 7, 14 e 21 dias, de acordo com as normas vigentes NBR 7215 (2025) e NBR 12142 (2010), respectivamente.

Tabela 1: Quantitativo de material utilizado para produção dos corpos de prova.

Porcentagem	Cimento	Ag. Graúdo	Ag. Miúdo	Re. Mármore
0 %	7,788 kg	46,464 kg	27,3 kg	0 kg
10%	7,788 kg	46,464 kg	24,57 kg	2,73 kg
20%	7,788 kg	46,464 kg	21,84 kg	5,46 kg

Fonte: Autores (2025).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore em pó, evidenciando que sua composição é predominantemente formada por óxido de cálcio (CaO) – 51%, óxido de magnésio (MgO) – 10% e dióxido de silício (SiO₂) – 2%.

Tabela 2: Caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore

Composição	PF	CaO	MgO	SiO ₂	K ₂ O	SO ₃	Outros
Resíduo de Mármore	34,13%	51,02%	10,03%	2,06%	1,22%	0,52%	1,02%

PF: Perda ao fogo

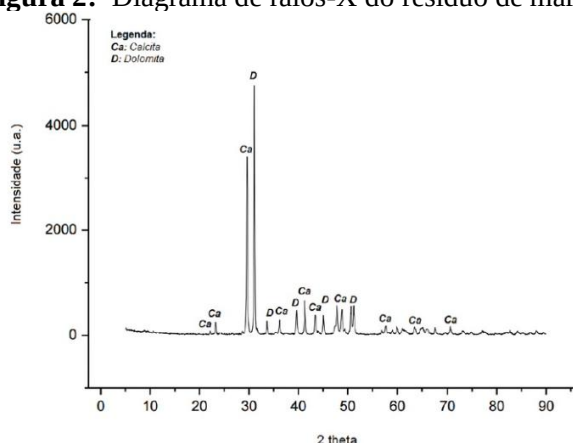
Fonte: Autores (2025).



No estudo realizado por Almeida et al. (2019) podemos observar que o resíduo de mármore calcinado é constituído principalmente por óxido de cálcio (CaO) com 69,23% e óxido de magnésio (MgO) com 16,41%, óxidos característicos das rochas carbonáticas, contribuindo com o nosso estudo onde também foram os dois óxidos de maior predominância.

De acordo com os resultados apresentados no diagrama de raios X (Fig. 2) do resíduo de mármore em pó, observa-se a presença das fases mineralógicas Calcita e Dolomita, que correspondem aos principais constituintes das rochas carbonáticas.

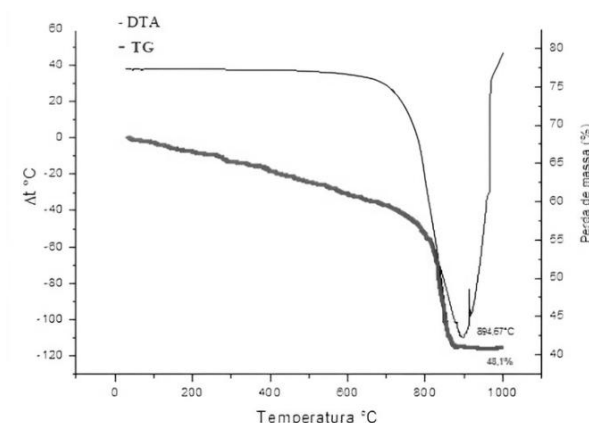
Figura 2: Diagrama de raios-X do resíduo de mármore em pó



Fonte: Autores (2025).

Esses resultados estão em consonância com os achados de Almeida et al. (2020), que também identificaram essas fases ao caracterizar resíduos de mármore com o objetivo de aplicá-los na produção de materiais cerâmicos para isolamento térmico.

Figura 3: Análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.



Fonte: Autores (2025).



A Figura 3 apresenta o comportamento térmico do pó de resíduo de mármore, no qual se observa um pico endotérmico em torno de 894,67 °C, correspondente ao processo de decomposição do carbonato de cálcio (CaCO₃) presente no material. Pela curva termogravimétrica, verifica-se uma perda de massa de 48,1%, equivalente a aproximadamente 36,31 mg. Esses resultados estão próximos aos valores obtidos por Almeida (2014), o que reforça a confiabilidade e a coerência dos dados experimentais obtidos neste estudo.

A Tabela 3 apresenta a composição granulométrica do resíduo de pó de mármore, na qual se observa a presença de 4,6% de fração argilosa, 95% de silte e 0,4% de areia fina.

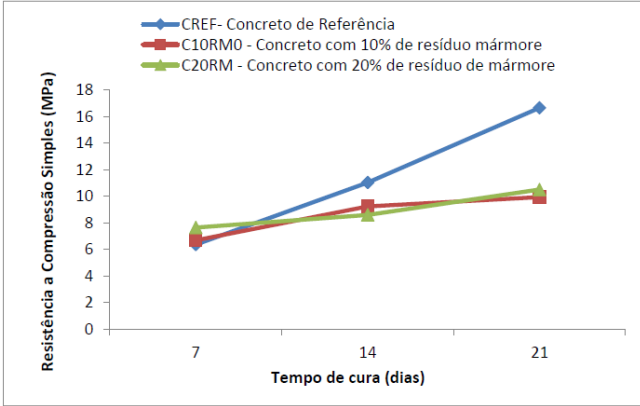
Tabela 3: Composição granulométrica do resíduo de mármore em pó

Amostra	Componentes (%)		
	Argila	Silte	Areia fina
Resíduo de mármore	4,6	95	0,4

Fonte: Autores (2025).

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para no ensaio de resistência à compressão simples (RCS) para os corpos de prova de referência, e com 10% e 20% de resíduo de mármore em pó. Que se pode observar que a substituição do agregado miúdo pelo resíduo de mármore, ocasionou uma redução na RCS para todos os tempos de cura, quando comparado ao concreto de referência.

Figura 4: Resistência à compressão simples



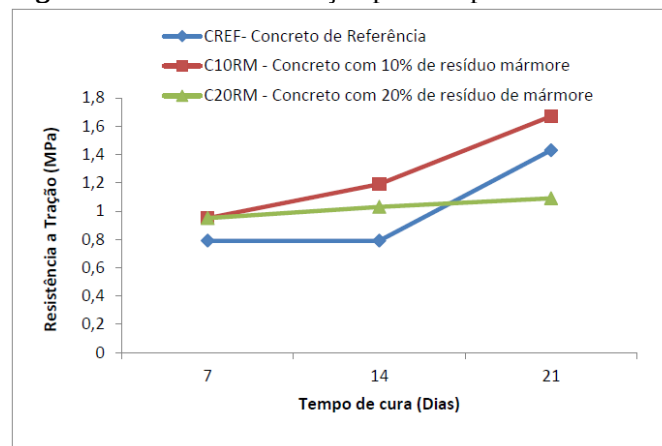
Fonte: Autores (2025).

Aos 21 dias de cura, observou-se que a substituição do agregado miúdo convencional (areia quartzosa) pelo resíduo de mármore resultou em uma redução da resistência à compressão da ordem de 40,33% e 36,9%, correspondentes aos teores de substituição de 10% e 20%, respectivamente, quando comparados ao concreto de referência.



A Figura 5 exibe os resultados obtidos para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral para os corpos de prova de referência e com 10% e 20% de resíduo de mármore. Onde se pode constatar que o resíduo de mármore causou variações na resistência à tração por compressão diametral (RTCD), no entanto os valores obtidos indicam que o teor de substituição de 10% promoveu a melhoria desta propriedade.

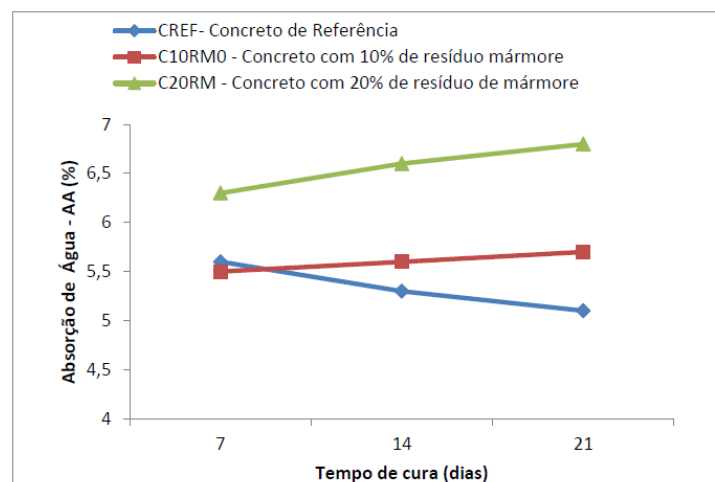
Figura 5: Resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Autores (2025).

De acordo com a Figura 6, se pode notar que com a substituição do agregado miúdo pelo resíduo de mármore promoveu em leve aumento da absorção de água do concreto.

Figura 6: Resultados obtidos para a absorção.



Fonte: Autores (2025).

Neto (2017) analisou a absorção de argamassas incorporadas com resíduo de mármore e verificou que a incorporação do resíduo de mármore em pó proporcionou o aumento da



absorção da argamassa quando comparada a argamassa de referência, da mesma forma que obtemos para o concreto em análise. Entretanto deve-se ter atenção, pois concretos com maior índice de vazios estão mais predispostos ao surgimento de trincas, defeitos e consequentemente a uma menor resistência à compressão simples.

Considerações Finais

O resíduo de mármore apresenta composição química semelhante às matérias-primas convencionais utilizadas na construção civil, com fases mineralógicas compostas por Calcita e Dolomita. Sua granulometria, próxima à do cimento e de outros insumos do setor, é rica em partículas finas na fração silte, característica que favorece seu aproveitamento em concretos e argamassas.

A substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo de mármore mostrou-se uma alternativa promissora, pois além de reduzir o descarte inadequado e agregar valor a um material antes considerado rejeito, contribui para minimizar os impactos ambientais.

Embora a resistência à compressão não tenha atingido o valor normativo, o material apresentou características favoráveis para aplicação na construção civil. Os resultados indicaram redução da resistência à compressão simples em todas as idades de cura, quando comparada ao concreto de referência.

Em relação à resistência à tração por compressão diametral, observaram-se variações nos resultados, sendo que o teor de substituição de 10% proporcionou melhora dessa propriedade. Além disso, verificou-se um leve aumento na absorção de água.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7215** - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12142**- Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, Thiago de Freitas; **Reaproveitamento de resíduo de pó de mármore e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmica**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia, da UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF, 2014.



ALMEIDA, Thiago de Freitas; DELATORRE, Andréia Boechat; MOTHÉ, Geórgia Peixoto Bechara; AGUIAR, Cristiane de Jesus. Caracterização do resíduo de mármore calcinado para utilização como fonte alternativa de carbonato de cálcio. **2º Congresso Sul- Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**, 2019.

ALMEIDA, Thiago de Freitas; DELATORRE, Andréia Boechat; MOTHÉ, Geórgia Peixoto Bechara; AGUIAR, Cristiane de Jesus. Caracterização do resíduo de mármore calcinado para utilização como fonte alternativa de carbonato de Cálcio. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.9, p.66962-66969, sep.2020.

MOREIRA, Beatriz Carvalheira; NEVES, Mirna Aparecida; PINHEIRO, Matheus Marcolongo; NASCIMENTO, Wenderson Abreu Rosa; BARBOSA, Jeruza Lacerda Benincá; HORN, Adolf Heinrich. Depósitos de resíduos de rochas ornamentais: composição, dimensionamento e possíveis usos no setor de construção civil. **Geociências**, UNESP, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 525 - 538, 2021.

NASSAR, Maurício Dominguez; GUARÇONI, André; CARNEIRO, Vandervilson Alves; BURKET, Denilson; TAVARES, Mateus Batista. Caracterização química do resíduo gerado por beneficiadora de rochas ornamentais do município de adamantina (sp). **Multidisciplinary Journal**– V.9 N.1 – (2022) 1 – 7.

NETO, V. A. M. **Determinação das propriedades físicas da argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó**, Trabalho de Conclusão de curso, Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

SANGALLI, T.; BRITES, B. G.; NEIVOCK, M. P.; FORMAGINI S.; Confeção de concreto autoadensável com a utilização do resíduo proveniente do beneficiamento de granito e mármore. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2013.

SILVA, J. F. R; SILVA, I. C.; FUENTES, J. V.; SANTOS, M. D.; CARNEIRO, A. M. P. Utilização de resíduos de materiais de construção civil na fabricação de argamassas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 20., 2024, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

