USO DO REJEITO DE MARMORARIA COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO

USE OF STONEMASONRY WASTE AS COARSE AGGREGATE IN CONCRETE PRODUCTION

VITOR BARROS DE SOUZA
UNILESTE MG

LUCAS PINTO DE CARVALHO
UNILESTE MG

FABRÍCIO MOURA DIAS

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

Agradecimento à orgão de fomento:
Centro Universitário Católica do Leste de Minas Gerais

USO DO REJEITO DE MARMORARIA COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO

Objetivo do estudo
Analisar por meio de ensaios o comportamento físico e mecânico, no estado fresco e endurecido do concreto com rejeito de marmoraria, comparando os resultados com a literatura e normas da ABNT.

Relevância/originalidade
O principal problema hoje é o descarte incorreto do rejeito graúdo de mármoraria, como solução foi realizado o estudo visando a possibilidade da reutilização desse material na construção civil para produção de concreto.

Metodologia/abordagem
O principal problema hoje é o descarte incorreto do rejeito graúdo de mármoraria, como solução foi realizado o estudo visando a possibilidade da reutilização desse material na construção civil para produção de concreto.

Principais resultados
Identificação das características físicas e mecânicas do concreto em seu estado fresco e definições de situações ao qual o mesmo poderia vir a ser aplicado.

Contribuições teóricas/metodológicas
Expressar a forma na qual o concreto com o rejeito se comporta quando comparado com o concreto tradicional, comparado também com os resultados de outras bibliografias que utilizaram o mesmo rejeito.

Contribuições sociais/para a gestão
Diminuição do descarte incorreto do rejeito graúdo de marmoraria e aumento das possibilidades de novas tecnologias no concreto para utilização em obras civis.

Palavras-chave: Concreto, Marmoraria, Rejeito, Cimento, Agregado

USE OF STONEMASONRY WASTE AS COARSE AGGREGATE IN CONCRETE PRODUCTION

Study purpose
To analyze, through testing, the physical and mechanical behavior—in both the fresh and hardened states—of concrete containing marble processing waste, comparing the results with the literature and ABNT standards.

Relevance / originality
The main problem today is the improper disposal of coarse marble processing waste; as a solution, a study was conducted to explore the possibility of reusing this material in civil construction for concrete production.

Methodology / approach
The methodology employed involves a qualitative approach comprising a literature review, laboratory research, analytical tests, and standards, as well as books, dissertations, and theses featuring examples of applications for coarse waste derived from cutting natural and synthetic stones.

Main results
Identification of the physical and mechanical properties of concrete in its fresh state and definition of potential applications.

Theoretical / methodological contributions
To describe the behavior of concrete containing the waste material when compared to conventional concrete, as well as to results from other studies that utilized the same waste material.

Social / management contributions
Reduction in the improper disposal of coarse stone-processing waste and increased potential for new concrete technologies for use in civil engineering projects.

Keywords: Concrete, Marble work, Waste, Cement, Aggregate

USO DO REJEITO DE MARMORARIA COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO

1. INTRODUÇÃO

O concreto desenvolvido pelo cimento Portland é considerado um dos materiais mais consumidos pelo homem, perdendo apenas para a água. Outro ponto interessante é o fato de que o concreto é um material recente, onde mesmo foi desenvolvido ao final do século XIX. Pode-se dizer que em vários países concreto é o material principal e mais consumido na construção civil para concebimento de estruturas de pontes, contenções, fundações e diferentes tipos de edificações (HELENE *et al*., 2017).

Com o passar das décadas, a tecnologia foi avançando. Desta forma, começaram a desenvolver-se estudos do concreto visando uma melhora em suas características físicas e mecânicas, bem como o uso de materiais alternativos em sua composição. Alguns estudos visam realizar a substituição parcial das matérias primas envolvidas na confecção do concreto por rejeitos de outras matérias primas, como por exemplo o resíduo de minério de ferro (Guerra, 2014), bagaço de cana (Filho e Martins, 2017), vidro (Liotto e Santana, 2020), o pó liberado pelo corte das pedras de mármore (Silva, 2017), dentre outros.

As memorarias são estabelecimentos que realizam a venda, polimento, modelagem e cortes de pedras naturais e sintéticas para acabamento estético em projetos de arquitetura ou de engenharia com a confecção de peças funcionais provenientes dos blocos brutos de rochas.

As marmorarias possuem o problema que são os seus resíduos gerados, pois ainda não existe formas especificas de se reutilizar ou ganhar dinheiro com as sobras das aparas ou o pó gerado na indústria. Este rejeito quando descartado de forma incorreta pode vir a trazer danos ao meio ambiente com o acúmulo e dispersão do material. Estudos apontam que pode ser viável o uso deste refugo substituindo os agregados ou o cimento na fabricação do concreto para aplicação em obras de construção (SAMUDIO *et al*., 2017).

O objetivo deste estudo é adicionar resíduo da marmoraria no concreto para verificar seu comportamento no estado fresco e endurecido, além de apresentar dados comparativos e analíticos com outros autores referentes ao comportamento do concreto após a adição do resíduo. Encontrar alternativas de reuso deste refugo é muito importante tanto para a empresa quanto para a sociedade, pois irá reduzir os gastos e amenizar o despejo em aterros sanitários, bem como a possibilidade de novas utilizações com custos mais acessíveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O concreto na construção civil

O concreto, um dos materiais mais utilizados do mundo, acaba por sua vez gerando um gasto muito alto de matéria prima para a sua composição, onde podemos citar os principais recursos, sendo eles a areia, água e o cimento Portland. A confecção do concreto é algo que deve haver alguns cuidados como o estudo das propriedades de cada material que será aplicado, atenção ao proporcionalmente da mistura e até mesmo a forma do qual ele será transportado, dentre outros (Neville e Brooks, 2013).

Dependendo da forma que o concreto for concebido, pode ocorrer dele não atender as necessidades previstas em projeto para aquela edificação, exemplo disto é a utilização de um traço diferente do previsto, sendo assim, esse erro pode acarretar um grande desperdício de

material, já que o mesmo não poderá ser utilizado, que por sua vez, acaba trazendo inúmeros danos ao meio ambiente (Petruccio, 1979).

Petruccio (1979, p.05) explica que "o cimento Portland resulta da moagem de um produto denominado clíquer" que é o principal compositor do cimento. Para a obtenção do clíquer, é utilizado material cálcico como por exemplo o calcário e a sílica e alumínio encontrados na argila, após a coleta deste material, deve-se passar novamente pelo processo de moagem para obtenção de um pó extremamente fino. Em seguida, esse pó será colocado dentro de um forno para realização da queima do material numa temperatura de aproximadamente 1400°C, até chegar no seu ponto de fusão. O resultado é um material parcial denominado clíquer, logo após o resfriamento, é adicionado uma determinada quantidade de gipsita (sulfato de cálcio) e novamente inserido no processo de moagem, resultando assim no cimento Portland conhecido (Neville e Brooks, 2013).

Para a composição de um concreto, utilizamos alguns materiais que são essenciais para o funcionamento do mesmo, esses materiais são: cimento, agregados miúdos, agregados graúdos e a água. De uma forma moderada, alguns outros constituintes como por exemplo, superplastificantes, redutores de retração, dentre outros, podem vir a serem utilizados no concreto para melhorar suas propriedades, algumas delas são: aumento da durabilidade, impermeabilidade da massa, maior plasticidade quando fresco, dentre outros. Estes constituintes são chamados de aditivos (Petruccio, 1979).

Neville e Brooks (2013) mostram que, o concreto alcança a sua resistência final, após 28 dias passando pelo processo de cura, onde o mesmo é hidratado com água constantemente para que os espaços que anteriormente preenchidos por água, agora passam a serem preenchidos pelo produto da hidratação aumentando assim, a impermeabilidade do concreto.

2.1.1. Geração de resíduos em construção civil.

A construção civil é responsável por vários prejuízos ambientais devido ao fato de realizar um alto consumo de matérias primas não renováveis para concebimento de suas estruturas, onde muitas das vezes esse ato acaba por ser um grande gerador de resíduos poluentes ao meio ambiente, outros fatores também podem ser citados como o gasto energético para extração e transporte de insumos (Roth; Garcias, 2009).

Brasileiro e Matos (2015, p. 178) afirmam que "A cadeia produtiva da construção civil consome entre 20 a 50% dos recursos naturais de todo o planeta", já que as atividades executadas na construção civil, acaba por utilizar vários tipos de materiais, podemos citar os mais comuns que seriam a areia e cascalho. É importante destacar que a coleta do mesmo pode acabar por realizar uma modificação nos cursos dos rios e alteração da paisagem (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

2.1.1.1. Resíduo de marmoraria

Os resíduos sólidos e semi-sólidos gerados pelas marmorarias não são considerados diretamente resíduos de construção civil, já que as rochas utilizadas na construção são feitas em fábrica. O uso do refugo proveniente da indústria pode ocorrer de diversas formas, um dos exemplos é a utilização dos resíduos sólidos na fabricação de concreto usado na construção civil (Samudio *et al.*, 2017).

Os resíduos de pedra de mármore podem ser em pó, gerado no processo de corte que muitas das vezes estão misturados com água e os pedaços que são descartados após a fabricação

de uma peça (ver Figura 01 e Figura 02). Segundo informações dos proprietários da Marmoraria, localizada em Coronel Fabriciano na região do Vale do Aço (Minas Gerais), esses resíduos são entregues a empresas especializadas para que possam realizar o descarte correto. Entretanto, esse material pode vir a se tornar algo extremamente útil na construção civil.



Figura 1: Pó do processo de corte da pedra de mármore.
Fonte: O Autor (2025).



Figura 2: Resíduos sólidos de pedras de mármore.
Fonte: O Autor (2025).

Esses resíduos apresentam características promissoras para aplicações na área da construção civil e, por este fato, muitos estudiosos vêm buscando formas de melhorar as características do concreto fazendo a incorporação de novos materiais, como por exemplo, os rejeitos sólidos das marmorarias (Souza, 2025).

2.1.1.2. Composição do resíduo de marmoraria

As pedras sintéticas utilizadas nas marmorarias normalmente são o mármore sintética, granito sintético e rochas naturais. Sobre as composições, as rochas naturais que são bastante utilizadas em forma de placas e outros formatos, tem uma grande variedade de composições, as pedras sintéticas fazem uso do Carbonato de Cálcio (CaCO3) como principal elemento de sua composição (Rabahi, 2015).

Ramos e Curado (2022) explicam que existem algumas diferenças entre as pedras de mármores e as pedras de granito, já que as pedras de mármores são compostas majoritariamente por cálcio, por se tratar de uma rocha metamórfica originada do calcário. O granito por outro lado, é uma rocha ígnea solidificada constituída principalmente por silício e ferro.

No Brasil atualmente a extração das pedras de mármores e granito os são feitas em quase todo o território do país, tendo uma maior prevalência no estado do Espírito Santo (Ramos; Curado, 2022).

2.2. Produção de concreto com resíduos industriais

O concreto é um dos materiais mais utilizados no ramo da engenharia civil e no mundo e apresenta inúmeras utilidades, desde o concebimento estrutural de edificações simples, como por exemplo uma casa construída no térreo e sistemas de drenagens urbanas, até mesmo edificações mais complexas como viadutos, pontes, arranha-céus, fundações profundas, dentre outros. O uso de resíduo neste compósito deve ser feito por um profissional da área, pois qualquer erro na dosagem põe em risco a integridade da estrutura.

Holderbaum (2009) afirma que mesmo que seja possível realizar uma redução na quantidade de rejeitos gerados pela área da engenharia civil durante a produção, eles continuarão sendo gerados. Porém ao mesmo tempo que a engenharia civil gera um alto número de resíduos, ela também busca meios de sua reutilização.

Barros (2016) *apud* Gusmão *et al.* (2008), afirmam que mesmo que o Brasil tenha uma grande abundância de recursos naturais que possam vir a serem utilizados, eles são esgotáveis, o que reforça a importância de estudos que visam reutilizar os rejeitos gerados para reduzir o gasto de matéria prima.

As empresas buscar reutilizar seus refugos visando a economia no processo e, quando não é possível, estudam formas de redução dos gastos para o direcionamento para os aterros. No Vale do Aço existem diversas empresas siderurgias, que pesquisam sobre as formas de reutilização de escórias em materiais alternativos, como exemplo o concreto. Circundante a região existe empresas de aço, celulose e marmorarias e, entre essas, o resíduo com fácil acessibilidade e grande potencial e o das marmorarias, pois as rochas já são materiais indispensáveis na produção do concreto.

2.2.1. Adição de resíduos de marmoraria no concreto

O estudo da adição dos resíduos de marmoraria no concreto tem sido bastante explorado nos últimos anos. Maciel *et al.* (2023), mostra que o ano com maior número de publicações de artigos vinculado ao tema foi no ano de 2014, revelando que diversos países do mundo têm realizados estudos sobre esta mesma temática. O Brasil teve maior número de publicações de estudos entre 2006 e 2018, com 18 publicações de estudos sobre tema, ficando à frente de países como índia (10 publicações), Turquia (6 publicações), Egito (5 publicações), Estados Unidos (2 publicações), dentre outros.

Um dos métodos de analises bastante utilizados para esse tipo de estudo, é a substituição parcial de componentes (areia, brita ou cimento) de um concreto convencional pelos resíduos ou adição do mesmo em um traço de referência. Petry *et al.* (2017) desenvolveu um estudo onde realizou a adição de 10% e 20% do resíduo em 3 traços distintos, onde os traços que utilizaram 10% da adição apresentaram queda na resistência de compressão, porém a adição de 20% manteve a resistência igual ao do concreto de referência.

Petry *et al.* (2017) reforça também que os resultados deste estudo estão atrelados ao diâmetro médio do agregado onde foi utilizado 22,50µm, por tanto, a diferença de granulometria do resíduo influencia bastante nas suas características físicas e mecânicas.

Quadro 1

Trabalhos que adicionaram rejeitos de marmoraria no concreto.

AUTORES	PESQUISA
Kumayama *et al* (2015).	Estudo da viabilidade do emprego de pó de mármore para produção de concreto autoadensável e substituição parcial dos agregados por pérolas de poliestireno expandido (EPS)
Maciel *et al* (2023).	Utilização do resíduo de mármore e granito no concreto: Lacunas no conhecimento.
Petry *et al* (2017).	Avaliação do uso de resíduos de marmoraria na produção de concretos.
Ramos *et al* (2022).	Estudo da composição e da radiação natural em granitos e mármores.
Rodrigues *et al* (2018).	Fabricação de concreto autoadensável com utilização de resíduos de marmorarias com adição mineral.

Fonte: Autor (2026).

3. MATERIAS E MÉTODOS

A metodologia empregada será com abordagem qualitativa que inclui uma revisão bibliográfica, pesquisas laboratoriais, execução de ensaios analíticos conforme normativas estabelecidas, livros, dissertações e teses com exemplos de aplicações do uso do resíduo graúdo provenientes do corte de pedras naturais e sintéticas.

Os corpos de prova de foram produzidos com concreto CP III ARI RS e a areia e a brita foram obtidas na região do Vale do aço. Os resíduos utilizados foram provenientes de rochas obtidas em uma marmoraria no Vale do aço (Figura 3), que posteriormente foram passadas em um britador (Figura 3) e transformados em agregado graúdo (Figura 4). O resíduo irá substituir parcialmente a quantidade de brita do concreto.





Figura 3: Rejeitos doados pela Marmoraria e Britador.
Fonte: O Autor (2025).

A brita e o agregado do resíduo da rocha foram colocados nas peneiras granulométricas para realizar o ensaio granulométrico, conforme mostrado na Figura 06. O objetivo é verificar se o resíduo se enquadra como agregado graúdo ou miúdo.



Figura 4: Rejeitos de marmoraria britados, agitador e peneiras granulométricas.
Fonte: Autor (2025).

Foi feita a separação da areia, brita, água, agregado graúdo de marmoraria e cimento (Figura 05).



Figura 5: Materiais separados.
Fonte: O Autor (2025).

Para a confecção do corpo de prova, foi utilizado formas metálicas untadas com óleo mineral (Figura 6), para facilitar o desmolde, para que dessa forma não haja danos ao material produzido. Foi utilizado um recipiente com água para os corpos de prova passassem pelo processo de hidratação.



Figura 6: Formas metálicas para corpo de prova.
Fonte: O Autor (2025).

Em seguida, utilizou-se uma retifica (Figura 07), que é responsável por fazer a regularização das faces do fundo e topo do corpo de prova. Desta forma, o ensaio de compressão, que foi feito com utilização de uma prensa hidráulica (Figura 7), não teve alteração no resultado devido alguma variação na superfície do corpo de prova.



Figura 7: Retifica e prensa hidráulica.
Fonte: O Autor (2025).

3.1. Dosagem experimental de concreto

Os traços dos concretos desenvolvidos foram estudados para que houvesse uma substituição de 40% e 50% da brita por resíduo de marmoraria para comparação com o traço base (Tabela 01).

O C1 representa o corpo de prova de concreto base, sem adição de resíduo, que foi utilizado para comparação com os corpos de provas com rejeitos de marmoraria. C2 refere-se ao corpo de prova que utilizou de 40% de substituição da brita e o C3 representa o corpo de prova com 50% de substituição.

Tabela 1
Dosagens

Amostras	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Mármore britado (Kg)	Brita 0 (Kg)	Brita 1 (Kg)	Água (L)
C1	10,00	14,40	-	12,39	5,31	5,20
C2	9,00	13,00	6,40	4,90	4,90	5,20
C3	9,00	13,00	8,00	4,00	4,00	5,20

Fonte: O Autor (2025).

Durante a etapa de fabricação do concreto, todos os componentes para o concebimento do concreto foram devidamente separados para manter a organização, reduzindo assim as chances de misturar os componentes de forma desordenada. Na hora de realizar a mistura na betoneira seguiu-se a ordem de brita, 2/4 da água, areia, cimento, rejeito e restante da água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio granulométrico

Antes de realizar a separação em suas respectivas quantidades para confeccionar os concretos a serem utilizados no estudo, foi realizado o ensaio granulométrico da brita e do rejeito de marmoraria conforme mostrado nas Figuras 8 e 9. Após análise dos dois ensaios, pode-se definir que as amostras analisadas são predominantemente de material grosso classificados como “pedregulho”, onde houve mais de 50% do material grosso retido na peneira de 4,75mm.

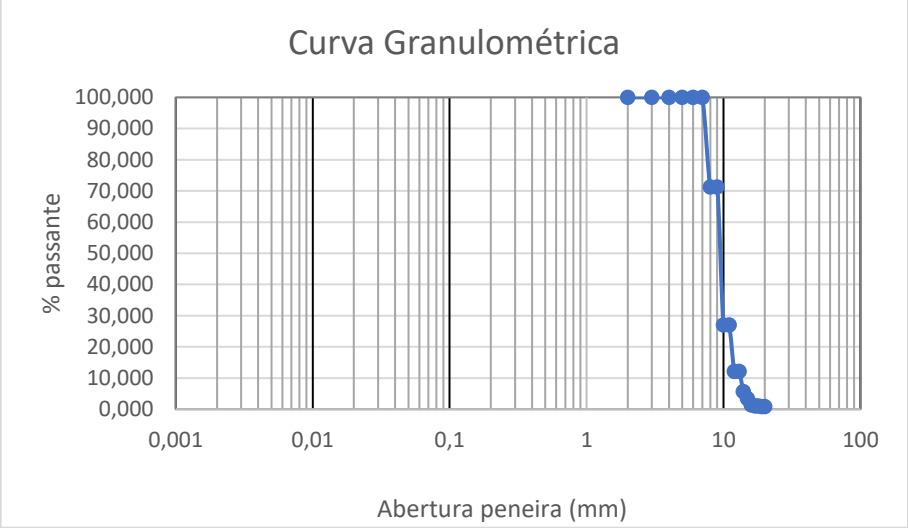


Figura 8: Ensaio granulométrico da brita.
Fonte: Autor (2025).

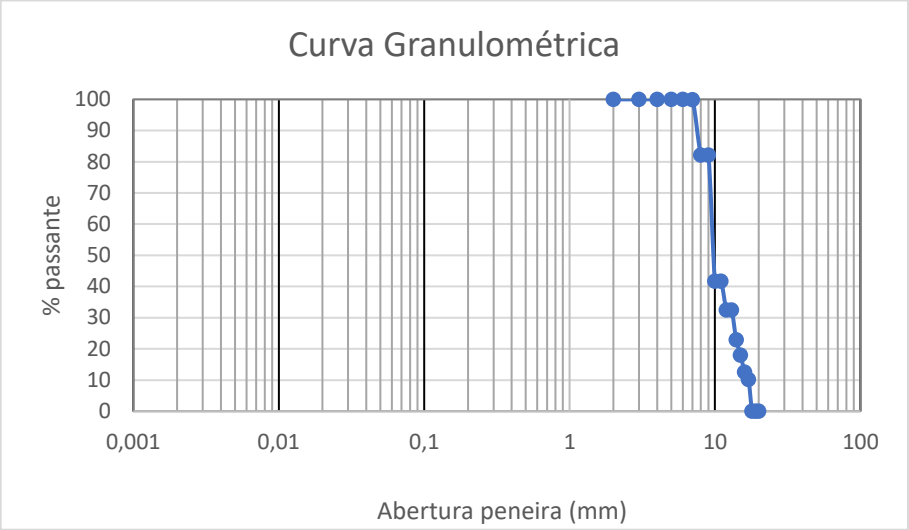


Figura 9: Ensaio granulométrico do rejeito de marmoraria.
Fonte: Autor (2025).

É importante ressaltar que a diferença granulométrica dos materiais é responsável para que haja uma redução na quantidade de espaços vazios no concreto e consequentemente aumentando sua resistência final.

4.2. Slump-Test

O *Slump-Test* tem uma grande importância na análise de qualidade do concreto, pois é por meio deste ensaio que conseguimos verificar a consistência e fluidez do compósito. O ensaio consiste no adensamento de camadas dentro de um cone metálico sob uma plataforma de base metálica, realizado conforme a NBR 16889: 2020 (Figura 10). O abatimento é medido para verificar a trabalhabilidade do concreto. Quanto mais alta a medida, menor a trabalhabilidade.

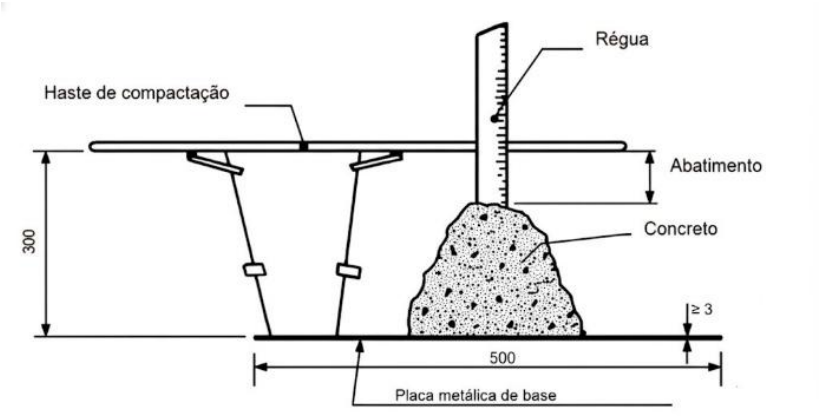


Figura 10: Esquema para medição do abatimento.
Fonte: ABNT NBR 16889:2020.

O *Slump-Test* foi feito tanto no concreto de referência quanto nos concretos que foram submetidos a substituição parcial da brita (Tabela 2). Na figura 14 foram utilizados um cone de

Abrams e uma haste metálica para poder desenvolver o ensaio, que é responsável por demonstrar o comportamento do concreto em seu estado fresco.

Como foi possível observar por meio da Figura 11 e da Tabela 2, o concreto C1 (sem rejeito) foi o que apresentou uma melhor trabalhabilidade com resultado de abatimento de 100mm, enquanto o C2 (40% de substituição) apresentou a pior trabalhabilidade com abatimento de 70mm e o C3 (50% de substituição) sendo o concreto com aditivo com melhor trabalhabilidade quando comparado com o C2 tendo um abatimento de 89mm.



C1 **C2** **C3**

Figura 11: *Slump-Test.*
Fonte: O Autor (2025).

Tabela 2
Slump-Test.

	Altura do cone (mm)	Abatimento (mm)
C1	300	100
C2	300	70
C3	300	89

Fonte: O Autor (2025).

Com os resultados em mãos com o C1 expressando o concreto de referência, C2 sendo o concreto com 40% de substituição e C3 com 50% de substituição, é possível estar visualizando suas aplicabilidades conforme a norma NBR 8953:2015 (Tabela 3).

Classe	**Abatimento mm**	**Aplicações típicas**
S10	$10 \leq A \leq 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A \leq 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A \leq 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto

S160	160 ≤ A ≤ 220	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

NOTA 1 De comum acordo entre as partes, podem ser criadas classes especiais de consistência, explicitando a respectiva faixa de variação do abatimento.
NOTA 2 Os exemplos desta Tabela são ilustrativos e não abrangem todos os tipos de aplicações.

Tabela 3
Tabela de consistência e aplicações.
Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015).

4.3. Ensaio de esforço axial

Os resultados do ensaio de compressão dos corpos de provas de referência (Gráfico 03), obtiveram uma média de 24,03 MPa, onde atingiu o mínimo exigido por norma para ser utilizado como concreto estrutural em âmbito rural (25 MPa em ambientes urbanos), que é considerado um local com classe de agressividade baixa conforme dito na ABNT NBR 6118: 2023. Vale ressaltar que o concreto deve atender as exigências de resistência da NBR 12665:2015 para ser utilizado como concreto estrutural (Tabela 04).

Os corpos de prova que tiveram a substituição parcial da brita por mármore britado, obtiveram os resultados referentes ao ensaio de compressão expostos na Figura 12. Pode-se observar que com o aumento da porcentagem de rejeito, o concreto acabou por se tornar menos resistente em algumas análises.

Tabela 4
Tabela de classes de agressividade e qualidade do concreto.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.
CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 12665 (ABNT, 2015).

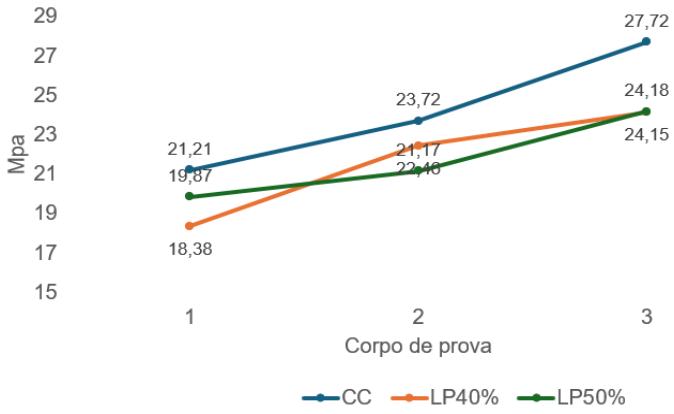


Figura 12: Relação de resistência dos corpos de provas.
Fonte: O Autor (2025).

O concreto que utilizou 40% de substituição, atingiu uma média de 21,66 MPa enquanto o concreto com 50% de substituição, atingiu média de 21,74 MPa. Ambos se tornam utilizáveis em âmbito rural que por norma são considerados como classe de agressividade ambiental I. É importante ressaltar que a classe de agressividade ambiental II se trata de ambientes urbanos, perante a NBR 6118:2023, estes já exigem um concreto com uma maior resistência (25 MPa).

É importante ressaltar que, o cimento Portland CP III ARI RS, é bastante utilizado para ambientes agressivos com alta exposição a sulfatos, e são bastante utilizados em alto-forno e esgotos. Porém a sua queda de resistência pode se dar ao fato de que o interior da pedra de mármore apresenta uma superfície mais lisa e com menos aderência quando comparado com a brita, o que pode acarretar perca de resistência. Outro fator que pode ter influenciado foi a falta de resíduos com uma maior diferença granulométrica para poder preencher os vazios do concreto.

Com uma análise tátil-visual, notou-se que o corpo de prova que utiliza as pedras de mármore como agregado graúdo, apresentou uma textura mais áspera, especialmente os corpos de provas que utilizou 50% de substituição. Outro fator observado foi sua coloração externa (Figura 13) acabou por ficar mais escura quando comparados com o concreto de referência, visando que o resíduo apresentava uma quantidade considerada de pedras de mármore com uma coloração mais intensa, o que provavelmente foi devido ao tipo de rocha utilizado no resíduo.



Figura 13: Corpos de provas de referência e com resíduo, respectivamente.
Fonte: Autor, 2025.

5. CONCLUSÕES

A utilização do rejeito graúdo de marmoraria no concreto estrutural pode vir a ser utilizado em âmbito rural para obras de pequeno porte, já que apresenta a resistência exigida pela ABNT NBR 6118:2023. Entretanto, sua utilização para obras de grande porte necessita de estudos mais aprofundados, com outras composições de cimento e outras porcentagens de substituição para validar a sua real eficácia. Para ser utilizado em ambientes mais agressivos, com resistências de 25 MPa ou mais, a sua dosagem deve ser adaptada.

Os resultados expressos, apresentam uma diminuição da resistência com o aumento da porcentagem de substituição devido ao aumento dos poros vazios, o que torna questionável se é viável a utilização do rejeito em grande escala.

É de extrema importância, ressaltar que antes de sua utilização em campo, mais estudos e ensaios devem ser realizados para reduzir o risco de problemas estruturais, ensaios estes como o ensaio de durabilidade, percolação, granulometria e sondagem SPT.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12665 -** Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889** - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 -** Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953 -** Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

Barros, E., (2019). O uso de resíduos da construção civil como agregados na produção de concreto. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. v. 2, n. 1, p. 252-258.

Brasileiro, L.L.; Matos, J.M.E., (2015). Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, p. 178-189.

Helene, P; et al., (2017). Matérias de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Matérias. São Paulo: Arte Interativa.

Holderbaum, M., (2009). Gestão dos resíduos da construção civil: Análise da cidade de porto alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.10-59.

Kumayama, R., Alcântara, M.A.M., Cruz, W.S., Segantini, A.A.S., (2015). Estudo da viabilidade do emprego de pó de mármore para produção de concreto autoadensável e substituição parcial dos agregados por pérolas de poliestireno expandido (EPS). REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 10, n. 2, p. 56-71.

Maciel, K.R.D., Novaes, M.P., Teodoro, E.P.A., Calmon, J.L., (2023). Utilização do resíduo de mármore e granito no concreto: Lacunas no conhecimento. Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção, v. 6(1), p. 266-281. Recuperado de https://eventos.antac.org.br/index.php/enarc/article/view/3403

Neville, A., Brooks, J.J., et al., (2013). Tecnologia do concreto**.** São Paulo: Bookman.

Petruccio, E., (1979). Concreto de cimento Portland. São Paulo: Editora Globo.

Petry, N.S., Delongui, L., Muller, A.L., Masuero, A.B., Molin, D.C.C.D., (2017). Avaliação do uso de resíduos de marmoraria na produção de concretos. REVISTA ARQUITETURA IMED. v. 6, n. 2, p. 71-92.

Rabahi, R., (2015). Análise da resistência mecânica de vigas de mármore sintético com carga reciclada. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. p. 1-192.

Ramos, I.C., Curado, J.F., (2022). Estudo da composição e da radiação natural em granitos e mármores. XII Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais da FEI. p.1-2.

Rodrigues, M.A., Filho, J.A.M., (2018). Fabricação de concreto autoadensável com utilização de resíduos de marmorarias com adição mineral. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 14, n. 1, p. 50-71.

Samudio, E.M.M., Dourado, F.F.M., Bettiol, D.A.A., Oliveira, B.M., SILVA, Y.I.A., Reis, R.A., (2017). Gestão de resíduos no beneficiamento de rochas ornamentais: O caso das marmorarias. Revista Caleidoscópio**.** v. 9, n. 1, p. 15-21.

Souza, I., (2024). Desenvolvimento e caracterização de concreto com incorporação de resíduos de marmoraria. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. p. 1-70.

Guerra, A.N.L.P., (2014). Caracterização e utilização de rejeito de minério de ferro *pallet feed* em pavimentos de blocos intertravados de concreto (Dissertação de pós-graduação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Martins, F., Sergio, T., Martins, C.H., (2017). Utilização da cinza leve e pesada do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo mineral na produção de blocos de concreto para pavimentação. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 1205–1224. DOI: 10.17765/2176-9168.2017v10n4p1205-1224.

Liotto, P.F., (2020). O uso do vidro em concreto: revisão. Scientia Amazonia, v.9, n.2, C1-C12.

Silva, R.V., (2017). AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO INCORPORADO COM RESÍDUO DE MÁRMORE EM PÓ. Universidade Federal de Campina Grande.