

## **CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓ DE GRANITO INDUSTRIALIZADO**

Felipe Antônio Viana de Araújo

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (felipevaraujo@gmail.com)*

Victor Cesar Crisosto Moises

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (victorcesar3625@gmail.com)*

William Barros Dias

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (williambarros13@gmail.com)*

David Ferreira Barbosa

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (davidferreira\_barbosa@outlook.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

### **RESUMO**

O processo de extração e tratamento ou beneficiamento das rochas ornamentais gera resíduos que em sua maioria têm sido descartados sem nenhum controle. Este fato contribui para aumentar a poluição ambiental e favorecer a proliferação de vetores nocivos à saúde. Visando encontrar uma aplicação para esse tipo de resíduo, esse trabalho apresenta um levantamento bibliográfico sobre a incorporação parcial de resíduos industriais, com o estudo da utilização do pó do granito na substituição parcial do agregado miúdo (areia), com o objetivo de obter um possível material alternativo para a indústria da construção civil, contribuindo para a proteção ambiental. Processos industriais são grandes fontes geradoras de resíduos, principalmente sólidos e sua utilização na construção civil vem mostrando ser uma excelente alternativa para diminuir esses impactos ambientais como forma de desenvolvimento sustentável, trazendo melhorias financeiras, ambientais e aperfeiçoamento de técnicas já existentes. Como trata-se de um trabalho de revisão bibliográfica, os resultados variam de acordo com os autores, mas em geral, a pesquisa realizada aponta que os resíduos de corte de granito, pode ser reciclado e absorvido na área da construção civil, mostrando potencial para a realização de novos ensaios e artigos a respeito desse agregado miúdo vindo dos resíduos industriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos cimentícios, pó de granito, agregado miúdo, resíduos industriais, adições no concreto.

# 1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é uma filosofia que está encorajando o mundo empresarial a procurar melhorias ambientais que potenciem, paralelamente, benefícios econômicos. Concentra-se em oportunidades de negócio e permite às empresas tornarem-se mais responsáveis do ponto de vista ambiental e mais lucrativas. Incentiva a inovação e, por conseguinte, o crescimento e a competitividade (YEMA; TEIXEIRA; NÄÄS, 2011).

O desenvolvimento sustentável é como a fonte da capacidade de gestão e dos recursos técnicos e financeiros indispensáveis à resolução dos desafios ambientais, que necessitam partilhar do entendimento de que deve haver um objetivo comum e não um conflito entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, tanto para o momento presente, como para as gerações futuras (ANDRADE; TACHIZAWA; CARVALHO, 2004).

Desenvolvimento sustentável é o processo político, participativo que integra a sustentabilidade econômica, ambiental, espacial, social e cultural, sejam elas coletivas ou individuais, tendo em vista o alcance e a manutenção da qualidade de vida, sejam nos momentos de disponibilização de recursos, seja nos períodos de escassez, tendo como perspectivas a cooperação e a solidariedade entre os povos e as gerações (SILVA, 2008). O princípio do desenvolvimento sustentável é uma melhor distribuição dos recursos econômicos da humanidade, atendendo todas as necessidades da atual geração, sem comprometer a geração futura em atender as suas próprias necessidades.

No entendimento de Kinlaw (1997), o desenvolvimento da sustentabilidade pelo qual as organizações devem trabalhar, planejar, executar e avaliar cada aspecto de seu negócio precisa estar evidente no planejamento empresarial da cúpula da empresa, e também, na forma como os funcionários desenvolvem seu trabalho rotineiro. Sendo assim a evolução das empresas para o sistema de produção de riquezas seriam completamente compatíveis com os ecossistemas naturais, que geram e preservam a vida em um futuro adentro.

O conceito de sustentabilidade na construção civil significa garantir que antes, durante e após as construções, sejam feitas ações que reduzam os impactos ambientais, potencializem a viabilidade econômica e proporcionem uma boa qualidade de vida para as gerações atuais e futuras. A sustentabilidade na construção civil é um tema cada vez mais indispensável em qualquer empresa do ramo. A grande quantidade de resíduos e entulhos gerados nos canteiros de obras, além das nocivas atividades de extração de matéria-prima e elevado uso de energia elétrica representam um desafio na minimização dos impactos provocados pelas construções (SECONCI, 2022).

Com o mercado cada vez mais exigente e com o aumento da concorrência, produzir de modo sustentável se tornou um diferencial competitivo. A sustentabilidade na construção civil trata não só da redução do desperdício de materiais, mas de ações que permitam reduzir custos e insumos, que reaproveitem e promovam o uso inteligente de recursos naturais em obras de engenharia e que promovam o desenvolvimento econômico, regional e social. Não há como inserir sustentabilidade na construção civil se esta não fizer parte desde a concepção do projeto (ROQUE; PIERRI, 2018).

Abrangendo o consumo consciente de matéria prima, o reaproveitamento de resíduos e a minimização de desperdícios, o conceito de sustentabilidade na construção civil traz uma série de vantagens aos empreendedores. Sendo assim, entre os principais benefícios da sustentabilidade na construção civil, destacam-se (SECONCI, 2022):

- Redução de gastos, que se dá pela otimização dos processos;
- Otimização no uso dos insumos, ao reduzir o desperdício de materiais;
- Redução na geração de resíduos sólidos;
- Economia com os custos de manutenção do empreendimento;

- Incentivos fiscais, que são cada vez mais comuns para as práticas sustentáveis no segmento construtivo;
- Mais conforto aos proprietários, garantidos por cuidados arquitetônicos sustentáveis relacionados ao controle térmico, de luz e demais fatores ambientais;
- Maior apelo e conforto visual gerado pelos mesmos fatores;
- Melhor argumento de vendas, uma vez que o conceito de sustentabilidade é cada vez mais valorizado pelos clientes.

Está se tornando cada vez mais comum a aplicação dessas tecnologias sustentáveis no ramo da construção civil, proporcionando um impacto ambiental positivo. Ao aderir essas práticas sustentáveis, as empresas são capazes de gastar menos em suas atividades e conseqüentemente eleva sua imagem perante ao mercado, demonstrando toda a sua preocupação com a sustentabilidade na construção civil.

Uma das maiores vantagens de aderir a sustentabilidade no ramo da construção civil são os incentivos fiscais do governo brasileiro, tanto em âmbito municipal, estadual e federal. Assim, uma obra ecologicamente correta poderá contar com alguns descontos em impostos fiscais e poderá contar com algumas ajudas em financiamento. Um dos incentivos fiscais que existem em diversas cidades brasileiras é o IPTU Verde, desconto que é dado no IPTU para obras que implementarem sistemas ecoeficientes nas suas construções ou reformas. Cada cidade que utiliza o IPTU Verde determina o valor dos descontos, mas eles variam de 5% a 20%. Os sistemas ecoeficientes que devem ser implementados também variam, mas alguns exemplos são (SECONCI, 2022):

- Captação e reutilização de água;
- Reciclagem e reuso de resíduos de materiais de construção;
- Uso de placas solares para o aquecimento de água;
- Uso de placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica.

Os benefícios trazidos pelos incentivos fiscais para a Construção Civil para as empresas não se resumem apenas em uma margem de lucro maior, dado pela redução dos custos com as taxas tributárias no orçamento de obras. Estes promovem também uma melhor concorrência, já que as ações necessárias para obter os benefícios incluem construir com qualidade e de forma que atenda aos interesses da sociedade. Com a redução dos custos nas obras, as empresas poderão focar em realizar diversas ações e ou atitudes que otimizem os processos construtivos, investir em soluções tecnológicas e na capacitação dos profissionais é um diferencial em um mercado competitivo. Assim, as edificações irão atingir ainda mais um padrão de qualidade, utilizando menos recursos e em menor tempo (NOGUEIRA, 2021).

Mesmo com todas as dificuldades que a construção civil enfrenta, o Brasil é o 4º país do mundo em construções sustentáveis. Até o ano de 2017 eram 1.226 projetos registrados na certificação *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, que já certificou 80% dos projetos reconhecidos como verdes no mundo, sendo que 404, no Brasil, já possuem essa certificação. Outro selo de grande expressão no segmento é o Alta Qualidade Ambiental (Aqua), baseado no francês HQE. Foi o primeiro selo desenvolvido no país e já certificou cerca de 20% das edificações em todos os continentes (LIMA, 2018).

De acordo com Azevedo *et al.* (2020), a construção civil, apesar de ter uma grande importância na economia, é a maior consumidora no mundo de matérias primas naturais, entre os setores industriais. Esse consumo estima-se de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. (OLIVEIRA *et al.*, 2020), destacam que o impacto da indústria no meio ambiente envolve, desde a exploração da matéria prima, até a sua utilização o que pode gerar resíduos sólidos.

O mercado da construção civil se apresenta como uma das mais eficazes alternativas para consumir materiais reciclados, pois a atividade da construção é realizada

em qualquer região, com a ampliação cada vez maior do ambiente construído, o que permitirá reduzir os custos de transporte. Além disso, grande parte dos componentes necessários à produção de edificações podem ser produzidos sem grande sofisticação técnica (JOHN, 1996).

Levando em consideração a grande quantidade de resíduos gerados pela produção de peças ornamentais, como mármore e granito, e tentando contribuir para o desenvolvimento sustentável, alguns pesquisadores vêm estudando o aproveitamento dos resíduos de corte de granito e mármore para aplicações em argamassas, concretos e peças cerâmicas.

Apesar de pesquisas demonstrarem a viabilidade do uso desses resíduos, alcançando resultados bastante significativos para as propriedades físicas e mecânicas, as normas nacionais permitem o uso dos agregados reciclados apenas em compósitos de baixa resistência, ou seja, em materiais à base de cimento não estruturais (MOHAJERANI *et al.*, 2020).

Tendo em vista os problemas levantados, o objetivo desse trabalho é analisar e estudar a viabilização do pó de granito, substituindo o agregado miúdo natural (areia) na produção de concreto, visando uma busca alternativa para uma disposição correta dos resíduos de corte e a redução da utilização de recursos naturais, visando diminuir os impactos ambientais.

## 2 RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A norma brasileira que trata do assunto, NBR 10.004 - Resíduos Sólidos: classificação (ABNT, 2004a), define resíduos sólidos como sendo “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água”.

O reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos e o melhor aproveitamento das matérias-primas são vistos por especialistas como a mais eficiente e talvez a única saída para a continuidade do progresso tecnológico do planeta, pois essas medidas atuam em sintonia com as necessidades do mundo atual (MINAS AMBIENTE, 1999).

Segundo o CONAMA (2002), o reaproveitamento de resíduos pode ser abordado com três enfoques distintos:

- Recuperação: compreende na extração e remoção de algumas substâncias presentes nos resíduos, como óxidos, metais etc;
- Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem que haja qualquer transformação ou beneficiamento do mesmo;
- Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após este ter sido submetido a algum tipo transformação.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004a) classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem possuir maior controle e rigor em seu manuseio e destinação. Os resíduos são classificados como:

- Classe I: perigosos;
- Classe II: resíduos não perigosos, que pode ser dividida em: classe II A - resíduos não inertes; classe II B - resíduos inertes.

Para se classificar os resíduos utilizam-se os ensaios de lixiviação e de solubilização. A NBR 10.005 (ABNT, 2004b) fixa as condições exigíveis para a lixiviação de resíduos. Já o ensaio de solubilização é realizado de acordo com a NBR 10.006 (ABNT, 2004c) e destina-se a diferenciar os resíduos inertes dos não-inertes, por meio da

identificação dos constituintes solubilizados em concentrações superiores ao padrão da água.

### 3 GRANITO E MÁRMORE

Geologicamente, as rochas são classificadas em três grupos: ígneas, sedimentares e metamórficas. As rochas ígneas são provenientes da solidificação do magma fundido em diferentes profundidades da terra; as rochas sedimentares são resultantes da deposição de produtos de desagregação e erosão de rochas já existentes; e as rochas metamórficas são resultado de aumento de pressão e temperatura no ambiente geológico, causando o metamorfismo de rochas preexistentes (CHIODI e RODRIGUES, 2009; RODRIGUES; FILHO e SANTOS, 2015).

A NBR 6502 (ABNT, 2022) define rocha como sendo material sólido, consolidado e constituído por um ou mais minerais. E segundo a NBR 15012 (ABNT, 2013) a rocha ornamental é definida como “material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento ou afeiçãoamento (bruta, aparelhada, apicoada, flameada, esculpida ou polida), utilizado para exercer uma função estética”.

Considerando o lado comercial, as rochas ornamentais são definidas essencialmente à luz de duas principais categorias, que são os “granitos” e os “mármore”, distinguidas com base na sua composição mineralógica. Os granitos abrangeriam as rochas silicatadas, ou seja, formadas por minerais estruturalmente constituídos por tetraedros de  $\text{SiO}_4$ , ao passo que os mármore incluiriam as rochas composicionalmente carbonáticas (LARIZZATTI e MENESES, 2005).

Os mármore são rochas metamórficas, compostas principalmente por calcita e/ou dolomita. Entretanto, para fins comerciais, os mármore compreendem todas as rochas calcárias que possam ser serradas e receber polimento, incluindo as rochas metamórficas ou sedimentares. Os mármore são classificados em função da sua textura, uniformidade do grão e cor predominante. Os minerais prevaletentes nos mármore são os carbonáticos, com teores acima de 50% (LOPES, 2007; OLIVEIRA, 2015).

Os granitos, segundo Lopes (2007), são rochas ígneas, classificadas como ácidas plutônicas, devido ao seu lugar de formação. Estas são as mais utilizadas na construção civil brasileira, pois apresentam excelente desempenho geomecânico. São formadas principalmente por dois minerais: quartzo (20 a 30%) e feldspato (50 a 70%). Comercialmente, rochas como sienitos, mozonitos, charnoquitos, diabásios, basaltos, gnaisses e migmatitos também são chamados de granitos (OLIVEIRA, 2015).

Segundo Chiodi e Rodrigues (2009), o mármore e o granito respondem largamente pelas variedades de rochas ornamentais e de revestimento comercializadas, representando cerca de 80% da produção mundial. No Brasil, estudos indicam que os granitos correspondem a 50% do total de consumo da produção nacional de rochas ornamentais, enquanto apenas 19% são relativos aos mármore.

#### 3.1 RESÍDUOS DE GRANITO E MÁRMORE

O processo de extração e tratamento ou beneficiamento das rochas ornamentais causam impactos ambientais e geram resíduos nas quatro etapas do processo, são elas: lavra, que é retirada dos blocos de rochas naturais; desdobramento dos blocos, etapa em que é feito o corte dos blocos, subdividindo-os em chapas/placas brutas; apiloamento ou polimento das chapas, para transformá-las em chapas ornamentais; e beneficiamento da chapa, processo de serragem e polimento das chapas de mármore e granito (LOPES, 2007; SANTOS; DESTEFANI; HOLANDA, 2013).

De acordo com Lopes *et al.* (2006), aproximadamente 20% a 30% das rochas são desperdiçadas na forma de lama, devido ao processo produtivo utilizado na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais.

Considerando-se a grande quantidade de resíduo gerada e tentando contribuir para o desenvolvimento sustentável, alguns pesquisadores vêm estudando o aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais na construção civil, como na produção de concretos convencionais, tendo como exemplos Santos (2011); Gonçalves (2002) e Barbosa (2008).

O resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais é classificado como sendo de Classe III – Inerte. Portanto, a sua utilização na construção civil não causa risco ambiental e nem à saúde humana. Porém, a lama dos resíduos do beneficiamento do mármore e do granito (RBMG), quando descartada de forma incorreta, pode causar graves problemas ambientais, como o assoreamento de rios, poluição dos mananciais e pode causar doenças à população (LOPES *et al.*, 2006).

Após o acabamento, as rochas recebem os cortes para o uso final: ladrilhos, arte funerária, revestimentos de paredes e pisos etc. Ao se aplicar na rocha qualquer tipo de insumo no acabamento, o valor agregado da mesma aumenta (QUEIROZ, 2005).

Segundo Singh *et al.* (2017), no processo de beneficiamento das rochas ornamentais, mármore e granitos, em torno de 30% das rochas torna-se resíduo, o qual muitas vezes é descartado de maneira incorreta no meio ambiente. Desta maneira, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas no intuito de aproveitar o resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), dando uma destinação correta a este material, muitas vezes trazendo tanto benefícios ambientais quanto econômicos (BARROS, 2008; GONÇALVES, 2002; KUMAYAMA *et al.*, 2015; LISBÔA, 2004; LOPES, 2007; OLIVEIRA, 2015; RODRIGUES; FILHO; SANTOS, 2015; SINGH *et al.*, 2017).

Segundo a FluxGeo [s.d.], atualmente no Brasil existem mais de 780 empresas, dos mais variados portes, beneficiando mais de 2 milhões de toneladas/ano de granitos e mármore. O volume de resíduo gerado pelo beneficiamento de rochas ornamentais (incluindo mármore e granitos) é bastante significativo. Porém, existe uma oscilação nestes valores, porque dependem muito da demanda do mercado consumidor. Como o processo de serragem é o mesmo, este mercado é o fator principal para a produção de placas de granito e/ou mármore e, conseqüentemente, do resíduo gerado. Então, existem os resíduos de mármore, resíduos de granitos e um terceiro, que é a mistura do resíduo de mármore com resíduos de granito.

O volume total do pó gerado no processo de serragem é bastante significativo, gerando problemas de transporte, estocagem, econômicos, de manutenção dos depósitos, ambientais e problemas para a população e operários, possibilitando o surgimento de doença.

Para Freire e Motta (1995), em serrarias produzindo chapas de 20 mm de espessura, 20 a 25% do bloco de pedra é transformado em pó. Segundo Rochas Ornamentais – Informações Estatística 1986-1995 (1995), este valor é de 30%. Considerando que a maioria das empresas trabalham com chapas de 20 mm e blocos com dimensões variando em torno de 2,0m a 1,5 m, com 3,0 m de comprimento e o mercado interno brasileiro produz atualmente 12 milhões de metros quadrados acabados/ano de rochas ornamentais (LEAL e ALMEIDA, 1999), a estimativa da produção brasileira do resíduo gira em torno de 240.000 toneladas de pó por ano, considerando granito e mármore. Conforme os dados de FluxGeo, a geração destes resíduos gira em torno de 400.000 a 600.000 toneladas/ano.

A geração resíduária das marmorarias tem uma média de 30% de cacos, retalhos e pó do volume produzido, conforme os estudos de Rosato (2013). Já segundo Moura, Gonçalves e Leite (2002), cerca de 20 a 30 % dos blocos são transformados em pó e depositados nos pátios das empresas e segundo Oliveira (2009), a quantidade de resíduos

gerados nas marmorarias chega a 25% do total consumido. Esse percentual residuário depende diretamente da eficiência da mão de obra e da qualidade dos equipamentos utilizados na produção das indústrias. Ao considerar essa porcentagem de 25% nos dados da ABIROCHAS (2016), com um consumo de rochas ornamentais no Brasil de 9,24 milhões de toneladas/ano, produz -se cerca de 2,31 milhões de toneladas de resíduos de marmorarias e serrarias ano (SANTOS, 2020).

#### 4 RESULTADOS DE PESQUISAS ENVOLVENDO O RESÍDUO DO GRANITO

Muitas pesquisas atuais visam avaliar a utilização de pós do resíduo de corte do granito como material alternativo, que visa a diminuição dos impactos ambientais. Em termos de desempenho mecânico dos compósitos cimentícios modificados com pó de mármore, Arshad *et al.* (2014) concluíram que a substituição de 15% de agregado miúdo por resíduos de pó de granito na presença de aditivos plastificantes, evidenciou uma resistência máxima à compressão axial similar à mistura de referência, após 28 dias de cura.

Shukla, Gupta e Gupta (2020) ao produzirem compósitos cimentícios contendo pó de mármore na proporção de 100%, observou-se valores de resistência à compressão axial média, aos 28 dias, de aproximadamente 40 MPa, sendo este 6,5% maior quando comparado com as misturas de referência. Da mesma forma, Barros e Fucale (2016) verificaram a possibilidade do uso da substituição total do agregado natural pelo reciclado e concluíram que o concreto foi capaz de suportar esforços de compressão 22% superiores, quando comparados à mistura de referência.

Estudos realizados por Aliabdo *et al.* (2014) evidenciaram que a utilização da relação água/cimento (a/c) de 0,40 possibilitou um aumento significativo na resistência à compressão axial dos compósitos cimentícios contendo resíduos industriais em sua matriz. Além disso, observaram que a compactação mecânica do concreto incide no preenchimento dos vazios.

Ali e Hashmi (2014) avaliaram o comportamento mecânico dos compósitos cimentícios utilizando diferentes percentuais de pó de mármore e pó de pedra individualmente. Os autores perceberam que a utilização de 20% de pó de pedra (mármore ou granito) melhora as propriedades mecânicas dos materiais à base de cimento em, aproximadamente, 17%, durante 7 dias e 16%, aos 28 dias de análise.

Estudos realizados por Hebhouh *et al.* (2011) relataram um aumento na resistência à compressão axial utilizando 75% de agregados reciclados. Além disso, os autores realizaram uma análise comparativa comportamental, onde perceberam que a utilização de 100% de agregados reciclados incide na perda de resistência à compressão axial, determinado pelo preenchimento dos microporos na matriz cimentícia, melhorando as propriedades na zona de transição.

Rodrigues, Brito e Sardinha (2015) avaliaram o comportamento dos compósitos cimentícios contendo materiais sólidos industriais, onde perceberam que a utilização de plastificantes melhoram a resistência à compressão axial e a trabalhabilidade. Além disso, faz-se necessário a utilização adequada dos resíduos industriais, pois os mesmos quando utilizados de forma incorreta, podem acarretar a decomposição do silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S) e silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S), constituintes responsáveis pelo aumento da resistência à compressão dos compósitos à base de cimento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo de revisão da literatura foi analisado artigos relacionados ao uso do resíduo do granito em concretos, com admirável potencial para reciclagem de dejetos industrializados. A construção civil é um grande potencial para absorver essa utilização de resíduos, devido aos inúmeros processos envolvendo diversos tipos de materiais, dentre eles o concreto.

O concreto julga-se como principal componente para o âmbito do crescimento das construções pelo Brasil e pelo mundo, devido sua facilidade de trabalhabilidade, tendo fácil locomoção e podendo ser aplicado e quase todas as obras civis e que se adequa as necessidades exigidas, o fato de possuir, também, a característica de poder ser pré-moldado nas alvenarias de diferentes formas e tamanho, dando uma maior agilidade para obra, faz com o que o concreto seja cada vez mais indispensável nas construções.

Contudo, o concreto é um material brilhante, que proporciona de maneira em geral uma melhor trabalhabilidade para qualquer obra como um todo, onde cada vez mais se é feito concretos que têm maior resistência e que, também é, indispensável para as construções, por sua eficiência em tudo que para ele é requisitado.

A pesquisa realizada permitiu uma percepção mais detalhada sobre os resíduos e suas origens em relação aos mármore e granitos, podendo ser uma solução para um problema que cresce a cada dia, o descarte de toneladas de resíduos de rochas ornamentais e tendo sua representatividade na construção civil.

Como propostas para trabalhos futuros, sugere-se a avaliação das propriedades mecânicas como resistência a compressão, a tração, módulo de elasticidade do concreto, com a adição de resíduos, ao decorrer do tempo. Avaliar o comportamento do resíduo na substituição ou adição junto ao cimento, devido sua característica como fíler, aumentando as propriedades mecânicas do concreto nos primeiros dias e estabilizando no decorrer da cura do concreto.

## REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2016. Brasília-DF: [s.n.], 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 – Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.005 – Lixiviação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006 – Solubilização de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15012. Rochas para revestimentos de edificações** — Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2022.

ALIABDO, A. A.; ELMOATY, A. E. M. A.; AUDA, E. M. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. **Construction and Building Materials**. 50(1):28-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.005>

ALI, M. M.; HASHMI, S. M. (2014). An Experimental investigation on strengths characteristics of concretewith the partial replacement of Cement by Marble Powder dust and Sandby Stone duste. **IJSRD – International Journal for Scientific Research & Development**. 2(7):360-368

ANDRADE, R. O., TACHIZAWA, T., & CARVALHO, A. B. 2004. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável** (2ª ed.). São Paulo: Makron.

ARSHAD, A.; SHAHID, I.; ANWAR, U. H. C.; BAIG, M. N.; KHAN, S.; SHAKIR, K., (2014), The Wastes Utility in Concrete. **International Journal of Environmental Research**. 8(4):1-20. <http://dx.doi.org/10.22059/ijer.2014.825>

Azevedo, A. R. G., Vieira, C. M. F., Ferreira, W. M., Faria, K. C. P., Pedroti, L. G., Mendes, B. C. (2020), Potential use of ceramic waste as precursor in the geopolymerization reaction for the production of ceramic roof tiles. *Journal of Building Engineering*, 29(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101156>

BARBOSA, M. T. **Estudo Sobre a Areia Artificial em Substituição à Natural para Confecção de Concreto**. Juiz de Fora: Departamento de Construção Civil Universidade Federal de Juiz de Fora Campus Universitário. Bairro Martelos, 2008.

BARROS, E., FUCALE, S. (2016). O uso de resíduos da construção civil como agregados na produção de concreto. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**. 2(1). <http://dx.doi.org/10.25286/repa.v2i1.343>

BARROS, P. G. dos S. **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto autoadensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2008.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. DE P. **Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos**. São Paulo: ABIROCHAS, 2009.

CONAMA (2002) resolução 307. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Julho de 2002.

FluxGeo. Revista especializada em rochas ornamentais, equipamentos etc. [www.fluxgeo.com.br](http://www.fluxgeo.com.br).

FREIRE, A. S.; MOTTA, J. F. M. Potencialidades para o aproveitamento econômico de rejeito de serragem de granito. In: **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, ed. 123, jul/ago, 1995, p. 98-108.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do Resíduo de Corte de Granito (RCG) como Adição para Produção de Concretos**. Porto Alegre: Escola de Engenharia de Rio Grande do Sul, 2002.

HEBHOU, H.; AOUN, H.; BELACHIA, M.; HOUARI, H.; GHORBEL, E. (2011), Use of waste marble aggregates in concrete. **Construction and Building Materials**. 25(3):1167-1171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.09.037>

JOHN, V. M., Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: Workshop sobre Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de construção, 1996, São Paulo: PCC-USP, Departamento de Engenharia Civil, p. 21 –30.

KINLAW, D. C. 1997. **Empresa Competitiva e Ecológica**. São Paulo: Makron Books.

KUMAYAMA, R.; ALCÂNTARA, M. A. M.; CRUZ, W. S.; SEGANTINI, A. A. S. **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, 2015.

LARIZZATTI, R. G. e MENESES. R. G de. **Rochas Ornamentais e de Revestimento: Conceitos, Tipos e Caracterização Tecnológica**. Curso De Especialização Em Mármore e Granitos. Rio de Janeiro: Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

LEAL, G.; ALMEIDA, R., Rochas brasileiras a gosto dos italianos. In: **Exportar&Gerência**, ed. 10, jul/1999, p. 18-24.

LISBÔA, E. M. **Obtenção de concreto auto-adensável utilizando resíduo de beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2004.

LIMA, Tomás. **Conheça os incentivos econômicos à construção sustentável**. 2018. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/incentivos-economicos-a-construcao-sustentavel/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

LOPES, J. L. M. P.; BACARJI, E.; PAZINI FIGUEIREDO, E. J.; RÊGO, J. H. S.; PEREIRA, A. C. Estudo do potencial de utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, na produção de concretos. **III Seminário de Pós-Graduação da UFG**, p. 5, 2006.

LOPES, J. L. M. P. **Influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, nas propriedades do concreto**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás-GO, 2007.

MINAS AMBIENTE. **Ensino e desenvolvimento tecnológico para controle ambiental na indústria**: pesquisa tecnologia para controle ambiental em unidades independentes de produção de ferro-gusa de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1999, 140 p. Relatório Técnico.

Mohajerani, A., Burnett, L., Smith, J. V., Markovski, S., Rodwell, G., Rahman, M. T., Kurmus, H., Mirzababaei, M., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S. (2020), Recycling waste rubber tyres in construction materials and associated environmental considerations: a review. *Resources, Conservation and Recycling*. 155(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104679>

NOGUEIRA, Paulo. **Como obter incentivos fiscais para a Construção Civil**. 2021. Disponível em: <https://obrasconstrucaocivil.com/como-obter-incentivos-fiscais/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

OLIVEIRA, C. N. Aplicação de Resíduos Oriundos do Corte de Rochas Ornamentais na Produção de Cosméticos. In: XVII Jornada de Iniciação Científica, CETEM/MCT, Rio de Janeiro – RJ, 2009, p. 123-129.

Oliveira, P. S., Antunes, M. L. P., Cruz, N. C., Rangel, E.C., Azevedo, A. R. G., Durrant, S. F. (2020), Use of waste collected from wind turbine blade production as an eco-friendly ingredient in mortars for civil construction. *Journal of Cleaner Production*. 274(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122948>

OLIVEIRA, L. S. DE. **Reaproveitamento de resíduos de marmoraria em compósitos cimentícios**. São João Del-Rei: Universidade Federla de São João Del-Rei-UFSJ, 2015.

QUEIROZ, F. C. **Aproveitamento de Resíduos Pétreos de Marmorarias do Município de São Paulo como Agregado para Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2005.

RODRIGUES, R.; BRITO, J.; SARDINHA, M. (2015). Mechanical properties of structural concrete containing very fine aggregates from marble cutting sludge. **Construction and Building Materials**. 77(1):349-356. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.104>

RODRIGUES, M. A.; FILHO, J. DE A. M.; SANTOS, W. F. DOS. **Utilização dos resíduos de cortes de placas de mármore e granitos como adição na fabricação de concreto autoadensável**. Engenharia, Estudo e Pesquisa, v. 15, p. 24–41, 2015.

ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. e3482703, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i2.703. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/703>. Acesso em: 23 nov. 2022.

ROSATO, C. S. O. Um Estudo Quantitativo E Estratégico Sobre Reaproveitamento E Reciclagem De Resíduos De Rochas Ornamentais. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Da Bahia - Instituto De Geociências Curso De Pós-Graduação Em Geologia, Salvador – BA, 2013, 149p.

SANTOS, R. A. **Reaproveitamento dos Resíduos de Britagem de Granito**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2011.

SANTOS, M. M. A.; DESTEFANI, A. Z.; HOLANDA, J. N. F. **Caracterização de resíduos de rochas ornamentais provenientes de diferentes processos de corte e beneficiamento**. Revista Materia, v. 18, n. 4, p. 1442–1450, 2013.

SANTOS, L. S. **PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORTE DE MÁRMORES E GRANITOS EM MARMORARIAS DE RIO VERDE/GO**. Rio Verde, GO, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde, 2020

SECONCI. **A importância da sustentabilidade na construção civil**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://seconci-rio.com.br/wp/a-importancia-da-sustentabilidade-na-construcao-civil/#:~:text=O%20conceito%20de%20sustentabilidade%20na,as%20gera%C3%A7%C3%B5es%20atuais%20e%20futuras>. Acesso em: 23 nov. 2022.

SINGH, M.; CHOUDHARY, K; SRIVASTAVA, A.; SINGH SANGWAN, K.; BHUNIA, D. A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 13, n. February, p. 87–95, 2017.

SILVA, S.A.C. **Caracterização do resíduo da serragem de blocos de granito – Estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solo-cimento**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, 1998, 159 p.

SILVA, C. L. 2008. **Desenvolvimento sustentável – Um modelo analítico, integrado e adaptativo** (2ª ed.). Petrópolis: Vozes.

SHUKLA, A.; GUPTA, N.; GUPTA, A. (2020). **Development of green concrete using waste marble dust**. **Materials Today: Proceedings**. 26(1):2590-2594. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.548>

YEMA, J. A.; TEIXEIRA, O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 2011. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paulista, São Paulo, 2011.