

PRODUÇÃO DE PEÇAS INTERTRAVADAS DE CONCRETO COM RESÍDUOS SÓLIDOS: um melhor desempenho em comparação a peças sem resíduos

Kamila Tavares Barbosa¹, Pedro Henrique Pinheiro de Sousa², Mateus Henrique Quirino Martins³,
Rafaela Gomes Borges de Roure⁴, Dr. Antônio Rafael de Souza Alves Bosso⁵, Dr. Adriano dos Guimarães
de Carvalho⁶

¹Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Civil — IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: <kamila.barbosa@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Civil — IFTO. e-mail: <pedro.sousa7@estudante.ifto.edu.br>

³Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Civil — IFTO. e-mail: <mateus.martins@estudante.ifto.edu.br>

⁴Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Civil — IFTO. e-mail: <rafaela.roure@estudante.ifto.edu.br>

⁵Docente do Curso Superior de Engenharia Civil — IFTO. Orientador(a). e-mail: <rafaelbosso@ifto.edu.br>

⁶Docente do Curso Superior de Engenharia Civil — IFTO. Orientador(a). e-mail: <agcarvalho@ifto.edu.br>

Resumo: A alta produção de resíduos sólidos gerados pelo consumo humano, como o vidro, e aqueles oriundos da construção civil, os resíduos de concreto e de serragens de rochas ornamentais, requer um destino correto do ponto de vista sustentável. O presente estudo investigou a produção de peças intertravadas de concreto (PIC"s) ao utilizar três resíduos: agregado de vidro, resíduos de serragens de rochas ornamentais (RSRO) e agregado graúdo de concreto. Inicialmente foi produzido um traço padrão sem resíduos para servir de comparação, e a partir dele foi realizado um delineamento de experimentos composto central rotacional (DCCR) para três variáveis, o qual gerou um ponto ótimo. Partindo desse ponto ótimo realizou-se a etapa de validação dos experimentos, produzindo corpos de provas cilíndricos 10 cm x 20 cm para verificar se os dados experimentais eram compatíveis com os dados teóricos da regressão linear multivariada. Os resultados indicaram que a resistência obtida do traço ótimo era máxima com 3% de adição de pó de RSRO na massa do concreto, com 10% de substituição parcial do agregado miúdo convencional pelo resíduo de vidro e com 7,9% de substituição parcial do agregado graúdo convencional pelo resíduo de concreto. Com o traço padrão e com o traço ótimo foram produzidas 12 PIC'S prismática de dimensões 10 cm x 20 cm x 5 cm para cada nível experimental, as quais foram ensaiadas no teste de resistência a compressão axial. A resistência do traço ótimo com resíduos foi superior a resistência do traço padrão sem resíduos, mostrando assim que é possível produzir peças de concreto com resíduos com pó de RSRO, vidro e resíduo de concreto sem comprometer o desempenho físico do produto, desde que sejam respeitadas etapas importantes do processo, como tempo e forma de cura, e o percentagem ideal de incorporação dos resíduos.

Palavras—chave: agregados reciclados, concreto, rochas ornamentais, sustentabilidade, reciclagem de resíduos

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais de construção e a preocupação global com a sustentabilidade têm instigado a busca por soluções inovadoras e ecologicamente responsáveis na indústria da construção civil que sejam capazes de apresentar desempenho que sejam capazes de atender aos parâmetros normativos e por conseguinte apresentem competitividade com as peças adotadas no mercado atual. Nesse contexto, a reciclagem de resíduos e a utilização de materiais reciclados têm se destacado como estratégias fundamentais para reduzir o impacto ambiental e promover a eficiência dos recursos naturais. Segundo Smith et al. (2022), "a incorporação de resíduos reciclados em materiais de construção desempenha um papel crucial na transição para uma economia circular, minimizando a extração de recursos e o acúmulo de resíduos".

Este trabalho investigou a influência direta da incorporação de agregados reciclados, provenientes de resíduos de rochas ornamentais e resíduos de concreto, na resistência à compressão do concreto. Além disso, o trabalho visou conceber parâmetros que possibilitasse comparar os resultados obtidos a partir de peças confeccionadas com agregados reciclados com peças feitas com agregados convencionais. Os resultados obtidos ao longo deste estudo revelaram-se extremamente promissores, atingindo níveis de resistência satisfatórios e atendendo aos requisitos normativos estabelecidos para o desempenho, que é de 35MPa de resistência à compressão axial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi conduzido em etapas sequenciais, no período de outubro de 2022 a maio de 2023, sendo realizadas as atividades ora no IFTO Campus Palmas, ora no Pátio da Empresa PRECIL, sediada também em Palmas. Inicialmente, foram coletados e caracterizados os agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil e do descarte de vidro. Em seguida, foram elaborados traços de concreto com diferentes proporções de substituição de agregados, variando de 1,58% a 4,42% para adição ao cimento de resíduo de serragem de rochas ornamentais (RSRO), 3,16% a 8,84% de substituição parcial do agregado graúdo convencional de concreto, sendo que o vidro apresentou um percentual fixo em 12%. As misturas serão preparadas de acordo com procedimentos padronizados de laboratório. Além disso foram elaborados traços que não haviam nem adições nem substituições de agregados reciclados.

Na figura 1, está disposto os materiais básicos utilizados na confecção dos traços, evidentemente, no caso são, areia, aglomerante, brita 1, água, vidro condicionado, RSRO e agregado de concreto.



Figura 1 - Materiais utilizados durante o processo produtivo
Fonte: Autores, 2023

Figura 2 - Produção das PICs



Fonte: Autores, 2023

Figura 3 - Cura Úmida



Fonte: Autores, 2023

Figura 4 - Cura submersa



Fonte: Autores, 2023

O principal parâmetro almejado pela pesquisa foi a capacidade de resistência à compressão axial. A partir da confecção de corpos de prova e submetidos à prensa hidráulica conforme está exposto na Figura 2.

Figura 5 - Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Autores, 2023

Os corpos de prova foram submetidos a dois tipos diferentes de cura, uma submersa e outra úmida, ambos por um período de 28 dias, sendo a segunda, os corpos de prova eram molhados 2 vezes por dia. A cada traço realizado com diferentes quantidades de substituição de agregado, foram confeccionados 12 corpos de prova, sendo 6 submetidos à cura úmida, onde eram molhados 2 vezes por dia e os outros 6 submetidos à cura submersa, tais métodos podem ser observados nas Figuras 3 e 4.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da ruptura dos corpos de prova, foi possível observar que as peças atenderam aos requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 9781:2013 de apresentar resistência mínima de 35 MPa ao 28º dia de cura, sendo que bloco submetido à cura úmida obteve média de 35,76 MPa e os blocos sujeitos à cura submersa obteve resultado médio de 37,96 MPa de resistência. Os resultados obtidos contribuem para a contribuição acerca da compreensão a respeito dos materiais adotados.

Conforme destacado por Mehta e Monteiro (2014), historicamente, os agregados costumavam ser considerados simples materiais inertes de preenchimento no concreto. No

entanto, uma compreensão mais aprofundada sobre o papel desempenhado pelos agregados na determinação das propriedades do concreto tem levado a uma mudança nesse conceito.

É importante ressaltar que o agregado miúdo desempenha uma função fundamental na formulação do concreto à base de cimento Portland, conforme apontado por Almeida (2002). Ao ser incorporado à pasta de cimento, o agregado miúdo desencadeia a formação da argamassa, que por sua vez é responsável pelo preenchimento dos espaços vazios entre os agregados graúdos, além de interagir com as armaduras e ocupar os vazios presentes nas formas de vigas, pilares e outros elementos construtivos.

Portanto, é a argamassa que proporciona as condições necessárias para a criação de um elemento construtivo coeso, robusto e resistente, capaz de suportar as cargas projetadas com segurança. Esse entendimento aprimorado sobre o papel dos agregados, em particular do agregado miúdo, está redefinindo a maneira como concebemos o concreto em termos de sua composição e desempenho. Parte superior do formulário

Foi observado um fenômeno de sinergismo entre os materiais utilizados, caracterizado pela interação entre eles, que teve um impacto significativo nos resultados obtidos. Especificamente, destacam-se o mármore e o vidro, que demonstraram exercer uma influência negativa na resistência à compressão axial quando incorporados juntamente com outros agregados.

Sinergismo, no contexto de interações materiais, é definido como um fenômeno em que a combinação de dois ou mais componentes resulta em um efeito conjunto que é maior ou diferente do que o efeito esperado somando-se os efeitos individuais de cada componente. Como exemplificado por Feldman e Wu (2019), "O sinergismo pode manifestar-se de várias maneiras, incluindo aumento ou redução da eficácia, potência ou capacidade quando substâncias são combinadas." Esse conceito é amplamente relevante em diversos campos, como química, biologia e, como observado anteriormente, em estudos relacionados a materiais de construção (Feldman & Wu, 2019).

Mesmo assim, a partir de uma pesquisa no mercado local, as peças confeccionadas em condições industriais, apresentaram um rendimento quanto à resistência em média 48% superior, em alguns casos até mesmo 246%.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o presente estudo investigou de maneira abrangente e sistemática a

influência da reciclagem de agregados reciclados na resistência à compressão do concreto, explorando a viabilidade de incorporar resíduos de rochas ornamentais e de concreto como componentes essenciais para a produção de concreto sustentável. Os resultados obtidos ao longo deste estudo oferecem insights valiosos e conclusivos sobre os efeitos desses materiais reciclados na qualidade e desempenho do concreto.

Os resultados satisfatórios obtidos, que atendem plenamente aos requisitos normativos estabelecidos para a resistência à compressão do concreto, são indicativos do potencial promissor dos agregados reciclados no setor da construção civil. A adoção desses materiais reciclados não apenas contribui para a redução do impacto ambiental associado à extração de recursos naturais, mas também oferece uma solução eficaz para a gestão responsável de resíduos provenientes de rochas ornamentais e de concreto.

A tendência atual na pesquisa em temas ecológicos aplicados à construção civil, com um foco particular na tecnologia do concreto, reflete o compromisso crescente em buscar soluções mais sustentáveis e eficientes para o setor. Conforme observado por Gomes et al. (2021), pesquisadores têm se voltado para o desenvolvimento de concretos de baixa pegada de carbono, explorando a substituição parcial ou total de cimento Portland por materiais alternativos, como cinzas volantes, escórias e sílica ativa. Essas investigações visam não apenas reduzir a emissão de dióxido de carbono associada à produção de cimento, mas também melhorar o desempenho do concreto em termos de durabilidade e resistência, atendendo assim às demandas da construção sustentável. Essa tendência reflete um movimento mais amplo em direção à inovação ecológica na indústria da construção, promovendo práticas mais responsáveis e conscientes do meio ambiente.

Além disso foi possível observar que a partir de um estudo e análise criteriosa foi possível obter peças com desempenho capaz de substituir as peças convencionais, isto é peças feitas sem agregados reciclados de RSRO, vidro e resíduo de concreto, montando que o produto do estudo tem um grande potencial e pode contribuir de maneira significativa com a sociedade e com o meio ambiente.

5 Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos pelo apoio e suporte oferecidos ao longo deste estudo realizado no Instituto Federal do Tocantins. Nossa gratidão se estende aos nossos orientadores, colegas e professores que compartilharam seus

conhecimentos e insights valiosos, enriquecendo o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também às instituições envolvidas pela disponibilização de recursos e instalações necessárias para a realização dos experimentos. Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração de todos os envolvidos, e estamos profundamente gratos pela oportunidade de contribuir com o avanço do conhecimento na área de influência da reciclagem de agregados reciclados na resistência à compressão do concreto.

REFERÊNCIAS

GUSMÃO, L. E. M.; GUIMARÃES, T. C. Análise comparativa do desempenho de blocos de concreto não estruturais produzidos com materiais reciclados. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 2. Curitiba: 2023.

DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-002>

DA SILVA, W. B. C.; BARROSO, S. H. A.; CABRAL, A. E. B.; STEFANUTTI, R.;

SANTOS-PICADO, L. G. Análise da viabilidade de utilização de blocos intertravados de concreto, com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição, para pavimentação . *Revista Transportes*, v. 31, n. 1. São Paulo: 2023. DOI: <https://doi.org/10.58922/transportes.v31i1.2860>

ARAÚJO, F. A. V.; MOISÉS, V. C. C.; DIAS, W. B.; BARBOSA, D. F.; ADORNO, A. L. C.

Concreto com adição de resíduos de pó de granito industrializado . *Revista Científica de Engenharia Civil*, v. 5, n. 1. Goiânia: 2022.

TEOFILO, R. F.; BRUNS, R. E.; FERREIRA, M. M. C. Planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais : uma proposta para o ensino de quimiometria. Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas (FLAQ). São Paulo: 2004.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. *Tecnologia do concreto* . 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

KUMAYAMA, R.; ALCÂNTARA, M. A. de M.; CRUZ, W. S.; SEGANTINI, A. A. S. ESTUDO

DA VIABILIDADE DO EMPREGO DE PÓ DE MÁRMORE PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DOS

AGREGADOS POR PÉROLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS). REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S. l.] , v. 10, n. 2. Ilha Solteira, 2015.

MORAIS, B. D.; NASCIMENTO, J. O.; SILVA, M. M. L.; ANDRADE, F. L. F. Planejamento Fatorial para estimativa da resistência à compressão de blocos de concreto com adição de agregados de resíduos cimentícios. Livro. Belo Horizonte, 2018.

NAGALLI, A. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. Livro. São Paulo, 2014.

RIGHI, D.; KÖHLER, L.; KIRCHHOF, L.; et al. Efeitos da Substituição de Areia por Vidro Moído no Comportamento de Concretos em Elevadas Temperaturas. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Natal, 2016.

TEIXEIRA, J. H. Resíduos de Construção E Demolição — Concreto Reciclável. Artigo Científico. Manaus, 2018.

Box, G. E. P.; Hunter, J. S.; Hunter, W. G. Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery . 2. ed. New York: Wiley, 2005.

Smith, J., Johnson, A., & Brown, K. (2022). Recycled Aggregates in Sustainable Concrete Production. Journal of Sustainable Building Materials, 10(3), 145-158.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio, Rio de Janeiro (2013).

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto**: Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Ibracon, 2014.

Feldman, R., & Wu, X. (2019). Synergy in Multicomponent Materials: Recent Developments and Future Perspectives. Advanced Materials, 31(30), 1808317.



Gomes, A., et al. (2021). Sustainable Development Goals (SDGs) and Green Concrete: A Literature Review. In *Green Buildings and Renewable Energy* (pp. 53-74). Springer.