



Desempenho do Concreto com Pó de Vidro e Aditivo Plastificante

Jullie A. Sampaio¹, Dellane S. Carvalho²

¹Universidade Ceuma (CEUMA)
R. Anapurus, 1 - Renascença II, São Luís, MA – Brasil

²Departamento de Engenharia Civil – Universidade de Brasília
Distrito Federal, DF – Brasil

jullieanne_sampaio@hotmail.com, stephanidscs@gmail.com

Resumo. O estudo avaliou a substituição parcial do cimento Portland CP IV – 32 RS por pó de vidro lapidado, com aditivo plastificante, visando reduzir emissões de CO₂ e melhorar a resistência do concreto. Foram testados blocos com 0%, 3%, 5% e 7% de substituição por pó de vidro, apresentando resistências médias de 24,87 MPa, 28,64 MPa, 30,23 MPa e 32,23 MPa, respectivamente. Os resultados indicaram aumentos de resistência de 15%, 21,4% e 29,5% para as substituições de 3%, 5% e 7%, superando as expectativas. Conclui-se que essa substituição é viável e sustentável, melhorando a resistência do concreto e reduzindo seu impacto ambiental.

Abstract. The study evaluated the partial replacement of Portland cement CP IV – 32 RS with ground glass waste, combined with a plasticizing admixture, aiming to reduce CO₂ emissions and improve concrete strength. Concrete blocks with 0%, 3%, 5%, and 7% glass powder substitution were tested, showing average strengths of 24.87 MPa, 28.64 MPa, 30.23 MPa, and 32.23 MPa, respectively. The results indicated strength increases of 15%, 21.4%, and 29.5% for the 3%, 5%, and 7% substitutions, exceeding expectations. It is concluded that this replacement is technically feasible and sustainable, enhancing concrete strength and reducing its environmental impact.

1. Introdução

A utilização de resíduos industriais é uma das propostas valorizadas pela Indústria 4.0, que busca tecnologias alternativas para reduzir o descarte inadequado no meio ambiente. A indústria da construção civil é caracterizada como uma das atividades mais relevantes de um país, pois interfere expressivamente no seu contexto socioeconômico, mesmo em momentos de instabilidade financeira. No entanto, é um dos setores que mais impacta o meio ambiente, devido ao uso de recursos naturais não renováveis e à intensa geração de resíduos Pedrosa et al. (2020).

Devido ao acelerado crescimento da urbanização, tem-se observado um amplo desenvolvimento das cidades em uma conjuntura nacional e global, nesse sentido, houve um aumento da necessidade de novas edificações dos mais variados tipos e que se encontra em constante uso Rezende et al. (2020).

O concreto é composto por água, cimento e agregados, sendo considerado o segundo material mais consumido no mundo, e que assegura maior demanda de cimento o qual dispõe de diversas características essenciais à sua composição, como resistência,



durabilidade e trabalhabilidade. Diante de tais particularidades, é importante ressaltar que a fabricação desse material carrega em sua companhia uma série de danos ao meio, além de emitir um elevado volume de CO₂ para a atmosfera. A extração da sua matéria-prima, composta por calcário, argila e pequenas quantidades de minério de ferro, ocasiona uma maior degradação e poluição da água e do solo Silva et al. (2016).

De acordo com Barboza (2016), uma das estratégias fundamentais para atenuar os impactos causados pela indústria cimenteira seria a diminuição do consumo de cimento pela substituição parcial e adição de resíduos aplicáveis na indústria da construção civil que apresente uma boa resistência e desempenho, contribuindo de maneira consciente na utilização de recursos naturais disponíveis na natureza.

Em virtude da adoção de deliberações sustentáveis com o intuito de atenuar os efeitos negativos ao ecossistema, o aproveitamento do vidro reciclado em concretos apresenta contribuição de destaque por reutilizar um material que seria rejeitado e colocado em aterros sanitários. Neste cenário, o produto é reintroduzido de volta na cadeia produtiva Guignone (2017). A reutilização do vidro aplicado no concreto apresenta-se como uma inovação de significativa importância para atenuar tais impactos ambientais e levar ao caminho de edificações mais sustentáveis sem prejudicar a qualidade da obra.

O objetivo da pesquisa foi avaliar o comportamento mecânico do concreto com a incorporação de resíduo vítreo (PV) nas proporções de 0%, 3%, 5% e 7% em comparação com o concreto convencional, ambos com aditivo plastificante (AP). A pesquisa visa a utilização dessa técnica para a produção de blocos estruturais habitacionais, focando na execução e reforço de concretos duráveis. Essa abordagem é uma alternativa eficaz para o aproveitamento de resíduos e redução dos impactos ambientais.

2. Indústria 4.0 e sustentabilidade

A indústria tem passado por significativas transformações desde a primeira revolução industrial, que não só modernizou a economia, mas também aumentou a produtividade e alterou a vida cotidiana das pessoas. Desde então, o processo de produção nas fábricas evoluiu com o advento de novas tecnologias, modificando as tradicionais linhas de montagem e elevando-as a um novo patamar de desenvolvimento institucional. Com o objetivo de aproveitar essas inovações e fortalecer a competitividade no mercado global, a Indústria 4.0 — ou quarta revolução industrial — está sendo amplamente debatida. Essa fase é marcada pela integração de máquinas, produtos e dispositivos inteligentes, que operam de maneira autônoma, flexível e adaptável ao longo da cadeia de valor Santos et al. (2018).

Nos últimos tempos, houve um aumento na exploração dos recursos naturais e no consumo de energia, sendo a construção civil um dos maiores responsáveis por esse impacto devido ao uso extensivo de materiais. Além disso, a emissão de grandes quantidades de CO₂ na atmosfera é uma preocupação crescente. Para mitigar essas consequências, a ciência e a tecnologia estão buscando alternativas para reduzir o impacto ambiental Patinha (2017).

De acordo com Sanches et al. (2018), uma das metas da quarta revolução industrial é promover a sustentabilidade em toda a cadeia de valor, por meio do aprimoramento da aplicação de matérias-primas, da manufatura aditiva e da reciclagem de materiais. O desenvolvimento sustentável é enfatizado, e a tecnologia, especialmente



através da Internet das Coisas, visa garantir uma melhor qualidade de vida. Nesse contexto, as cidades inteligentes (smart cities) têm o potencial de monitorar continuamente o consumo de energia e, utilizando inteligência artificial, implementar adaptações em tempo real para tornar os processos mais eficientes e sustentáveis.

Dentro desse conceito, no âmbito da reutilização de resíduos sólidos urbanos, Sousa e Costa (2019) apresentam um protótipo de lixeira inteligente. Esse protótipo, conectado a uma placa Arduino, realiza o monitoramento do descarte de lixo e fornece informações digitais sobre o agrupamento das lixeiras. Isso permite aos gestores tomar decisões imediatas com base em dados precisos sobre a gestão de resíduos.

3. Reaproveitamento do pó de vidro

Segundo Cabral e Azevedo (2016), as propriedades e qualidades do concreto dependem das características e proporções dos materiais que o compõem, sendo o cimento o componente fundamental. Devido à sua atividade química acelerada, o cimento tem a função de ligar os agregados e auxiliar no alcance da resistência final desejada. A busca pelo aprimoramento das propriedades do concreto, como flexibilidade, leveza, resistência e custos, tem levado à investigação de outros materiais que, quando adicionados ao concreto, podem melhorar seu desempenho.

Nesse contexto, o uso de materiais alternativos como substitutos do cimento surge como uma alternativa para beneficiar o meio ambiente através da incorporação de resíduos com propriedades pozolânicas, sem comprometer a durabilidade das construções, o que é especialmente relevante no cenário atual Silva et al. (2016). Para Guignone (2017), a utilização de adições minerais de resíduos de vidro oferece diversos benefícios ao concreto, como o aumento da resistência mecânica quando há substituição parcial do cimento, adição à mistura ou substituição da areia. Esses benefícios são atribuídos à natureza pozolânica desses materiais.

Ainda assim, ressalta-se que o vidro detém sílica em sua estrutura química e, perante o exposto, a combinação desse resíduo com cimento pode incrementar uma reação entre os álcalis do Cimento Portland e a sílica do vidro, que, em contato com a água, pode causar um gel expansivo desfavorável ao concreto Righi et al. (2012).

A incorporação do resíduo da lapidação do vidro em compósitos de cimento é uma boa alternativa no reaproveitamento desse material como vantagem na redução dos custos de concretos fabricados e conservação das jazidas de matérias primas de cimento Ribeiro (2015). Contudo, o descarte do vidro é feito de forma melindrosa, por motivo da sua massa específica ser alta, ocasionando em um custo elevado do seu deslocamento para uma destinação adaptada. O reuso do pó de vidro contribui de maneira positiva para a diminuição do volume de lixo em aterros sanitários Silva et al. (2017).

No estudo feito por Flores (2024), foi feita a utilização de pó de vidro, proveniente do processo de moagem de garrafas de vidro, como substituto parcial dos cimentos CPV ARI e CPII-F-32 na formulação de argamassas. Foram testados teores de 0%, 10% e 20% de pó de vidro. Constatou-se que a incorporação de 10% resultou em uma redução na absorção de água por capilaridade, o que contribui para uma maior durabilidade da argamassa. Além disso, esse mesmo teor apresentou uma resistência à compressão semelhante aos corpos de prova sem pó de vidro após 90 dias de cura.

4. Materiais e Métodos

Os ensaios foram conduzidos utilizando cimento Portland CP IV 32 RS, resistente aos sulfatos e de classe de resistência 32 MPa, em combinação com agregados de areia fina, brita 0, pó de vidro lapidado, aditivo plastificante, e água proveniente do sistema de abastecimento público. A Figura 1 apresenta o pó de vidro utilizado na mistura, cuja incorporação teve como objetivo avaliar os impactos na resistência mecânica e na trabalhabilidade do concreto.

Para a caracterização física dos agregados, foram realizados diversos ensaios de acordo com normas técnicas da ABNT. O teor de umidade da areia foi determinado conforme a NBR 6467 (2006), enquanto a qualidade dos agregados para concreto foi avaliada seguindo os requisitos da NBR 7211 (2009). A massa específica e aparente do agregado miúdo foram medidas segundo a NBR NM 53 (2009), e a massa unitária e compactada da brita, conforme a NM 45 (2006). O abatimento do tronco de cone, utilizado para avaliar a trabalhabilidade do concreto fresco, foi realizado de acordo com a NBR NM 67 (2008), assegurando a precisão na avaliação da consistência.

Além disso, foram conduzidos ensaios de desempenho mecânico para garantir a integridade estrutural e a durabilidade do concreto. A moldagem dos corpos de prova seguiu as diretrizes da NBR 5738 (2015), assegurando o preparo e a cura adequados. Posteriormente, o ensaio de compressão axial simples, conforme a NBR 5739 (2018), foi realizado para determinar a resistência à compressão, um dos parâmetros mais críticos na avaliação da qualidade do concreto.

Esses procedimentos, em conformidade com as normas técnicas vigentes, garantem a precisão dos dados obtidos e a confiabilidade dos resultados experimentais. Essa abordagem sistemática não apenas assegura a reprodutibilidade dos experimentos, mas também contribui significativamente para o avanço do conhecimento técnico, oferecendo novas perspectivas para o uso de materiais sustentáveis na construção civil.



Figura 1. Pó de vidro.

Os resíduos de vidro foram coletados de uma vidraçaria de espelhos e vidros comuns localizada na avenida Jerônimo de Albuquerque, São Luís – MA. Eles eram resultantes do resfriamento do vidro e se misturavam com água ao final do processo. Estes resíduos foram recolhidos, secados na estufa à 105°C e passados no equipamento britador de mandíbula. O material conseguinte do britador foi peneirado na malha #300 e o passante da peneira, observado na Figura 1, foi inserido nas misturas da pesquisa.

Após o preparo dos materiais vítreos, metade dos agregados secos foi adicionada à betoneira, acompanhada da metade da água e do aditivo calculados. Em seguida, o

restante dos agregados, água e aditivo foi adicionado, e a betoneira permaneceu em funcionamento por 3 minutos. Posteriormente, foram moldados corpos de prova cilíndricos de concreto com dimensões de 20 x 10 cm. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados, pesados e submersos em água, sendo retirados apenas para os testes de compressão nas datas de cura estabelecidas.

O cálculo do traço foi realizado de acordo com o método estabelecido pelo American Concrete Institute (ACI) e pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Considerou-se uma resistência característica de 25 MPa e um abatimento de tronco de cone (Slump Test) variando entre 8 e 10 cm. Foram produzidos nove corpos de prova (CPS) para cada combinação de traço, dos quais três foram rompidos por compressão simples após 7, 21 e 28 dias de cura. Assim, o total de corpos de prova analisados foi de 36, correspondentes às proporções de traço unitário de 1,0; 1,42; 2,06; 0,47.

As misturas envolveram o pó de vidro (PV) substituindo parcialmente o Cimento Portland 32 RS em 0, 3, 5 e 7% e aditivo plastificante (AP) na proporção de 1 litro para cada saco de cimento, ou seja, 152 ml de aditivo a fim de melhorar a trabalhabilidade, fluidez e resistência do concreto. A Figura 2 apresenta o ensaio para verificação da consistência do concreto e os corpos de prova submersos em água.

As nomenclaturas das misturas escolhidas foram: Concreto com 0% de pó de vidro e 152 ml de aditivo, denominado 0PV/152AP; Concreto com 3% de pó de vidro e 152 ml de aditivo, denominado 3PV/152AP; Concreto com 5% de pó de vidro e 152 ml de aditivo, denominado 5PV/152AP; e Concreto com 7% de pó de vidro e 152 ml de aditivo, denominado 7PV/152AP.



Figura 2. Slump Test e corpos de prova para rompimento.

5. Resultados

A Figura 3 apresenta a curva granulométrica da areia, caracterizando-a como areia fina conforme a NBR 7211 (2009), com massa específica de 2,64 g/cm³ e módulo de finura de 1,78. O agregado graúdo foi classificado como brita 0, com dimensão máxima de 9,5 mm. Esses dados confirmam que os agregados são adequados para os experimentos com pó de vidro e aditivo plastificante. O gráfico foi obtido por meio de ensaios realizados nos materiais utilizados na pesquisa descrita neste artigo.

A análise da curva granulométrica da areia e as características dos agregados graúdos baseiam-se nos ensaios realizados com os materiais específicos usados nos experimentos. A areia foi classificada como fina conforme a NBR 7211 (2009), apresentando massa específica de $2,64 \text{ g/cm}^3$ e módulo de finura de 1,78. O agregado graúdo, identificado como brita 0, possui dimensão máxima de 9,5 mm. Estes dados asseguram que os agregados utilizados atendem às especificações necessárias para os testes com pó de vidro e aditivo plastificante.

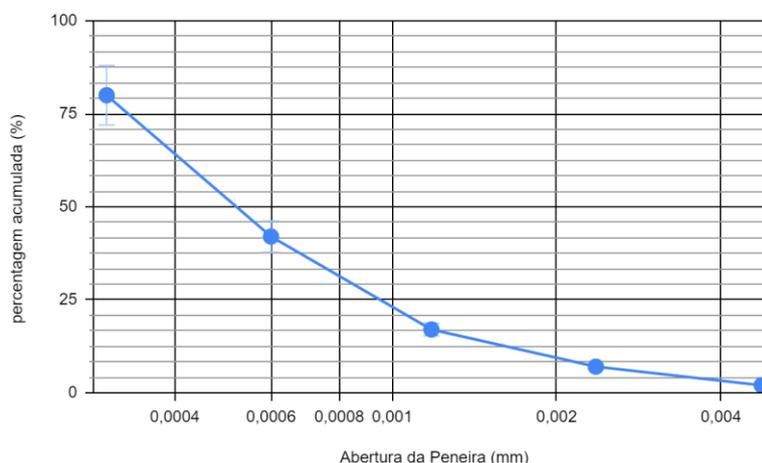


Figura 3. Curva granulométrica da areia.

A Tabela 1 apresenta os dados de resistência à compressão obtidos para amostras testadas em rompimentos realizados aos 7, 21 e 28 dias de cura. A Figura 4 ilustra a evolução desses resultados ao longo do período de cura. A resistência à compressão registrada para o traço de referência contendo o aditivo plastificante aos 28 dias foi de 24,87 MPa.

De acordo com os critérios estabelecidos pela NBR 7215 (2019), a variação entre os valores individuais de resistência à compressão não deve ultrapassar 10% da média dos resultados obtidos. Este limite visa garantir a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos. No presente estudo, a média da resistência à compressão aos 28 dias foi calculada em 24,87 MPa. A diferença entre o valor máximo registrado (29,73 MPa) e o valor mínimo (21,86 MPa) é de 7,87 MPa, que corresponde a aproximadamente 31,7% da média.

Esse valor de variação excede consideravelmente o limite permitido pela norma, que é de 10% da média, equivalente a 2,49 MPa. A variação observada sugere que os resultados estão fora dos limites aceitáveis estabelecidos pela NBR 7215 (2019). Essa discrepância indica a necessidade de revisão dos procedimentos de teste, das condições de cura ou dos materiais utilizados. Para assegurar a conformidade com os padrões normativos e garantir a precisão dos dados, é recomendável a realização de testes adicionais ou a reavaliação das amostras.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de compressão simples.

Traços/ Dias	Compressão simples (MPa)					
	7	Média	21	Média	28	Média
0PV/152AP	18,84	16,90	23,69	24,45	29,73	24,87
	15,99		23,69		21,86	
	15,88		25,96		23,03	
3PV/152AP	21,18	22,15	28,12	25,27	29,27	28,64
	21,17		19,29		28,18	
	24,11		28,40		28,48	
5PV/152AP	22,86	22,96	25,64	26,37	30,11	30,23
	23,41		28,35		31,10	
	22,61		25,11		29,48	
7PV/152AP	24,11	24,70	26,37	27,69	31,85	32,23
	24,77		27,98		32,35	
	25,23		25,23		32,48	

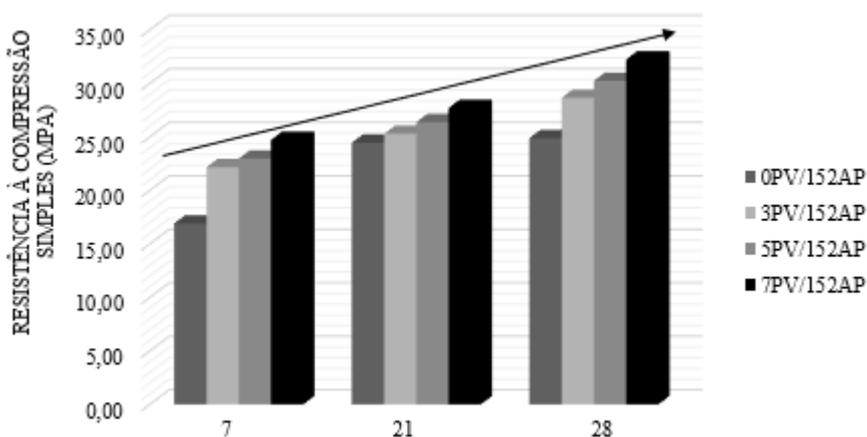


Figura 4. Evolução da resistência à compressão simples em dias.

Segundo a NBR 6118 (2024), o concreto só pode ser aplicado para função estrutural com resistência maior que 20 MPa. Ao seguir com as combinações, a substituição parcial do Cimento Portland por pó de vidro se mostrou bastante promissora, pois todas as substituições parciais do pó de vidro por cimento ultrapassaram a marca de 20 MPa a partir do sétimo dia de cura sem queda nos números. Portanto, todas as misturas desenvolvidas na pesquisa podem ser empregadas para função estrutural.

Sampaio et al. (2020) investigaram a substituição parcial do Cimento Portland por pó de vidro nas proporções de 5%, 10% e 15%. As médias de resistência à compressão obtidas foram 27,71 MPa, 26,62 MPa e 27,87 MPa, respectivamente. Esses resultados



sugerem que a substituição de até 15% de Cimento Portland por pó de vidro pode manter ou até aumentar a resistência em comparação com a resistência de referência de 25 MPa, obtendo incrementos percentuais de 10,84%, 6,48% e 11,48%, respectivamente, para as substituições de 5%, 10% e 15% de pó de vidro.

Observou-se uma variação máxima de 5,05 MPa no traço de referência, excedendo o limite de 1,81 MPa estabelecido pela NBR (7215). Esse resultado indica que a média da resistência à compressão do concreto de referência pode não ser confiável, dado que a variabilidade observada ultrapassa os limites normativos aceitáveis. Para garantir a conformidade com os requisitos normativos e a precisão dos resultados, recomenda-se revisar os procedimentos de ensaio e as condições de cura.

Em contraste, o presente estudo incorporou um aditivo plastificante, não utilizado por Sampaio et al. (2020), além de um traço unitário distinto. A inclusão de 7% de pó de vidro, combinada com o aditivo plastificante, resultou em um aumento significativo na resistência à compressão do concreto. O incremento em comparação com o traço de referência (25 MPa) foi de 28,92%, atingindo 32,23 MPa aos 28 dias de cura. Este resultado demonstra a eficácia da combinação do pó de vidro com o aditivo plastificante e a metodologia aplicada.

Enquanto o estudo de Sampaio et al. (2020) não utilizou aditivo plastificante e empregou um traço diferente, a análise atual demonstra que a combinação de 7% de pó de vidro com aditivo plastificante promoveu um aumento substancial na resistência à compressão. Adicionalmente, a média da resistência do traço de referência no estudo anterior deve ser considerada com cautela devido à alta variabilidade dos resultados, que excede os limites normativos estabelecidos.

Freitas e Paiva (2016) estudaram a adição de vidro em proporções de 10%, 20% e 30% do peso do cimento. Os resultados mostraram uma diminuição na resistência à compressão com o aumento da proporção de vidro e uma redução adicional ao longo do tempo de cura, em comparação ao traço de referência. A discrepância entre os resultados dos dois estudos pode ser atribuída a diferenças nas metodologias e na composição dos traços de cimento utilizados. Em contraste, o presente estudo revelou que a adição de 7% de pó de vidro, juntamente com o uso de aditivo plastificante, aumentou a resistência à compressão em 28,92%, evidenciando que o aditivo pode mitigar os efeitos negativos do vidro na resistência do concreto.

Com base nesses estudos, o presente trabalho acrescentou 152 ml de aditivo plastificante, e as misturas com porcentagens de 3% e 5% de pó de vidro atingiram resistências à compressão de 28,64 MPa e 30,23 MPa, respectivamente, o que representa um aumento de 14,56% e 20,92% em relação ao traço de referência. A mistura com 7% de pó de vidro foi considerada a melhor, pois ao diminuir a quantidade de Cimento Portland presente, os corpos de prova mantiveram sua qualidade, alcançando 32,23 MPa aos 28 dias de cura, além de evitar a disposição inadequada desses resíduos em aterros.

Percebe-se que, mesmo com porcentagens inferiores às pesquisas anteriormente citadas, o aditivo plastificante utilizado nesta pesquisa se mostrou eficaz ao agregar valor aos corpos de prova. A combinação do aditivo com o vidro possibilitou um aumento considerável na resistência à compressão, tornando o concreto viável para aplicações estruturais.



6. Conclusões

Os resíduos vítreos e o aditivo plastificante mostraram-se fundamentais para o desenvolvimento da resistência à compressão simples dos corpos de prova, atingindo o objetivo da pesquisa de desenvolver um concreto sustentável para a fabricação de blocos habitacionais com função estrutural. Todos os traços apresentaram crescimento ao longo dos dias de cura, com valores superiores a 20 MPa, conforme exigido pela NBR 6118 (2024).

O traço de referência, contendo apenas o aditivo plastificante, ultrapassou os 20 MPa exigidos pela norma aos 21 dias de cura. Após a incorporação do pó de vidro, todas as misturas apresentaram características adequadas para a função estrutural já a partir do 7º dia de cura. A combinação com melhor desempenho foi a de 7% de pó de vidro e 152 ml de aditivo plastificante, alcançando 32,23 MPa. Assim, o resíduo de vidro, frequentemente descartado na natureza, demonstra um valor significativo quando utilizado em práticas de engenharia, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0 e contribuindo para a qualidade de produtos ecológicos.

A dosagem de concreto teve como objetivo alcançar uma resistência de 25 MPa.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de outros ensaios de laboratório para uma análise abrangente das propriedades mecânicas, incluindo resistência à compressão diametral, à tração e ao módulo de elasticidade, especialmente para períodos de cura superiores a 28 dias, a fim de avaliar o comportamento do concreto a longo prazo. Além disso, é recomendada a incorporação de resíduos de vidro fabricados para outros fins em maiores porcentagens, com diferentes tipos de agregados (brita e areia), bem como a revisão dos procedimentos de ensaio de compressão para minimizar erros e garantir a reprodutibilidade dos resultados. Essas melhorias visam aumentar a precisão dos dados e a confiabilidade das conclusões, contribuindo para o desenvolvimento contínuo de materiais mais sustentáveis e eficientes.

5. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2024). NBR 6118 (2023): “Projeto de estruturas de concreto - Procedimento”. Versão corrigida 2:2024. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2015). NBR 5738: “Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2018). NBR 5739: “Concreto - Ensaio de compressão e corpos de prova cilíndricos”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006). NBR 6467: “Agregados - Determinação do inchamento do agregado miúdo - Método de ensaio”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR 7211: “Agregados para concreto - Especificação”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2019). NBR 7215: “Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão”. Rio de Janeiro.



- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006). NBR NM 45: “Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR NM 53: “Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água”. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). NBR NM 67: “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”. Rio de Janeiro.
- Barboza, L. S. (2016). “Estudo sobre o impacto da redução do consumo de cimento no comportamento mecânico do concreto autoadensável”. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Cabral, S. C. e Azevedo, M. A. (2016). Materiais alternativos para adição ao cimento Portland. *Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas*, Minas Gerais, v.1, 10^a edição, pp. 1-16.
- Fávero, R. B. (2009). “Avaliação da utilização da sucata de vidro como adição mineral frente à sílica ativa como agregado miúdo artificial na produção de materiais à base de cimento”. 79 f. Monografia (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Flores, J. J. R. (2024). “Estudo da Influência do Pó de Vidro como Substituição Parcial do Cimento Portland nas Propriedades de Argamassas”. 52 f. Monografia (Graduação) - Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território.
- Freitas, D. R. e Paiva, A. E. M. (2016).” Propriedades físico-mecânicas de concretos produzidos com substituição do cimento pelo pó de vidro”. In: 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Águas de Lindóia. Anais. São Paulo.
- Guignone, G. C. (2017). “Desempenho de concretos com a utilização de resíduos da lapidação do vidro como substitutos parciais ao cimento”. 286 f. Tese (Mestrado) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Lacerda de Rezende, A. C., Silva, T., Marques, M. e El-Deir, S. (2020). “Aproveitamento Para Pavimentação De Resíduos Da Construção Civil: Estudo Da Avenida Atlântica De São Luís – MA”. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, pp. 508-519.
- Patinha, P. M. M. (2017). “Internet of Things e a sustentabilidade nas cidades inteligentes”. 174 f. Tese (Mestrado) – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Pedrosa, A., Silva, T., Marques, M. e El-Deir, S. (2020). “Avaliação de Resíduos da Construção no Reforço de Solo”. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, pp. 520-529.
- Ribeiro, A. O. (2015). “Estudo de resíduo da lapidação de vidro para incorporação em argamassas de cimento Portland”. 87 f. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Righi, D., Köhler, L., Tabarelli, A., Kirchhof, L. e Lima, R. (2012). Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos a elevadas temperaturas. In: *XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural*, Rio de Janeiro. Anais. São Paulo.



- Sampaio, J. A., Santos, D. S. e Vilas Boas, D. C. (2020). “Influência da Substituição Parcial do Cimento Portland pelo pó de vidro no concreto”. In: VII Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos, Recife. Anais. Pernambuco.
- Sanches, B. C., Carvalho, E. S. e Gomes, F. F. B. (2018). *Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada*, São Paulo, v.2, 1ª edição, pp. 1-8.
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M. e Charrua Santos, F. M. B. (2018). Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, v.4, 1ª edição, pp. 111-124.
- Silva, A. J. C., Maranhão, A. G. D. e Alencar, L. A. A. C. (2017). Estudo do uso de resíduo de pó de vidro em substituição do agregado para argamassas. In: *Conferência Nacional de Patologias e Recuperação de Estruturas*, Recife. Anais. Recife.
- Silva, A. R., Cabral, K. C. e Pinto, E. N. de G. I. (2016). Substituição Parcial do Cimento Portland por resíduo de cerâmica vermelha em argamassas: Estudo da atividade Pozolânica. In: 22º CBECimat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Natal. Anais. Natal.
- Sousa, P. V. e Costa, M. (2019). Protótipo de lixeira inteligente no contexto das Smart Cities e da Internet das Coisas. *Revista Sistemas e Mídias Digitais*, Ceará, v.4, 2ª edição, pp. 2-16.