



Evento: XXXIV Seminário de Iniciação Científica ▾

O AUMENTO NO TEMPO DE CURA DO CONCRETO COMO ALTERNATIVA PARA MENOR EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA¹

**Vitória Schneider Wollmuth², Nadia Helena Zsick Rubenich³, Suelen Miszak da Silva⁴,
Tainara Almeida Cavali⁵, Vitor Klahr Manggini⁶, Eder Claro Pedroso⁷, Lia Geovana
Sala⁸**

¹ Programa de Educação Tutorial, desenvolvido pela Unijuí e financiado pelo Ministério da Educação; Grupo de Pesquisa Grupo Novos Materiais e Tecnologias para Construção Civil e Infraestrutura - GMATEC

² Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

³ Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁴ Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁵ Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁶ Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

⁷ Professor do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁸ Tutora do Programa de Educação Tutorial (PET), professora do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A construção civil consolidou-se como um dos pilares fundamentais da economia brasileira, impulsionando o desenvolvimento nacional tanto pelo crescimento do mercado imobiliário quanto pela demanda por infraestruturas públicas. No ano de 2024, o setor foi responsável por aproximadamente 3,6% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Parte disso se deve ao fato do uso do concreto armado, especificamente em países latino-americanos, ter representado um marco tecnológico essencial, permitindo a execução de obras monumentais como o Cristo Redentor (SNIC, 2024; Helene; Andrade, 2010).

Apesar de sua relevância socioeconômica, a cadeia produtiva do cimento enfrenta desafios ambientais críticos, sendo responsável globalmente por cerca de 7% de toda a emissão de gás carbônico (CO_2) gerada por atividades humanas. No cenário nacional, a indústria tem buscado mitigar esses impactos por meio da substituição parcial do clínquer por adições minerais e do uso de combustíveis mais limpos, atingindo a marca de 578 kg de gás carbônico por tonelada de cimento produzida. Essas iniciativas são fundamentais para que o



setor se alinhe aos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). (Visedo; Pecchio, 2019; SNIC, 2024).

Historicamente, a resistência do concreto é aferida aos 28 dias, uma idade de referência que se consolidou mais por conveniência operacional em laboratórios. Contudo, os cimentos modernos possuem teores elevados de adições minerais que geram reações pozolânicas mais lentas e um ganho de resistência gradual, impulsionado principalmente pelo silicato bicalcico (CO_2). Esse comportamento demonstra que a matriz cimentícia pode continuar a evoluir significativamente em termos de desempenho mecânico e durabilidade muito após o prazo convencional. (Neville, 2016)

Nesse contexto, este estudo investiga a análise da o ganho de resistência da matriz cimentícia em períodos mais longos de cura, prática que já encontra respaldo em normas internacionais modernas como o *FIB Model Code* e a norma europeia *EN 1992-1-1*. A flexibilização desse prazo de rompimento do concreto permite otimizar o dimensionamento das estruturas, considerando que o carregamento das edificações ocorre de forma gradual e não instantânea. Dessa maneira, busca-se validar tecnicamente a redução do consumo de ligante e das emissões de carbono, promovendo uma engenharia mais ecoeficiente sem comprometer a segurança e a estabilidade das construções. (Boni; Silva; Helene, 2024)

METODOLOGIA

A metodologia deste artigo caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e exploratória, sendo desenvolvida exclusivamente por meio de pesquisa bibliográfica. O procedimento técnico consiste no levantamento e análise rigorosa de documentos já publicados, incluindo livros, artigos em periódicos especializados e normativas técnicas nacionais e internacionais. A investigação foca em coletar evidências teóricas sobre a hidratação dos silicatos e as reações pozolânicas tardias para fundamentar a viabilidade da alteração da idade de referência do concreto com base no conhecimento já existente. Por fim, a pesquisa assume um caráter aplicado, buscando, através da revisão da literatura, propor soluções práticas para a redução do consumo de ligante e a mitigação dos impactos ambientais no setor da construção civil. (Marconi e Lakatos, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO



A análise da evolução da resistência à compressão do concreto ao longo das idades de 7, 28, 63 e 91 dias permite compreender a cinética de hidratação dos cimentos modernos e o impacto das adições minerais na matriz cimentícia. Espera-se que os resultados iniciais aos 7 dias reflitam majoritariamente a hidratação do silicato tricálcico (CO_2), composto responsável pelas resistências precoces e pelo elevado calor de hidratação inicial. Contudo, a comparação entre os 28 dias (idade normativa atual) e idades mais avançadas deve revelar um incremento significativo de resistência, impulsionado pela hidratação tardia do silicato bicálcico (CO_2), que atua de forma gradual na consolidação da estrutura interna do material. (Mehta e Monteiro, 2014; Bauer e Dias, 2025).

Este comportamento de ganho de força prolongado é intensificado pela presença de adições minerais, como escórias e cinzas volantes, que são amplamente utilizadas na indústria brasileira. Através das reações pozolânicas, a sílica e a alumina dessas adições reagem com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação inicial, formando novos produtos hidratados que preenchem os poros da matriz e aumentam a densidade da Zona de Transição Interfacial (ZTI). Como essas reações químicas demandam tempo e a presença constante de umidade, os ensaios realizados após o prazo convencional de 28 dias tendem a validar o potencial máximo do material, justificando tecnicamente a extensão do prazo de referência para a aceitação das estruturas. (Neville, 2016)

Sob a ótica da ecoeficiência, a discussão dos resultados deve focar no indicador de Intensidade de Ligante (IL). Observa-se que cimentos com altos teores de substituição de clínquer podem apresentar um IL falsamente elevado aos 28 dias, sugerindo uma baixa eficiência mecânica imediata. No entanto, ao analisar os dados aos 91 dias, espera-se que o IL apresente uma redução drástica, demonstrando que é necessário menos cimento para atingir cada 1 MPa de resistência quando se permite que a química do material se desenvolva plenamente. Essa análise desmistifica a necessidade de traços com alto consumo de cimento para garantir segurança, provando que o tempo é um aliado na otimização de misturas de baixo carbono. (Cândido, 2018)

Complementarmente, o indicador de Intensidade de CO_2 (IC) quantifica o benefício ambiental direto da alteração da idade de referência. Ao dimensionar uma estrutura para 91 dias, o projetista pode especificar concretos com menor teor de clínquer, o que reduz tanto as



emissões provenientes da descarbonização do calcário quanto as da queima de combustíveis fósseis nos fornos. A discussão desses dados deve reforçar que a engenharia civil brasileira, que já opera com índices de emissão inferiores à média global, pode avançar ainda mais em direção às metas da Agenda 2030 da ONU ao adotar práticas que valorizem a maturidade tardia do concreto em vez da rapidez operacional. (SNIC, 2024; Visiedo e Pecchio, 2019).

A viabilidade desta aplicação no mercado imobiliário fundamenta-se na lógica do carregamento estrutural progressivo. Como edifícios multipavimentos não recebem a carga total de projeto imediatamente, softwares modernos permitem comprovar que a estabilidade do sistema se mantém mesmo que o concreto atinja sua resistência máxima em idades mais avançadas. Assim, a rigidez normativa dos 28 dias estabelecida por convenção laboratorial histórica não deve barrar a inovação sustentável. A convergência para diretrizes modernas, como o *fib* Model Code, é essencial para alinhar a produtividade da construção civil brasileira às exigências de preservação ambiental. (Boni, Silva e Helene, 2024)

Por fim, a análise deve considerar que o sucesso desta transição técnica depende de um rigoroso processo de cura úmida e controle tecnológico no canteiro de obras. Sem a manutenção da umidade interna por prazos estendidos, o silicato bicálcico e as pozolanas não completam suas reações, o que poderia resultar em resistências abaixo das previstas no projeto evolutivo. A discussão final reforça que a alteração da idade de referência não é apenas uma mudança de data no calendário de ensaios, mas uma mudança de paradigma que exige maior responsabilidade executiva e conscientização dos profissionais sobre a natureza química do concreto moderno. (Neville, 2016)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, conclui-se que o aumento no tempo de cura do concreto é uma alternativa viável para a diminuição de gases de efeito estufa, devido à presença do silicato bicálcico (CO_2) e de adições minerais que promovem o ganho de resistência tardio. Essa mudança reflete a realidade das obras modernas, onde o carregamento das estruturas ocorre de forma progressiva, permitindo que o material atinja sua maturidade de forma segura. Além disso, a convergência com normativas internacionais modernas, como o *FIB Model Code*, reforça que a rigidez dos 28 dias é uma convenção que pode ser flexibilizada em prol da inovação e da otimização estrutural na engenharia civil.



Do ponto de vista ambiental, a adoção de idades de referência mais avançadas configura-se como uma estratégia eficaz para reduzir drasticamente o consumo de clínquer e, conseqüentemente, as emissões de dióxido de carbono. Nesse sentido, a presente pesquisa cumpre com as diretrizes da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), contribuindo diretamente para as metas de desenvolvimento sustentável e descarbonização do setor. Ao propor uma engenharia mais ecoeficiente, o estudo atende ao chamado global por normas mais flexíveis e robustas, essenciais para a aceitação de materiais cimentícios com menores emissões de carbono e para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Concreto, Resistência à compressão, Sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, L. A F.; DIAS, João F. *Materiais de Construção*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2025.

BONI, Ricardo; SILVA, Rafael; HELENE, Paulo. Pilares curtos de concreto armado dimensionados de acordo com as normas ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 6118:2023, fib Model Code 2020 e EN 1992-1-1:2023: Estudo da sustentabilidade. **Concreto & construção, Revista IBRACON**, ed. 114, pag. 49-57, abril - junho de 2024.

CÂNDIDO, T.G. *Desempenho de Concretos com baixo consumo de ligante*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Materiais de construção civil. In: [S.l.]: **IBRACON**, 2010. v. 2, cap. 29 - Concreto de Cimento Portland.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. *Metodologia Científica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. E-book. p. 6. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559770670/>. Acesso em: 08 abr. 2026

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A M. *Propriedades do concreto*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). *Relatório Anual 2024*. Rio de Janeiro: SNIC, 2024.

VISEDO, G.; PECCHIO, M. (Coords.) *Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050*. Rio de Janeiro: SNIC, 2019. 64 p.