cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Deterioração de Materiais Cimentícios por Gelo-Degelo: Uma Revisão

Eduardo Davi Neves[1]; Guilherme Yuuki Koga[1];
1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

Introdução

A deterioração por gelo-degelo (F–T) é um dos principais fatores que reduzem a vida útil de sistemas cimentícios em climas frios. A formação de gelo e o transporte de água nos poros podem gerar pressões internas, promovendo a nucleação e a propagação de microfissuras. A repetição dos ciclos favorece o acúmulo de danos, a alteração da estrutura porosa e a perda de propriedades mecânicas e de durabilidade [1] [2]. Em infraestruturas energéticas destinadas ao transporte e armazenamento de CO_2, a despressurização pode provocar resfriamento por efeito Joule–Thomson, agravando o dano e a degradação.



Figura 1. Danos superficiais e estruturais em concreto devido a ciclos repetidos de F-T. Fonte: [Guler & Akbulut, 2025]

Objetivos

- Identificar os principais mecanismos de dano por gelo-degelo em materiais cimentícios.
- Analisar a influência da saturação, número de ciclos e dos parâmetros térmicos e microestruturais na deterioração.
- Identificar lacunas na literatura e oportunidades para pesquisas futuras.

Metodologia

Bases: Web of Science, Scopus e Google Scholar.
Período das publicações: 1953–2025.
Descritores: cement + (“freeze–thaw”, “thermal cycling”, “Mechanism”, “crack”.)
Critérios de seleção: artigos originais e revisões sobre mecanismos de deterioração, fatores de influência e modelagem do dano.
Priorização: trabalhos clássicos, modelos teóricos consolidados e estudos sobre dano microestrutural e análise de falhas.
Seleção: 25 artigos selecionados; cinco utilizados como referências centrais neste pôster.

Resultados e Discussão



Figura 2. Mecanismos de dano por gelo-degelo em materiais cimentícios. Fonte: adaptado de [1–4].

Conclusões

Saturação: acima do grau crítico, aumenta a suscetibilidade à fissuração por congelamento.
Porosidade: sistemas de vazios de ar bem distribuídos e próximos favorecem o alívio de pressão e reduzem o dano.
Ciclos: a repetição do gelo-degelo acumula fissuras, amplia o dano e reduz a resistência mecânica.
Temperatura: o congelamento, os gradientes térmicos e a taxa de resfriamento influenciam a formação de gelo e a distribuição de tensões.
Propriedades de transporte: a fissuração pode aumentar a conectividade dos poros e facilitar a entrada de água, favorecendo a progressão e agravamento do dano em ciclos posteriores.

Persistem lacunas na compreensão dos mecanismos de dano e de sua evolução microestrutural em função dos diferentes parâmetros e variáveis experimentais.

Referências e Agradecimentos

1. GUO, J. et al. Damage mechanism and modeling of concrete in freeze–thaw cycles: a review. Buildings, v. 12, n. 9, art. 1317, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12091317.
2. GULER, S.; AKBULUT, Z. F. A comprehensive review of concrete durability in freeze-thaw conditions: mechanisms, prevention, and mitigation strategies. Structures, v. 75, art. 108804, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.108804.
3. POWERS, T. C.; HELMUTH, R. A. Theory of volume changes in hardened Portland-cement paste during freezing. Proceedings of the Highway Research Board, v. 32, p. 285–297, 1953.
4. SETZER, M. J. Micro-ice-lens formation in porous solid. Journal of Colloid and Interface Science, v. 243, n. 1, p. 193–201, 2001. DOI: https://doi.org/10.1006/jcis.2001.7828.
5. FAGERLUND, G. The critical degree of saturation method of assessing the freeze/thaw resistance of concrete. Matériaux et Construction, v. 10, n. 58, p. 217–229, 1977. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02478693

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001