



O MÉTODO DA MATURIDADE DO CONCRETO

Arhur Almeida Tavares

Engenheiro Civil

arthur.tavares@uniredentor.edu.br

Hudson Gonçalves Zitalena

Graduando em Engenharia Civil

hzitalena@gmail.com

Ingridy de Oliveira Costa

Engenheira Civil

engenheiraingridycosta@gmail.com

Resumo

O concreto é um material amplamente utilizado na construção civil devido à sua resistência e durabilidade. A maturidade do concreto é um conceito importante para determinar sua resistência ao longo do tempo. Este artigo apresenta uma definição do concreto e explora o conceito de maturidade, enfatizando a influência da temperatura na avaliação dessa propriedade e sua atuação como indicador do seu estágio de cura.

Palavras-chaves: Concreto; maturidade do concreto; temperatura.

Abstract

Concrete is a material widely used in construction due to its strength and durability. Concrete maturity is an important concept in determining its strength over time. This article presents a definition of concrete and explores the concept of maturity, emphasizing the influence of temperature on the evaluation of this property and its performance as an indicator of its stage of cure.

Keywords: Concrete; concrete maturity; temperature.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um desafio de séculos para a humanidade, com isso houve a necessidade de aprimoramentos e grandes aprendizados. Surgiu a necessidade de inovação, trabalho coletivo e formas de otimizar o processo construtivo.

A medida que esse conhecimento ganha amplitude, identifica-se a utilidade de materiais já disponíveis na natureza, alguns peculiares de uma determinada região e outros facilmente encontrados de forma geral.

Avançando um pouco mais nessa linha do tempo, despontam as descobertas com composições entre esses materiais já conhecidos e utilizados, com isso se tem a obtenção de outros materiais mais sofisticados, estes se tornaram fundamentais na construção de casas, ajuntamentos maiores como vilas e por fim cidades e suas interligações como estradas pavimentadas e conexões de circulação de pessoas.

Ainda dentro desse imenso universo de construção, temos materiais que se tornaram pilares e principais atuantes no processo construtivo, como o uso pedras como agregados graúdos e miúdos, areia, o aço e o cimento que um importante aglomerante e propicia a obtenção do concreto.

Há algumas décadas atrás o processo de fabricação do concreto, ainda que seguindo algumas instruções de conhecimento empírico para com as proporções dos agregados, aglomerantes e a água, era prática comum. Adquirir concreto usinado era de um custo elevado, mesmo que reduzindo a mão de obra para prepara-lo e com um mercado escasso.

Em contrapartida, atualmente é mais viável a contratação desse tipo de serviço. Levando em conta do custo mais acessível, a praticidade na aplicação e a agilidade nessa etapa construtiva. Este processo mesmo que industrializado, não dispensa um controle técnico, com estudos prévios e importantes sobre o fabricante desse material, tal controle influencia diretamente na performance desse composto após seu endurecimento, seu tempo de cura ou amadurecimento e resistência desejada e mapeada nos cálculos construtivos.

2. DEFINIÇÃO DE CONCRETO

A definição de concreto refere-se a uma mistura composta por cimento, agregados (como areia e pedra britada) e água, que ao suportar forma uma massa sólida. A resistência do concreto é um fator crucial para garantir a segurança e a qualidade das estruturas construídas com esse material. No entanto, a força necessária da resistência do concreto requer testes destrutivos, como a realização de ensaios de resistência em corpos de prova.

O composto é opção em situações com presença de água por sua resistência se comparado aos materiais como aço e madeira sem sofrer danos. Quando produzidos com cimentos resistentes a sulfatos, os chamados cimentos especiais, tem uma performance de alto desempenho em meios agressivos de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Sua fácil moldagem em estado fresco também o torna uma excelente alternativa, proporcionando peças com tamanhos e formas variados e se adequando as formas e armaduras desejadas.

Custo baixo se comparado aos componentes utilizados para sua obtenção respeitando a peculiaridade de cada região e com consumo baixo de energia em relação a outros materiais utilizados pela engenharia.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo foi realizada a busca em artigos, livros e normas, que fundamentaram de forma teórica e nortearam para os levantamentos dos conceitos abordados.

4. O CONCEITO DA MATURIDADE DO CONCRETO E SUA APLICAÇÃO

A maturidade do concreto é uma alternativa viável para estimar sua resistência sem a necessidade de ensaios destrutivos. Baseado no princípio de que a taxa de endurecimento do concreto está diretamente relacionada à temperatura, esta é utilizada no material como indicador de seu estágio de cura. Quanto maior a temperatura, mais rapidamente o concreto atinge sua resistência final.

Utilizando esse controle em um projeto de concreto protendido por exemplo, com o prazo de 3 a 7 dias já é possível medir a resistência inicial e prever a aplicação de tensão pelos cabos de protensão.

A técnica de avaliação da maturidade do concreto é baseada em modelos matemáticos que relacionam a temperatura e o tempo de cura. Esses modelos consideram a taxa de ganho de resistência do concreto em função da temperatura, permitindo estimar essa resistência em qualquer momento durante o processo de cura. Dessa forma é possível monitorar essa evolução durante a cura sem a necessidade de esperar o seu fim por completo.

A temperatura do concreto é influenciada por diversos fatores, como temperatura externa ou ambiente, a temperatura dos materiais constituintes e as condições de cura. Portanto é fundamental realizar medições precisas dessa temperatura ao longo dos tempos para se obter resultados claros e estimados na avaliação da maturidade.

No Brasil não possui norma vigente para a determinar a resistência a forças externas na direção do eixo longitudinal ou compressão axial. O conceito norte-americano é proposto pela ASTM C107-11.

O método é aplicado in loco, com o concreto em tenra idade, sendo um dos indicadores mais confiáveis em relação a resistência do concreto e substituindo copos de prova curados em situação controlada de laboratório. Consiste em um ensaio não destrutivo que fornece dados análises importantes para tomadas de decisão como remoção ou inserção de escoramento da estrutura concretada, o momento pós tensão nas estruturas, fim da proteção térmicas em casos de temperaturas mais baixas do concreto outras situações.

O método da maturidade utiliza o conceito fundamental de que as propriedades do concreto são desenvolvidas a partir do tempo de hidratação do cimento e consequente liberação de calor. O calor gerado a partir da reação de hidratação será registrado como um aumento de temperatura no concreto. A abordagem tradicional de utilizar cilindros curados não reflete o mesmo perfil de temperatura do concreto no local como já comentado anteriormente, o que implica na veracidade a resistência real com acurácia, sendo um método pouco preciso para as fases críticas ocorridas em idades prematuras.

As etapas a serem cumpridas para a aplicação do método são:

- Estabelecer a relação resistência/maturidade para o concreto a ser usado na estrutura, monitorar a temperatura das amostras de ensaio do corpo de prova através de sensores de temperatura incorporado em um ou mais cilindros.
- Medir a resistência a compressão de cilindros de ensaio padrão curados em idades distintas. Os dados utilizados estabelecer a função de maturidade por meios técnicos podem ser: Nurse-Saul, Arrhenius, De Vree ou outra função correlata validada.
- Acompanhar o histórico da temperatura do concreto por meio de sensores em locais críticos com relação aos requisitos estruturais.

- Calcular o índice de maturidade pela temperatura registrada em cada idade do corpo de prova do concreto.
- Avaliar a resistência do concreto no local pelo índice de maturidade calculado e a relação predeterminada de resistência/maturidade.

Algumas fórmulas que nos permitem o cálculo da maturidade:

- Nurse-Saul: $M(t)$ = maturidade (fator temperatura-tempo) na idade t , em °C. dias ou °C

$$M(t) = \sum (T_a - T_0)\Delta t$$

- Arrhenius:

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

Sendo:

k = Constante de velocidade da reação;

E_a = Energia de ativação da reação;

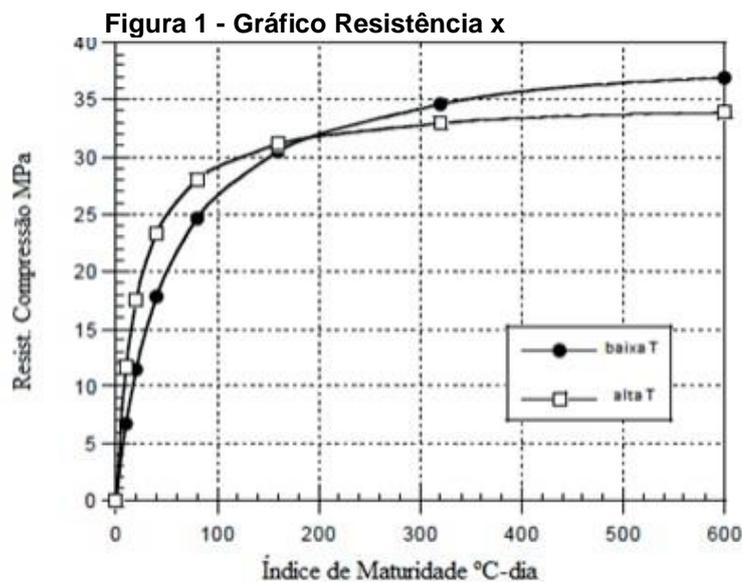
R = Constante dos gases ($R = 8,314 \text{ J/K.mol}$);

T = É a temperatura em K (Graus Kelvin);

e = Base dos logaritmos neperianos ou naturais ($e = 2,718\dots$);

A = Frequência de colisões que acontecem com geometria correta.

O fator $e^{-E_a/RT}$ pode ser interpretado como a fração de moléculas que apresentam o mínimo da energia necessária para reagir. Seu valor é sempre menor do que 1, sendo 1 a representação de 100% das moléculas.



Maturidade

Fonte: downloads.editoracientifica.org

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, a maturidade do concreto é um conceito importante na experiência da resistência desse material, evitando a necessidade de ensaios destrutivos. A utilização da temperatura como indicador da maturidade permite monitorar o desenvolvimento desse concreto de resistir ao longo do tempo. A compreensão desse conceito é essencial para otimizar processos de construção e garantir a qualidade das estruturas de concreto.

Tais pontos elucidaram de forma geral sobre os assuntos relacionados a confecção e monitoramento do concreto, contudo abordando sempre a visão que não estabelece parâmetro para tomada de decisão em uma execução de projeto, já que todas as análises precisam ser feitas in loco.

A grande vantagem de se obter esse controle de maturidade sem envolver ensaios destrutivos e logo no início da cura é a possibilidade e antecipar a execução da obra atendendo todas as recomendações exigidas com um alto ganho de produtividade, o refino dessas informações por meio controle tecnológico eletrônico.

O método estudado não possui norma reguladora no Brasil pela ABNT, mas através de um estudo norte americano e iniciativas nacionais com artigos e revisões bibliográficas conseguimos entender mais sobre o compromisso de ter monitorado as resistências do concreto já a partir de 3 dias de idade.

Já na definição do conceito de maturidade do concreto é possível perceber o quanto a temperatura interna nas reações do concreto, a umidade e utilização da água pode influenciar no processo de cura e ganho de resistências desejadas após o endurecimento completo e utilização e serviço.

Por fim, vimos as etapas estabelecidas e que devem ser cumpridas para a aplicação do conceito da maturidade do concreto. Entre elas estão as monitorias de temperatura em amostras de distintas idades por sensores, medição de resistência delas e as expressões matemáticas que possibilitam verificar por meio de cálculos essa maturidade.

Em suma, com todos os levantamentos abordados, pode-se perceber a necessidade de se assimilar o método de ensaio e sua aplicação e propiciar sua execução, já que todas os fatores abordados também podem ser influenciados por temperatura e umidade do local de obra e também o controle de qualidade dos fornecedores de concreto usinado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro: ABNT.2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro: ABNT.2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT.2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953. **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.** Rio de Janeiro: ABNT.2015

ASTM C1074-11, **Prática Padrão para Estimar a Resistência do Concreto pelo Método de Maturidade**, Disponível em : <https://www.astm.org/c1074-11.html>, Acesso em: 23 nov.2022.

BORIN, LUÍS, **MATURIDADE DO CONCRETO**, Disponível em: <https://digital.concreteshow.com.br/produtos/maturidade-do-concreto-mtodo-para-determinar-resistncia-compresso>, Acesso em: 15 Set.2022

CARINO, N. J.; LEW, H.S. **The Maturity Method: From Theory to Application.** Reprinted from the Proceedings of the 2001 Structures Congress & Exposition, 2001.

CARNEIRO, Guilherme; GIL, Leonardo; NETO, Manoel. **Calor de hidratação no concreto**. Trabalho de conclusão de curso UFG.2011.

CARVALHO, E. F. T. **Contribuição ao estudo da resistência residual do concreto submetido ao tratamento térmico padrão para situações de incêndio**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001. • submetido ao tratamento térmico padrão para situações de incêndio. Dissertação

CECCONELLO,V; TUTIKIAN,B. **A influência das baixas temperaturas na evolução das resistências do concreto**. Revista IBRACON de estruturas e materiais.2012

COSTA, C. N.; FIGUEIREDO, A. D.; SILVA, V. P. **Aspectos tecnológicos dos materiais de concreto em altas temperaturas**. In: NUTAU, 2002.

CURRA, Luiz. Aplicação do método da maturidade em lajes de cobertura. Revista Matéria, V.26. N.4.2021.

EXPRESSÃO CÁLCULO DA MATURIDADE, Disponível em: <https://construction.rpxtech.com/concrete-maturity-formula.html>, Acesso em: 10 de Dez.2022

FERNANDES, B.; GIL, A.M.; BOLINA, F. L.; TUTIKIAN. B.F. **Microestrutura do concreto submetido a altas temperaturas: alterações físico-químicas e técnicas de análise**. .Net, São Paulo, 2017. Disponível em: Acesso em: 4 out 2022.

FIGURAS SOBRE CONCRETO, Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-25-Curva-de-Calor-de-Hidracao-da-pasta-de-cimento-desde-o-minuto-de-contato_fig8_298346156, Acesso em: 09 Dez.2022

SOTA, J.D; AVID,F.A; MOREIRA,P; CHURRY,M. Medida de maturidade do concreto in situ numa estrutura. Revista ALCONPAT.2016

LIMA, R. C. A. Investigação do comportamento de concreto em temperaturas elevadas. Tese (Doutorado). **Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005**

LIMEIRA, Rogério. **Concreto – Qualidade, classificação e propriedades**. Ceset/Unicamp.2000.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014, 782 p • materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014, 782 p.

MENEZES, Alexandre. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMO-MECÂNICO DE CONCRETOS DE BAIXAS RESISTÊNCIAS EM BAIXAS IDADES**. Dissertação

apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará.2015

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 5. Ed. São Paulo: Bookman, 2016, 912 p.

ROCHA, Rochanna. **Efeito da alta temperatura em concretos: Uma Revisão de literatura**. Interscientia.2018

SANTOS, Beatriz; AGUILAR, Maria; Chahud, Eduardo. **O método da maturidade para determinar resistência à compressão em concretos: revisão de literatura**. A Construção Civil: em uma perspectiva econômica, ambiental e social.

SANTOS, Breno. **Método da maturidade do concreto – Ensaio auxiliar para fases construtivas críticas**. Associação Brasileira das empresas de formas, escoramentos e acesso (ABRASFE)

SENSORES, TEMPO DE CURA, Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/sensores-tempo-cura-do-concreto/>, Acesso em: 10 Dez.2022

SERFINI, Ramoel; RAMBO, Dimas; FIGUEIREDO, Antonio. **Controle contínuo da resistência de estruturas de concreto pelo método da maturidade**. Pesquisa e desenvolvimento,2020