

# Utilização de Sensores Destinados a Prever a Taxa de Evaporação da Água do Concreto, no Estado Fresco, com a Finalidade de Controlar sua Fissuração Superficial

*Antônio Eduardo Polisseni<sup>1</sup>  
Maria Teresa Gomes Barbosa<sup>2</sup>*

## Resumo

Este trabalho mostra como a utilização de sensores pode auxiliar o engenheiro a identificar a velocidade de evaporação da água da superfície do concreto, possibilitando a determinação do momento adequado de se iniciar os procedimentos de cura, a fim de evitar a fissuração superficial do concreto, devido à retração plástica, tanto nas obras de pavimentação rígida quanto nas lajes de edifícios. Um correto sistema de cura evitará transtornos com a descontinuidade da obra e o aumento de custo, além de garantir a sua durabilidade.

**Palavras-chave:** concreto, sensores, taxa de evaporação de água, sistema de cura.

## 1 Introdução

Atualmente, no Brasil observa-se um crescente aumento da utilização do concreto em pavimentos rígidos (Figura 1), tanto em vias urbanas e estradas, quanto em pisos industriais, bem como uma tendência,

nas edificações residenciais e comerciais, em se substituir as tradicionais lajes com vigas, cujas formas são feitas em madeira, por estruturas de lajes planas executadas em concreto armado (Figura 2) ou em sistema de protensão leve (Figura 3), onde se utilizam formas plásticas e escoramento metálico.



**Figura 1** – Pavimento rígido.  
(Obra: Construção da 3ª. Perimetral/Porto Alegre – RS).



**Figura 2** – Laje plana executada em concreto armado.  
(Obra: Edifício Milênio Center/Juiz de Fora – MG).

1 Professor Doutor, Departamento de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (aepoli@terra.com.br).  
2 Professora Doutora, Departamento de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (teresa.barbosa@engenharia.ufrj.br).

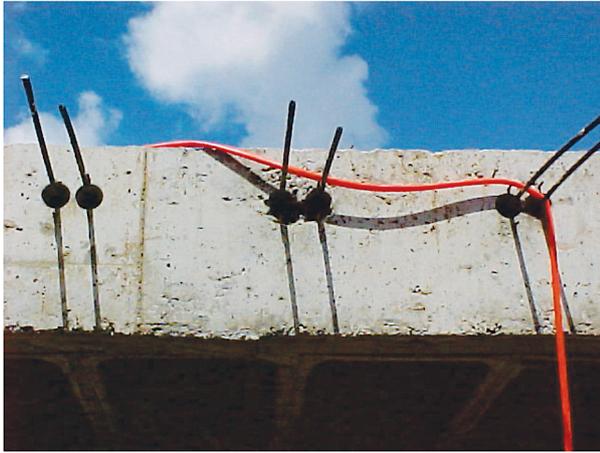


Figura 3 – Laje plana executada em sistema de protensão leve.

(Obra: Construtora Haec/Juiz de Fora – MG).

Essas inovações tecnológicas têm levado os gerentes de projetos a investirem e pensarem, em seus planejamentos, que terão irrestrito controle sobre os custos, o andamento físico da obra, bem como a qualidade da construção.

Porém, a realidade tem se mostrado diferente das expectativas criadas para algumas obras. Fissuras nas superfícies de concreto têm surgido oriundas de sua retração plástica (Figura 4), causando para os gerentes de obras consideráveis transtornos, tais como a descontinuidade no cronograma, devido à patologia surgida, com conseqüente aumento nos custos previstos e, até, mesmo, possível comprometimento da durabilidade da estrutura.



Figura 4 – Fissuras em superfície de concreto devido à retração plástica.

(Obra: Pavimento Rígido/Três Rios – RJ).

O trabalho pretende abordar um procedimento baseado em uso de sensores para prever a taxa de perda de água da superfície do concreto por

evaporação (velocidade de evaporação), referenciado na metodologia apresentada pela *Portland Cement Association*, descrita por Metha e Monteiro (1994).

## 2 Causas e Consequências da Retração Plástica

Nas lajes dos edifícios e nos pavimentos rígidos a associação de condições ambientais (temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento), temperatura desenvolvida na massa do concreto, absorção de água pelas formas e lastros, e a redução no volume do sistema cimento-água, geram como consequência o aumento da taxa de evaporação de água da superfície do concreto.

Cánovas (1988) apresenta os seguintes valores como possíveis condições prováveis para ocorrência de fissuração na superfície do concreto em função da taxa de perda de água da superfície por evaporação (velocidade de evaporação), expressos em “litros/m<sup>2</sup>/hora”:

- velocidade de evaporação (0 a 0,5 l/ m<sup>2</sup>/h): nenhuma;
- velocidade de evaporação (0,5 a 1,4 l/ m<sup>2</sup>/h): alguma;
- velocidade de evaporação (≥ 1,5 l/ m<sup>2</sup>/h): 100%.

Segundo Metha e Monteiro (1994), quando a taxa de perda de água da superfície do concreto for superior a 1 l/ m<sup>2</sup>/h, ocorrerá fissuração por retração plástica, as quais “são paralelas entre si e afastadas umas das outras de 0,3 a 1 m com 25 a 50 mm de profundidade” (p. 359). Os aspectos das fissuras podem ser observados na Figura 5.



Figura 5 – Aspectos das fissuras por retração plástica.

(Obra: Construtora Haec/Juiz de Fora – MG).

É importante ressaltar ainda, que para os concretos de alto desempenho, a cura é de suma importância para se evitar a fissuração. Aitcin (2000) aborda uma série de considerações sob este aspecto, afirmando que, embora a retração não seja um fenômeno inevitável, ela constitui, na verdade, a falta ou a interrupção de uma cura adequada.

Metha e Monteiro (1994) apresentam um gráfico preconizado pela Portland Cement Association (Figura 6), que mostra a influência da umidade relativa, da velocidade do vento e da temperatura do ar e da massa do concreto sobre a evaporação da água do concreto.

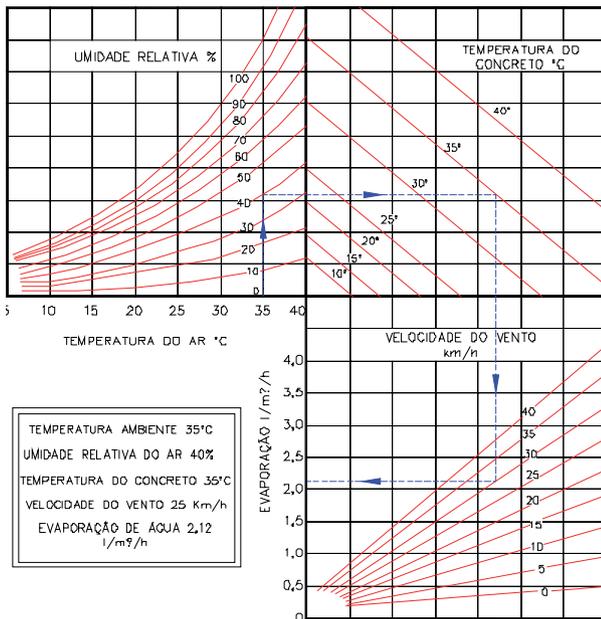


Figura 6 – Estimativa da taxa de evaporação de água de uma superfície de concreto.

### 3 Procedimentos para Utilização de Sensores Para Controlar a Fissuração da Superfície de Concreto

A determinação da taxa de perda de água da superfície de concreto por evaporação, pode ser feita por meio de sensores (Figuras 7, 8 e 9) capazes de monitorar as variáveis *umidade relativa e temperatura do ar, velocidade do vento e temperatura da massa do concreto*.

Primeiramente, com os Sensores 1 e 2 (equipamento A), são medidas a umidade relativa (%) e a temperatura do ar (°C) e a velocidade do vento (Km/h). A seguir, com o Sensor 3 (equipamento B), mede-se a temperatura da massa do concreto.

Os dados obtidos são introduzidos no gráfico apresentado na Figura 6 que gera a taxa da perda

de água da superfície de concreto por evaporação (velocidade de evaporação).



Figura 7 – Sensor 1, acoplado ao equipamento A, utilizado na medição da umidade relativa do ar e sua temperatura.

(Obra: Construtora Haec/Juiz de Fora – MG)



Figura 8 – Sensor 2, acoplado ao equipamento A, utilizado para medição da velocidade do vento.

(Obra: Construtora Haec/Juiz de Fora – MG).



Figura 9 – Sensor 3, acoplado no equipamento B, utilizado na medição da temperatura da massa do concreto.

(Obra: Construtora Haec/Juiz de Fora – MG).



**Figura 10** – Pulverização de produto de cura sobre a superfície da laje.  
(Obra Edifício Milênio Center/Juiz de Fora – MG).



**Figura 11** – Cura do concreto por meio de cobertura com saco de aninhagem.  
(Obra: Pavimento Rígido/Três Rios – RJ).



**Figura 12** – Cura de laje utilizando-se camada de areia saturada.  
(Obra: Edifício Milênio Center/Juiz de Fora – MG).

Determinada a velocidade de evaporação, o engenheiro da obra deverá interferir no processo de cura do concreto, a fim de que seja mantida a velocidade de evaporação inferior a  $1l/m^2/h$ , com os seguintes procedimentos: pulverizar sobre a superfície um produto de cura (Figura 10) e, algumas horas mais tarde (8 a 10 horas), proteger o concreto por meio da utilização de sacos de aninhagem (Figura 11) ou camada de areia saturada (Figura 12).

## 4 Conclusões

Os sensores que medem a temperatura e a umidade relativa do ar, e a velocidade do vento, associado ao sensor que mede a temperatura da massa do concreto constituem um sistema eficaz para se determinar a taxa de perda da água da superfície do concreto por evaporação, a qual é responsável pelo surgimento de fissuras pela retração plástica.

A determinação desta taxa, em tempo real, permite ao engenheiro da obra tomar decisões do melhor momento para se iniciar o procedimento de cura do concreto, garantindo-se dessa forma, que não ocorram fissuras na superfície.

Tais procedimentos podem contribuir, de maneira significativa, para que se mantenha o cronograma e os custos previstos na fase de planejamento, bem como a durabilidade da obra.

## Abstract

The work shows how the utilization of sensors can be able to help engineers identify the water evaporation velocity of concrete area, in order to determine the best moment to begin the cure procedures. These procedures avoid the concrete area cracks, from plastic retraction, in concrete pavement and in building's slabs. Using a correct cure system, it will be able to avoid the construction's discontinuous and increase the costs, beyond guarantee her durability.

**Keywords:** concrete, sensors, water evaporation rate, cure system.

## 5 Referências Bibliográficas

- AÍTICIN, P. C., Concreto de alto desempenho. São Paulo, PINI, 2000.  
CÁNOVAS, M. F., Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo, PINI, 1988.  
METHA, P. K. e MONTEIRO, P. J., Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo, PINI, 1994.