



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

### **Leonardo G. Pazze**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil - UNIJUI  
leopazze@hotmail.com

### **Marcos Tres**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil - UNIJUI  
marcos.tres@unijui.edu.br

### **Leonardo Dalla Porta**

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica - UNIJUI  
ldp.dalla@gmail.com

### **André L. Bock**

Professor/Pesquisador do Curso de Engenharia Civil - UNIJUI  
andre.bock@unijui.edu.br

### **Gilson R. Batista**

Professor/Pesquisador do Curso de Engenharia Elétrica - UNIJUI  
gilson.batista@unijui.edu.br

**Resumo.** *O presente artigo apresenta a etapa inicial da pesquisa de monitoramento de temperatura em revestimentos asfálticos desenvolvida na região noroeste do RS. Torna-se importante destacar que nos pavimentos rodoviários a temperatura é um dos fatores de afetam significativamente as propriedades de resistência e deformação dos revestimentos asfálticos. Dessa forma, o seu conhecimento é fundamental para uma adequada definição dos materiais asfálticos empregados em sua construção além de considerações realizadas na fase de projeto. Neste contexto, a presente pesquisa visa desenvolver um sistema de monitoramento da temperatura de revestimentos asfálticos onde serão avaliadas as variações durante o dia e analisadas as temperaturas máximas atingidas nos períodos críticos, ou seja, nos meses mais quentes do ano.*

**Palavras-chave:** *Revestimento. Temperatura.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desempenho de um pavimento rodoviário está subordinado a uma complexa combinação de fatores, quais sejam os materiais utilizados, técnicas construtivas, ação climática e de tráfego. O pavimento é projetado para uma combinação destes fatores e cada um tem relevante importância no seu desempenho (Medina [1]).

As principais solicitações da estrutura do pavimento são provenientes do tráfego solicitante, entretanto, o meio físico à sua volta também exerce influência significativa sobre sua vida útil.

A ação climática, principalmente da temperatura sobre as propriedades dos materiais asfálticos, afeta significativamente sua deformabilidade. Devido à sua natureza viscosa a mistura asfáltica é mais rígida à baixas temperaturas, porém torna-se mais deformável à temperaturas elevadas. Estas ações, em conjunto com o tráfego intenso de

veículos pesados, constituem os principais fatores que impõem uma vida útil limitada aos pavimentos (Ref. [1]).

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento da temperatura no interior do revestimento asfáltico para analisar as suas variações, principalmente no verão, quando as altas temperaturas afetam de forma mais intensa as propriedades mecânicas dos revestimentos asfálticos. Posteriormente a pesquisa prevê a realização de análises de desempenho em laboratório, verificando como as máximas temperaturas atingidas no verão e sua variação ao longo do dia afeta o comportamento mecânico e estrutural do pavimento asfáltico ao longo de sua vida útil.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A seguir serão apresentados assuntos pertinentes ao entendimento do trabalho e de sua relevância no meio técnico e acadêmico.

### **2.1 Importância do modal rodoviário**

Historicamente o modal rodoviário tem um papel fundamental no transporte de cargas do Brasil, sendo o modal mais utilizado, responsável pelo escoamento da maioria da produção primária e industrial.

Ao analisar a importância do modal rodoviário observa-se que, apesar de o mesmo ser responsável pela grande maioria de transporte de cargas e passageiros, o setor apresenta carências históricas em termos de infraestrutura, sua situação é preocupante, tanto em quantidade quanto em qualidade da malha pavimentada (CNT [2]).

A qualidade da malha rodoviária brasileira ainda está longe dos padrões internacionais, considerando que o país dispõe de apenas 12,3% das rodovias pavimentadas e grande parte encontra-se em mau estado de conservação, principalmente quando observa-se aquelas sob administração pública com apenas 34,1% da extensão analisada encontra-se em estado

Ótimo ou Bom, sendo a grande maioria classificada de Regular a Péssimo (65,9%) (Ref. [2]).

### **2.2 Desempenho de pavimentos**

Entende-se por desempenho de uma estrutura a forma e a qualidade com a qual a mesma atende às suas funções básicas. No caso do pavimento rodoviário estas funções estão relacionadas tanto em relação aos usuários, em que o mesmo deve fornecer adequadas condições de conforto e segurança, quanto em relação ao tráfego solicitante e às condições ambientais.

Desempenho é um termo genérico utilizado para designar a forma como os pavimentos mudam de condição ou servem sua função com o uso e o decorrer do tempo.

Segundo Bock [3], nas últimas décadas as rodovias brasileiras têm tido seu desempenho comprometido devido a uma série de fatores, entre eles incluem-se o crescente aumento do volume de tráfego de veículos pesados e sua circulação com excesso de cargas, a qualidade dos materiais utilizados e a sua interação com as condições ambientais (temperatura e precipitações), sendo estes últimos fatores importantes muitas vezes desconsiderados em projeto.

### **2.3 Influência da temperatura**

O clima e as condições ambientais são fatores importantes a serem considerados no dimensionamento do pavimento rodoviário, principalmente nos pavimentos flexíveis. Estes fatores atuam nas propriedades de alguns materiais empregados influenciando no dimensionamento e por consequência no desempenho futuro como estrutura.

Segundo Franco [4], a temperatura atua diretamente nas propriedades resilientes dos materiais asfálticos devido à natureza viscosa. Essa influência, no entanto, muitas vezes é desconsiderada na definição dos ligantes asfálticos utilizados no revestimento de uma rodovia, tampouco é considerada de forma pertinente na análise de desempenho.

Ref. [1] ressalta a importância da ação do clima nas rodovias, elencando em vários itens, a influência das precipitações e da radiação solar no seu desempenho.

Para um bom desempenho do pavimento asfáltico, a ação da temperatura deverá ter minimizado os seus efeitos, principalmente quanto aos afundamentos nas trilhas de roda, à exsudação e ao envelhecimento do ligante asfáltico, mediante a utilização de materiais com consistência e ponto de amolecimento (PA) adequadamente definidos em projeto.

A temperatura do pavimento varia de acordo com a localização geográfica, a hora do dia e as estações do ano. Ref. [1], relata que há uma grande dependência do pavimento asfáltico com os fatores climáticos, tendo em vista que a temperatura influencia significativamente na rigidez dos materiais asfálticos. Com a variação na deformabilidade do revestimento modifica-se completamente a distribuição de tensões, a vida da fadiga e a sua resistência à deformação plástica (permanente).

Neste contexto, o conhecimento das temperaturas às quais o revestimento asfáltico estará submetido ao longo de sua vida útil é de extrema importância. Atualmente há uma carência de dados e estudos que contabilizam as temperaturas máximas na superfície do revestimento e a sua variação com a profundidade.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

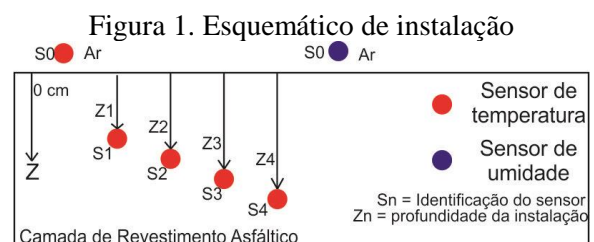
Neste capítulo serão apresentados os métodos e os materiais empregados no desenvolvimento da presente pesquisa.

#### 2.1 Metodologia

A presente pesquisa é dividida em etapas distintas, sendo a primeira etapa apresentada neste trabalho e consiste no desenvolvimento de um equipamento de aquisição de dados e monitoramento da variação de temperatura no revestimento asfáltico em distintas profundidades.

Na segunda etapa será preparada uma área de testes no Campus Santa Rosa da UNIJUÍ onde serão instalados sensores para um completo monitoramento de variação da temperatura ao longo das 24 horas do dia.

A instalação dos sensores será realizada a diferentes profundidades no revestimento asfáltico da área de testes com o objetivo principal de monitorar a distribuição da temperatura ao longo da profundidade na camada. Além disso, um sensor realizará a medição da temperatura ambiente e umidade do ar. Na Fig. 1 pode-se observar um esquemático da instalação.



Após a instalação dos sensores será iniciada a etapa de testes do sistema na qual serão realizadas as leituras de temperatura (ambiente, superfície e demais sensores) durante as 24 horas do dia.

A programação inicial do equipamento permitirá a realização de coleta de dados de temperatura de forma simultânea a cada 10 minutos, obtendo dessa forma 6 leituras/hora em cada um dos cinco sensores que compõe o sistema, totalizando 720 leituras/dia.

À cada leitura realizada será associada a informação de data e hora, para assim posteriormente analisar-se o banco de dados gerado ao longo do monitoramento.

Nesta primeira etapa da pesquisa foram montados os componentes e realizadas as programações pertinentes para aquisição de dados e a formatação de um banco de dados em um servidor *online* com os registros de temperatura fornecidas pelos sensores.

#### 2.1 Materiais

Os componentes eletrônicos utilizados para montagem do sistema estão apresentados na

Fig. 2. Já na Fig. 3 é apresentada uma tela de acompanhamento dos dados obtidos.

O protótipo do sistema é composto por um sensor digital de temperatura e umidade, cinco sensores digitais de temperatura *DS18B20* para instalação no revestimento asfáltico, *Ethernet Shield* para comunicação com o servidor e um *Arduino Uno* como controlador do sistema.

Figura 2. Protótipo do sistema em fase de testes

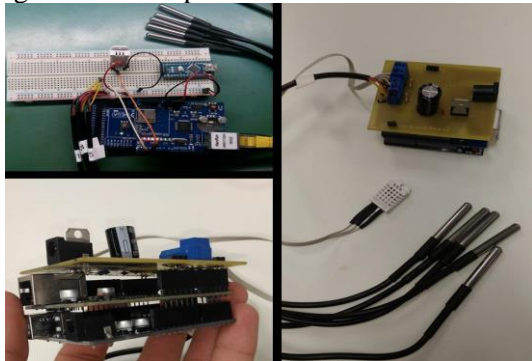
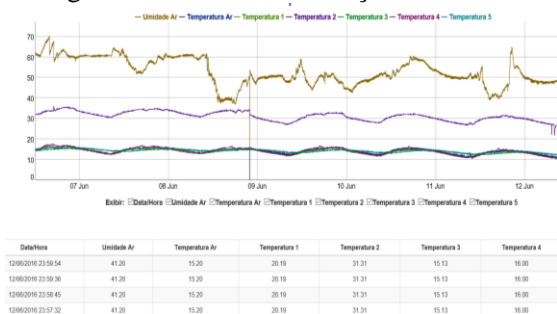


Figura 3. Tela de visualização dos dados



#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

O principal resultado a ser obtido neste estudo é o banco de dados com as variações diárias de temperatura do ar, na superfície e ao longo da profundidade de uma camada de revestimento asfáltico submetido à condição climática da região Noroeste do RS.

Os dados obtidos serão essenciais para conhecer parâmetros importantes para o desempenho de revestimentos asfálticos, tais como: temperatura máxima à qual este revestimento é submetido (superficialmente) e em qual momento ocorre esse período crítico; forma de absorção e distribuição da temperatura ao longo da profundidade.

Após esta etapa inicial na área de testes, pretende-se realizar uma instalação *in loco* em uma rodovia da região Noroeste e posteriormente analisar o comportamento em laboratório de misturas asfálticas em distintas temperaturas, principalmente em temperaturas elevadas, àquelas críticas na região e que afetam a deformabilidade do revestimento e o surgimento precoce de patologias, principalmente a formação de afundamentos nas trilhas de rodas (ATR).

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No verão as temperaturas às quais os pavimentos asfálticos são submetidos afetam significativamente o seu comportamento, principalmente quanto à rigidez (resiliência) e resistência. Muitas vezes, as patologias nos pavimentos são intensificadas em função de uma escolha inadequado dos materiais.

Neste caso, o conhecimento detalhado das temperaturas máximas e sua distribuição ao longo da profundidade do revestimento é de fundamental importância e torna-se um parâmetro a ser considerado tanto na correta definição do material asfáltico empregado (mais resistentes à temperaturas elevadas) quanto no dimensionamento do pavimento.

#### REFERÊNCIAS

- [1] J. de Medina e L. M. G. da Motta, *Mecânica dos Pavimentos*. 3ed. Rio de Janeiro: 2015, p. 640.
- [2] Confederação Nacional de Transportes CNT. *Pesquisa CNT*. Brasília: 2016.
- [3] A. L. Bock, *Pesagem em movimento de cargas atuantes em rodovias e seu impacto no desempenho de pavimentos*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre: 2016.
- [4] F. A. C. P. Franco, *Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro: 2007.