

Procedimento de instrumentação de um viaduto de concreto com sensores *strain gauges* – Estudo de caso

Instrumentation procedure of a concrete viaduct with strain gauge sensors – Case study

Emmanuelle Stefânia Holdefer Garcia (1); Keyla Junko Chaves Shinohara (1); Isaque Vargas Tinoco (1); Rafael Aleixo de Souza (1); Bruno de Melo Gevaerd (1); Amir Mattar Valente (1)

(1) *Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), Universidade Federal de Santa Catarina*

Resumo

O segmento rodoviário é o principal responsável pelo transporte de cargas no Brasil e o principal modo de deslocamento de passageiros. As estruturas de concreto que compõem parte da infraestrutura rodoviária, como pontes e viadutos, atuam de forma expressiva nesta logística, devendo permanecer em condições adequadas quanto à segurança dos usuários. Neste contexto, o monitoramento atua como forma de elencar prioridades de manutenção e de restauração estrutural. Dentre os procedimentos para realizar a avaliação e a inspeção do estado de conservação das estruturas de forma não invasiva, destacam-se os ensaios não destrutivos. Estes ensaios podem ser realizados com diversos equipamentos, por indução direta na estrutura ou fixos a ela, de maneira que não comprometam o seu desempenho em serviço, como é o caso da pesagem em movimento em pontes, ou *Bridge Weigh-in-Motion* (B-WIM). Este artigo tem como objetivo detalhar e relatar informações relevantes no processo de instrumentação de sensores *strain gauges* utilizados para captação de sinais provenientes do tráfego e monitoramento estrutural de um viaduto de concreto. No tabuleiro do viaduto, foram instalados 32 sensores *strain gauges*, dois sensores de temperatura e dois detectores de veículos, com posicionamento determinado com base no tipo de sinal desejado em cada uma das situações de esforço. A metodologia B-WIM, foi utilizada para análise de dados coletados nas longarinas da estrutura. Além de fornecer dados de pesagem e classificação dos veículos, o B-WIM fornece informações para análises de deformação, linhas de influência e fator de amplificação dinâmica do carregamento, que podem auxiliar na avaliação estrutural das pontes e viadutos brasileiros. Decorrido o processo de instalação, os dados gerados pelo tráfego sobre a estrutura e seu comportamento estrutural estão sendo analisados e estes devem ser futuramente relacionados à capacidade resistente da estrutura. Os sensores permanecerão no viaduto pelo período de 12 meses.

Palavra-Chave: ponte de concreto; instrumentação; sistema B-WIM; pesagem em movimento.

Abstract

Road transport is the main responsible for cargo transportation in Brazil and the main mode of displacement of passengers. The concrete structures that make up part of the road infrastructure, such as bridges and viaducts, act significantly in this logistics, and must remain in adequate conditions regarding the safety of users. In this context, monitoring acts as a way to list maintenance and structural restoration priorities. Among the procedures to carry out the assessment and inspection of the state of conservation of the structures in a non-invasive way, non-destructive tests stand out. These tests can be performed with different equipment, by direct induction in the structure or fixed to it, so that it does not compromise its performance in service, as is the case of Bridge Weigh-in-Motion (B -WIM). This article aims to detail and report relevant information in the instrumentation process of strain gauge sensors used to capture signals from traffic and structural monitoring of a concrete viaduct. 32 strain gauges sensors, two temperature sensors and two vehicle detectors were installed on the viaduct tray, with positioning determined based on the type of signal desired in each of the stress situations. The B-WIM methodology was used to analyze data collected on the structure's girders. In addition to providing vehicle weighing and classification data, B-WIM provides information for deformation analysis, influence lines and dynamic load amplification factor, which can assist in the structural assessment of Brazilian bridges and viaducts. After the installation process, the data generated by the traffic on the structure and its structural behavior are being analyzed and these should be related to the structure's resistant capacity in the future. The sensors will remain on the overpass for a period of 12 months.

Keywords: concrete bridge; instrumentation; B-WIM system; weighing in motion.

1 Introdução

A verificação da vida útil de uma Obra de Arte Especial (OAE) depende do histórico de cargas passantes ao longo do período de utilização desde a sua concepção. As cargas que ultrapassam os limites considerados para o dimensionamento fazem com que o dano por fadiga acelere, o que, em um estágio avançado, pode levar à ruptura parcial ou total da estrutura. Nessa linha, a capacidade de suporte de uma OAE determinada em projeto tende a diminuir ou até mesmo a ser nula durante a vida estipulada em projeto (JUNGES, 2017). A maioria das pontes brasileiras foi construída na década de 60, seguindo métodos normativos e combinações de eixos existentes naquela época. Hoje, cerca de 60 anos depois, muitos modelos de veículos de carga foram inseridos no mercado, o que refletiu em um aumento do peso por eixo e, conseqüentemente, do Peso Bruto Total (PBT). Desta maneira, nota-se a importância de acompanhar o comportamento da estrutura, assim como de sua vida útil, de forma a garantir a segurança da própria via e, especialmente, dos usuários.

Alguns países, como a Eslovênia e a França, utilizam o sistema de pesagem em movimento em pontes, do inglês *Bridge Weigh-In-Motion* (B-WIM), para o estudo de comportamento dessas estruturas. O B-WIM é um sistema especial de pesagem dinâmica, no qual sensores de deformação estão conectados sob as vigas e as longarinas da estrutura. Este sistema, além de fornecer dados de peso e de classificação dos veículos, permite a obtenção de informações adicionais que podem auxiliar na avaliação estrutural das OAEs (SHINOHARA et al., 2019).

O conceito de *Bridge Weigh-In-Motion* foi desenvolvido nos Estados Unidos por Moses (1979), no final dos anos 70, por meio de um algoritmo. O algoritmo de Moses (1979) e o sistema B-WIM têm sido utilizados como forma de obtenção de dados de pesagem e de dados estruturais (ŽNIDARIČ et al., 2008). De forma geral, à medida que o veículo de carga se desloca sobre a estrutura de uma ponte, esse sistema é capaz de registrar a deformação sofrida por ela e o valor obtido de deformação é utilizado para compreender a influência da distribuição de peso do veículo (CANTERO & GONZÁLEZ, 2017).

O uso do sistema B-WIM apresenta vantagens que favorecem sua utilização e difusão, segundo Žnidarič & Lavrič (2010) apud Žnidarič et al. (2016), que são os autores pioneiros nesse tipo de tecnologia. Os autores citam como vantagem (i) a alta precisão em superfícies uniformes e precisão razoável nas não uniformes; (ii) a portabilidade dos equipamentos sem que haja redução da precisão; (iii) a facilidade de instalação dos equipamentos sem interdição da via; e (iv) o fornecimento de informações estruturais das pontes em análise.

No Brasil, a instrumentação de OAEs com a tecnologia B-WIM é recente, considerando que o primeiro estudo conhecido foi realizado no ano de 2012, no estado de Santa Catarina, com a instalação de dezesseis sensores de deformação em uma OAE (ZAG, 2012). Em seguida, foi executado um estudo no estado de Goiás, com a instrumentação de três pontes. A quantidade de sensores instalados variou entre oito e doze, conforme estrutura de cada uma das pontes e o sistema B-WIM utilizado foi desenvolvido na Eslovênia (JUNGES, 2017).

Considerando o potencial que a tecnologia B-WIM tem como uma alternativa eficiente para estudos e aplicações práticas no que tange à análise estrutural de OAEs, especialmente de estruturas de concreto armado ou protendido, o presente artigo tem como objetivo apresentar as informações necessárias e o processo executivo da instrumentação de sensores B-WIM em um viaduto com longarinas de concreto protendido, localizado na BR-

101, km 212, no município de Palhoça, no estado de Santa Catarina. Serão apresentadas as tecnologias dos sensores utilizados, bem como o sistema de aquisição de dados e o processo de instalação.

2 Equipamentos Utilizados

2.1 Sensores *Strain Gauges*

No sistema B-WIM, as micro-deformações em estruturas resultantes da carga dos veículos que trafegam sobre pontes e viadutos devem ser registradas, de modo a possibilitar a posterior análise e avaliação de sua capacidade resistente. Para a coleta destes dados com maior acurácia, foram selecionados sensores de deformação de alta sensibilidade e específicos para estruturas de concreto. Os sensores selecionados são do tipo *strain gauge*, modelo ST350. Para a instrumentação do viaduto de concreto foram utilizados 32 sensores e sua instalação foi realizada em locais estratégicos que possibilitassem a obtenção de dados de deformações causadas por esforços de flexão e de cisalhamento resultantes da estrutura. Os sensores *strain gauges* apresentam as seguintes especificações:

- Resistência de 350 Ω .
- Circuito com ponte de Wheatstone com quatro sensores ativos de 350 Ω .
- Faixa de deformação de $\pm 4000\mu\epsilon$ (calibrado para $\pm 2000\mu\epsilon$).
- Acurácia $< \pm 2\%$.
- Temperatura de operação entre -50°C e $+85^{\circ}\text{C}$.
- Material de alumínio.

Os sensores possuem 76,2 mm de comprimento nominal e são envoltos por uma capa de alumínio com dimensões de 11,1 x 3,2 x 1,3 cm. Além das características gerais apresentadas, cada sensor possui uma ficha técnica individual com o seu respectivo fator de calibração. Os fatores de calibração de cada sensor são utilizados para a conversão dos dados de voltagem, medidos pelo sistema de aquisição, em dados de deformação propriamente dito.

Em função destes sensores medirem, principalmente, a deformação linear no eixo em que estão posicionados, a precisão no processo de instalação se faz essencial. Quando necessário, estes sensores podem ser instalados inclinados, entretanto, isso pode interferir no sinal captado. De modo a garantir a precisão no processo de instalação, gabaritos angulares podem ser utilizados para que esse alinhamento seja mantido (SCIENTIFIC, 2008).

2.2 Termopares

Além dos 32 sensores de deformação, no viaduto de concreto também foram instalados sensores para a aferição e o monitoramento da temperatura em diferentes posições. Nas estruturas de concreto, diferentemente do que ocorre no pavimento rodoviário asfáltico, é provável que a variação da temperatura não seja tão abrupta se comparado a sensores expostos ao ambiente. Dessa forma, de modo a monitorar a variação da temperatura no

tabuleiro do viaduto, próximo aos sensores *strain gauges*, dois sensores termopares do tipo K foram instalados. Estes termopares foram selecionados devido à sua conhecida resistência quando da instalação ao ar livre e também por apresentarem eficiente acurácia. Os termopares do tipo K instalados possuem diâmetro de 6,0 mm (isolados) e comprimento útil de 80 mm, sendo revestidos por aço inox 310 e apresentam temperatura de trabalho de 70°C.

2.3 Detector de Veículo

Outro equipamento instalado no viaduto e que atuará de modo a auxiliar a identificação de veículos no monitoramento da OAE durante todo o processo, foi um detector de veículos magnético. Este equipamento atua como uma variação do laço indutivo instalado em rodovias para a contagem de veículos. A variação na atuação do sensor se dá uma vez em que o laço indutivo é instalado de forma intrusiva na rodovia, ou seja, permanece alocado dentro do pavimento e, desta forma, capta a presença de veículos. Na OAE o equipamento foi instalado no tabuleiro do viaduto, sem danificar a estrutura, e, por isso, espera-se que este seja capaz de registrar os veículos à medida em que estes trafegam sobre a estrutura a partir da propagação do campo eletromagnético gerada por sua passagem.

O procedimento de instalação pode corresponder a um avanço na detecção de veículos em se tratando de pontes e viadutos. A tecnologia do sensor utilizada é do tipo magnética e o seu princípio de funcionamento é semelhante ao de uma bússola, medindo o campo magnético da terra em sua proximidade (VDC, 2000). Para a correta detecção dos veículos, é necessária a segmentação do sinal captado pelos sensores, de maneira a isolar o intervalo correspondente a apenas um veículo. Por ser uma tecnologia ainda pouco utilizada em pontes e viadutos, o tratamento dos dados e os resultados obtidos precisam de certo refinamento e, desta forma, a interpretação correta do sinal se faz necessária.

2.4 Condicionadores de Sinal

A partir da instalação dos 32 sensores *strain gauges* e dos demais equipamentos na OAE, foi necessário realizar o condicionamento dos sinais coletados. Os condicionadores de sinal se fazem indispensáveis uma vez que os equipamentos apresentam variação de funcionamento e de operação. Os sensores de temperatura, por exemplo, possuem valores de sensibilidade semelhantes ao longo da coleta de dados, necessitando que seja feita a correção dos valores obtidos pelo sensor. O condicionador utilizado para os sensores de temperatura trabalha com faixa de operação de 0 10 Vcc (tensão em corrente contínua) em sua saída. Assim, a faixa de operação selecionada para o termopar foi de 0 a 100 °C, ou seja, na saída do conversor, o sinal em tensão varia de 0 a 10 Vcc, representando, em uma escala linear, a temperatura na faixa determinada.

Para o condicionamento de sinais dos sensores *strain gauges* foi utilizada uma placa que é parte do sistema de coleta de dados e que, além da realização a coleta em si, também controla a placa de condicionamento e tem comunicação com o computador que executa o software de coleta. Esta placa de condicionamento de sinal pode ser configurada através do software de coleta, no qual é selecionado o tipo de sensor, o ganho de sinal e a faixa de operação, entre outros parâmetros. Os principais parâmetros de entrada utilizados nesta

instrumentação foram a seleção em ponte completa, o ganho de 1.000 vezes, a faixa de operação de ± 10 V e a aplicação do filtro passa-baixa em 30 Hz.

2.4 Sistema de Coleta de Dados

Decorrida a instalação de todos os sensores, equipamentos e condicionadores de sinal, foi iniciada propriamente a coleta de dados no viaduto de Palhoça/SC. O *hardware* da composição do sistema de coleta de dados contém uma baia para placa de comunicação com o computador, composta por 32 canais. A placa de comunicação utiliza o protocolo ethernet e, também, disponibiliza uma conexão para sincronização entre equipamentos de coleta de dados do mesmo modelo ADS2000.

Em conjunto com o equipamento de coleta de dados, foi utilizado o *software* AqDados para controle do sistema e para a parametrização dos sensores e da coleta de dados. O programa possui telas de verificação do funcionamento dos sensores, semelhante a um osciloscópio, sendo uma ferramenta prática para a verificação do funcionamento das partes do sistema. Outro *software* utilizado é o AqDAnalysis, que possibilita a visualização dos arquivos coletados e, também, permite realizar análises do sinal obtido com o auxílio da aplicação de filtros ou correções algébricas entre sinais de diferentes sensores, tanto quanto os cálculos no domínio da frequência.

3 Instrumentação dos Sensores e dos Equipamentos periféricos da OAE

O processo de instrumentação de um sistema B-WIM consiste na instalação dos sensores de deformação e dos demais equipamentos utilizados para o monitoramento da estrutura de uma OAE. Além dos equipamentos já discriminados, também foram instalados duas câmeras, um DVR, um gabinete para acomodação dos equipamentos, um servidor e um roteador Wi-Fi, que auxiliam no monitoramento, no processamento e na transmissão dos dados coletados.

A instalação dos sensores propriamente dita, trata-se da fixação de um número pré-estabelecido de *strain gauges* na parte inferior da plataforma das estruturas, os quais são responsáveis por coletar os sinais gerados pela passagem dos veículos (JUNGES, 2017). Os sinais obtidos na instrumentação podem ser transformados em dados de velocidade, de espaçamento entre eixos, de carga por eixo, de classificação do veículo e de Peso Bruto Total (SHINOHARA et al., 2019), além de dados referentes ao comportamento e à integridade da estrutura.

A OAE selecionada para a instrumentação do sistema B-WIM foi um viaduto com longarinas de concreto protendido que está localizado no km 212 da BR-101, no município de Palhoça/SC. O viaduto é composto por sete longarinas de concreto protendido, espaçadas em 1,17 m entre si, possui 8,6 m de largura e 18,6 m de comprimento. A estrutura da OAE é composta por longarinas em formato de I, apoiadas sobre pilares e com intertravamento transversal. A instalação dos equipamentos foi durante o ano 2019 e, a partir da instrumentação, foi iniciada a coleta de dados.

3.1 Posicionamento dos Sensores

O posicionamento dos 32 sensores *strain gauges* na parte inferior da plataforma do viaduto se deu de acordo com a finalidade para a qual serão utilizados, apresentando assim uma nomenclatura individual. Assim como os sensores, os demais equipamentos foram posicionados conforme o sinal esperado em seu pleno desempenho. A Quadro 1 apresenta a descrição de função e de posição dos sensores e equipamentos.

Quadro 1 – Função e posição de instalação dos sensores.

Sensor	Função	Posição	Inclinação
WC	Medir as deformações resultantes dos esforços cisalhantes	Posicionados a 25 cm da extremidade da longarina	45°
WM	Responsáveis pela pesagem dos veículos através das deformações relacionadas ao momento fletor	Posicionados a 14 cm a partir da face lateral das longarinas, no meio do vão	0
FAD	Responsáveis pela detecção dos eixos dos veículos	Posicionados sob o tabuleiro, a 25 cm da viga de intertravamento central e centralizado entre longarinas	45°
Termopar tipo K	Monitoramento da temperatura da estrutura durante a coleta de dados	Posicionados a 25 cm da viga de intertravamento e da extremidade do alargamento da alma.	0
Detector de veículos	Detecção de veículos que trafegam sobre a estrutura	Posicionados a 25 cm da viga de intertravamento central e deslocado lateralmente em relação ao sensor FAD	0

A Figura 1 apresenta a posição em planta de cada equipamento e sensor. Os dois sensores termopares foram posicionados na parte central e na extremidade de uma longarina do viaduto, próximo ao aquisitor de dados. Para essa instalação, foi utilizada uma broca de espessura igual ao sensor, fazendo com que o sensor ficasse estático e em contato direto com a estrutura de concreto. Já os dois sensores de detecção veicular foram instalados no tabuleiro do viaduto, sendo um em cada faixa da pista de rolamento. Com relação aos sensores *strain gauges*, a nomenclatura utilizada é designada conforme sua finalidade, número de série e respectivo canal no sistema de aquisição de dados. Como exemplo, tem-se o sensor FAD7174.29, no qual FAD refere-se a sua finalidade de utilização (Quadro 1), 7174 é o número de série do sensor e 29 é o canal em que o sensor está conectado ao aquisitor de dados. O número de série foi mantido durante a instalação, pois cada sensor possui uma ficha técnica e um fator de calibração único. Dessa forma, a identificação dos sensores é necessária para o correto cálculo dos valores de deformação.

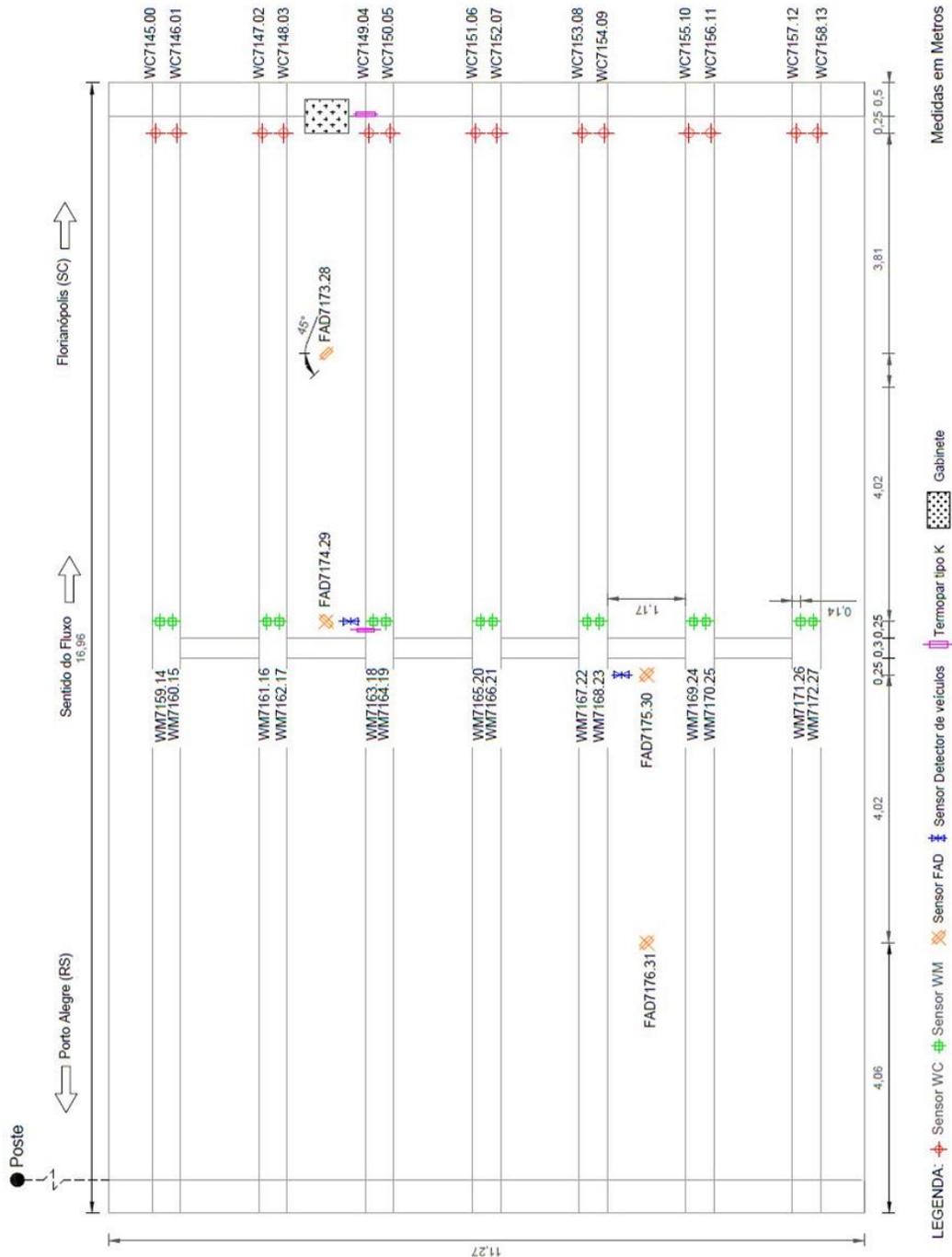


Figura 1 - Posição em planta dos equipamentos e sensores na OAE de Palhoça/SC.

3.2 Posicionamento dos Sensores

Segundo especificações fornecidas pelo fabricante, os sensores *strain gauges* que são destinados a permanecer por mais de 2 dias no local instalado devem ser fixados utilizando ancoragem do tipo mecânica (BDI, 2019). Os métodos mais usuais deste tipo de fixação

tratam da utilização de parabolts ou de chumbadores. O processo de instalação no viaduto foi realizado com parabolts de 1/4" de comprimento e 1 3/4" de diâmetro, e seguiu os cuidados quanto à inclinação dos sensores. A Figura 2 apresenta o procedimento de instalação de um sensor WC, responsável por medir as deformações resultantes dos esforços cisalhantes.



Figura 2 - Processo de instalação dos sensores WC.

Ainda sobre o processo de instrumentação, a Figura 3 apresenta a visão geral do viaduto após a fixação dos sensores em sua estrutura e anterior ao procedimento de cabeamento ser realizado. Em detalhe, também são apresentados outros equipamentos que compõem o sistema.



Figura 3 - OAE após a instrumentação dos sensores e equipamentos.

Após a instalação dos sensores e demais equipamentos na estrutura, estes foram ligados ao sistema de aquisição de dados, juntamente com os condicionadores de sinal e os equipamentos periféricos. A Figura 4 apresenta a visão final do gabinete com todos os equipamentos já instalados.



Figura 4 - Aspecto final do gabinete após a instalação de todos os equipamentos.

4 Prospecção dos Dados Coletados

Finalizado o procedimento de instrumentação de todos os sensores e equipamentos, foi iniciada a coleta de dados para posterior análise. O tratamento dos dados coletados exige cautela, uma vez que alguns procedimentos preliminares devem ser realizados, como, por exemplo, a calibração do sistema B-WIM. Embora grande parte do estudo apresente resultados somente após o processo de calibração e o pré-processamento dos dados, algumas considerações podem ser feitas com equipamentos independentes, como os sensores de temperatura ou termopares.

Os sensores de temperatura foram instalados nas longarinas da OAE em contato direto com o concreto, que não é um bom material condutor de calor. De modo a exemplificar os dados de temperatura coletados, alguns deles foram avaliados de forma conjunta com temperaturas registradas em uma superfície de pavimento asfáltico, que possui um grande potencial de variação de temperatura. A Figura 5 apresenta os dados coletados na OAE instrumentada, que correspondem às 24 horas de coleta do dia 18/02/2020, onde a temperatura máxima na Grande Florianópolis foi de 35°C. Como forma de comparação entre a distribuição diária da temperatura na estrutura de concreto com o comportamento da temperatura no pavimento asfáltico, os dados coletados no viaduto foram relacionados com a temperatura na superfície do pavimento asfáltico localizado em um trecho experimental na cidade de Araranguá/SC, coletados no dia 06/12/2019, apenas para visualização da amplitude das temperaturas sob o viaduto e no pavimento asfáltico.

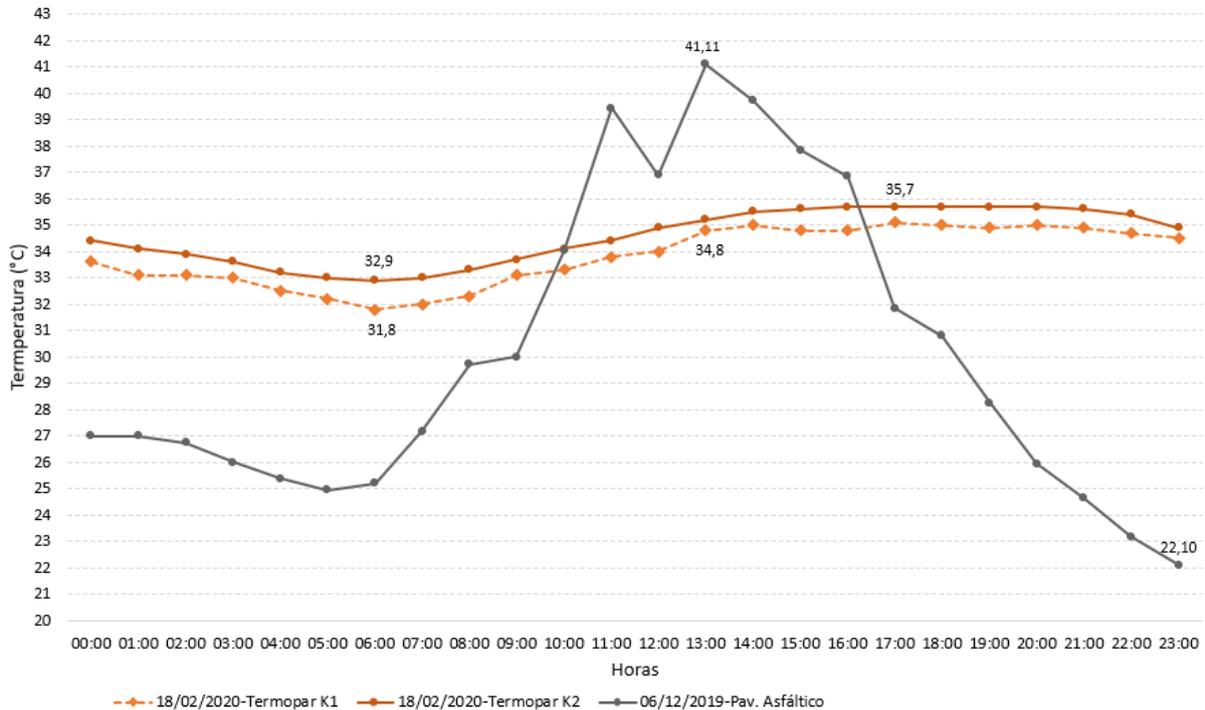


Figura 5 - Variação de temperatura na OAE e na superfície do pavimento asfáltico.

A partir da figura, pode-se perceber que há uma maior estabilidade na temperatura medida no tabuleiro da OAE, enquanto no pavimento asfáltico, há uma maior variação da temperatura ao longo do dia, especialmente no período de maior intensidade solar. Essa baixa oscilação da temperatura medida no viaduto ao longo do dia é benéfica à coleta de dados, uma vez que os sinais medidos pelos sensores *strain gauges* podem sofrer influência de grandes variações de temperatura. Desta forma, pequenas oscilações de temperatura garantem uma maior confiabilidade das deformações medidas.

Com relação aos dados coletados pelos sensores *strain gauges* em cada uma das posições, de acordo com a configuração no sistema de aquisição, os dados de deformação são captados a cada 1 milissegundo. Os procedimentos para o processamento e o tratamento de dados e para a aplicação da metodologia B-WIM ainda estão em desenvolvimento, logo, ainda não foram realizadas as análises completas dos dados coletados. Para exemplificar a etapa de pré-processamento de dados, na qual, a partir do sinal bruto coletado, são identificados e isolados eventos de passagem individual de veículos, a Figura 6 apresenta um trecho do sinal coletado pelos sensores no dia 09/09/2020. Nessa figura, a primeira imagem apresenta o sinal de deformação por flexão medido por um sensor WM instalado em uma das longarinas e na segunda imagem está apresentado o sinal dos sensores FADs instalados sob a pista da direita.

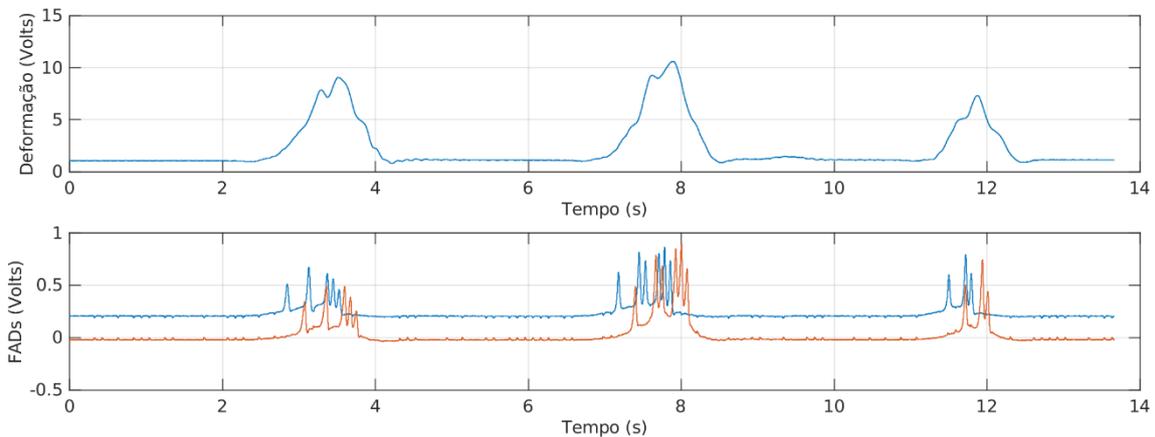


Figura 6 - Sinais obtidos com a passagem de veículos.

A partir da análise do sinal apresentado, é possível identificar a passagem de um veículo de 5 eixos (caracterizado pelos 5 picos presentes no gráfico dos FADs), seguido por um veículo de 6 eixos e, por fim, um de 3 eixos. Para esse intervalo coletado, em particular, percebe-se que os veículos estavam a uma distância suficiente entre si, o que possibilitou uma fácil identificação dos eventos de passagem e garantiu que o efeito da passagem do veículo anterior não interferisse no veículo subsequente. Dessa forma, na etapa de pré-processamento de dados é necessário o tratamento dos sinais de forma a isolar cada evento individual e, só assim, é possível aplicar a metodologia B-WIM propriamente dita.

De forma geral, o propósito da instrumentação da OAE com o sistema B-WIM descrito no decorrer deste trabalho é analisar as condições de estabilidade e de resistência da estrutura à medida em que ela está submetida ao tráfego normal. A metodologia que está em desenvolvimento a partir dos dados coletados pelos sensores utilizará uma abordagem mista entre informações dos veículos e de pesagem (PBT) e a avaliação através dos coeficientes de segurança da OAE. Assim, como prospecção dessa instrumentação, serão obtidos coeficientes de segurança e características estruturais importantes do viaduto, como Linhas de Influência (LI) reais; distribuição do carregamento de tráfego para diferentes componentes estruturais; e avaliação experimental do Fator de Amplificação Dinâmica (DAF), que corresponde ao efeito dinâmico do carregamento proveniente de cargas móveis do tráfego, dentre outras informações.

Mais abrangentemente, o sistema B-WIM, por meio da instrumentação de OAEs em serviço, pode auxiliar na garantia da segurança dos usuários ao trafegarem pelas rodovias e, mais ainda, há a possibilidade e o interesse em fornecer e auxiliar os órgãos competentes no monitoramento das pontes e viadutos, como, por exemplo, no auxílio à liberação ou não das emissões de Autorizações Especiais de Trânsito (AET) através dos dados estruturais obtidos com o uso de sistema B-WIM.

4 Considerações Finais

O sistema de pesagem B-WIM apresenta-se como uma nova tecnologia de grande impacto no monitoramento de rodovias e na manutenção das estruturas. Os sensores são reutilizáveis e de fácil instalação, além de não necessitarem de interdição da via para a instalação. A análise conjunta de dados provenientes do sistema B-WIM, como PBT, carga



Anais do
62º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2020
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

por eixo, classificação de veículos, contagem de tráfego, controle de velocidade e os dados estruturais de segurança das OAEs podem ser utilizadas pelos órgãos de controle de forma a otimizar a fiscalização e a segurança aos usuários.

5 Referências Bibliográficas

BDI, Bridge Diagnostic (2019). *Inc. ST350 Operations Manual*. Boulder. Estados Unidos da América.

CANTERO, D., GONZÁLEZ, A., (2017). Bridge damage detection using weigh-in-motion technology. *ASCE Journal of Bridge Engineering*, Volume 20, Issue 5, May 2017.

JUNGES, P. (2017). Análise de fadiga em pontes curtas de concreto armado a partir de dados de sistemas B-WIM. *Tese de doutorado*. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil.

MOSES, Fred (1979), "Weigh-in-motion system using instrumented bridges". *ASCE Transp. Eng. J.*, v. 105, n. 3, 233-249.

SCIENTIFIC, Campbell. (2008) *Inc. ST350 Strain Transducer Instruction Manual*. Canada.

Shinohara, K. J; Padaratz, I. J; Valente, A. M; Tani, V. Z e De Mori, F. (2019). Bridge weigh-in-motion (B-WIM) as the main tool for issuing special traffic authorizations (AETs) in Brazil. *8th International Conference on Weigh-In-Motion*. Prague.

VDC. (2000). A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems. *Vehicle Detector CLEARINGHOUSE*. Estados Unidos, 30 nov. 2000.

ZAG, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute (2012), "Report No. P 670/220/09-01 on SiWIM Measurements and Soft Load Testing Results on Palhoça Bridge in Santa Catarina, Brazil". *Department for Structures*. Ljubljana, Slovenia.

ŽNIDARIČ, A., LAVRIČ, I. e KALIN, J. (2008). "Measurements of Bridge Dynamics with a Bridge Weigh-In-Motion System". Proc., *International Conference on Heavy Vehicles*, Paris, France, 388-397.

ŽNIDARIČ, A., KALIN, J., KRESLIN, M., MAVRIČ, M., et al. (2016), "Recent Advances in Bridge WIM Technology", in Proc. *7th International Conference on WIM*, Foz do Iguaçu, Brazil.