

DESENVOLVIMENTO DE SENSORES PARA MEDIR FORÇAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

SALES, Náthally Vitoria Freitas¹; GONÇALVES, Marcella Luiz²; GONÇALVES, Guilherme Henrique Mota³; CRUZ JUNIOR, Aleones José da⁴; SALES, Maurício Martines⁵

¹ Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. nathallyvic@hotmail.com.br; ² Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. marcellaluiz23@gmail.com; ³ Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. guilherme.mg53@gmail.com; ⁴ Orientador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. aleones.eng@gmail.com; ⁵ Colaborador – Universidade Federal de Goiás - GO sales.mauricio@gmail.com.br.

RESUMO: Neste trabalho foram desenvolvidas instrumentações aplicadas a estruturas de concreto. O objetivo principal foi propor uma metodologia para confecção dos sensores: colagem dos extensômetros, montagem, e proteção do circuito. Uma ampla revisão bibliográfica sobre extensometria e instrumentação de elementos estruturais foi realizada, concomitantemente foram desenvolvidos sensores miniaturizados, na forma de ponte de wheatstone completa. Para tal foi definido o uso de extensômetros elétricos para construção dos instrumentos devido a sua adequada relação custo benefício. Os sensores foram confeccionados no campus Trindade do IFGoiano, utilizando critérios e procedimentos específicos para esta pesquisa. Como resultado foi desenvolvida uma sequência para a montagem do sensor, revisando práticas de colagem, e também foi obtida uma metodologia para a técnica de proteção do circuito mediante pesquisas bibliográficas e testes práticos.

Palavras-chave: Extensômetros elétricos. Fabricação de sensores. Proteção de sensores. Calibração de sensores.

INTRODUÇÃO

Pelos conceitos clássicos de resistência dos materiais, sabe-se que quando um corpo é submetido à ação de uma força externa sofre uma deformação, possível de ser mensurada enquanto o corpo permanecer em seu domínio elástico (HIBBELER, 2008).

Nas últimas décadas o procedimento conhecido como extensometria tem sido utilizada para obter informações, e monitorar as deformações as quais um corpo é exposto, sendo também útil para o desenvolvimento de medidas de precisão e transdutores aplicados como medidores de força, pressão e torque (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2013).

Existem diversos tipos de sensores, como: mecânicos, magnéticos, ópticos e elétricos. Neste último se enquadra o chamado *strain gage*, um extensômetro elétrico atrativo por sua versatilidade e precisão. Adolfo et al (2004) enumerou as vantagens oferecidas pelo *strain gage*, podendo ressaltar: Grandes precisões nas medições; Pequeno tamanho, peso leve; Excelente resposta aos fenômenos dinâmicos; Excelente linearidade; As medições possíveis em uma grande faixa de temperatura; Aplicáveis submersos à água ou em atmosfera corrosiva com

tratamentos adequados; Aplicados como transdutor para medida de várias grandezas físicas; e possibilidade de edição à distância.

Ao propor a fabricação de instrumentos para estruturas de concreto, além de com estes instrumentos obter respostas que confirmem ou refutem comportamentos de estruturas previstos na teoria, ainda será possível desenvolver a prática, e a melhoria na metodologia de construção de instrumentos.

Os instrumentos desenvolvidos foram miniaturizados afim de propiciar o menor custo na fabricação, e melhor acondicionamento ao longo do tempo, assim como menor perturbação na estrutura com sua instalação.

O objetivo foi construir instrumentos para monitoramento de estruturas de concreto, usando extensômetros elétricos, em protótipos miniaturizados, no formato de sensores em ponte *wheatstone* completa. Sendo feita uma ampla revisão bibliográfica sobre extensometria, e aplicações às estruturas de concreto, e desenvolvida uma metodologia para colagem, montagem da ponte, e proteção do circuito da ponte de *wheatstone*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os extensômetros que foram instalados nos materiais dos sensores tiveram disposição conhecida como ponte completa. Foram empregados os extensômetros do tipo roseta 90° de 120 Ω , específicos para alumínio.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos com instalação dos sensores em barras de aço no interior dos elementos estruturais, ou nas faces dos pilares. Estas metodologias tornavam o processo de colagem e proteção dos sensores um complicador para situações de aplicações em obras, devido ao tempo necessário para colagem, proteção e montagem do circuito (HOFFMAN, 2012).

Nesta pesquisa optou-se por resolver esse problema miniaturizando os sensores, porque assim foi possível confeccioná-los, e calibrá-los em laboratório e instalá-los rapidamente em obra. A parte cilíndrica do sensor foi feita em alumínio classificado como Liga 6351 da empresa Alumaticopper, e as outras peças são de aço inox galvanizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o processo de preparação do material do sensor o melhor procedimento apontado por revisões bibliográficas (HBM, 2015) foi: a) lixamento suave com lixa para ferro número 300; b) lavagem com água corrente para eliminar pó; c) limpeza com álcool isopropílico; d) aplicação de condicionador; e e) aplicação de neutralizador.

Para a colagem dos extensômetros foram usadas pinças, a cola foi aplicada na parte de trás da base do extensômetro e na área de colagem da própria barra. A secagem da cola ocorreu sob uma pressão aos extensômetros para garantir o contato com a barra, conforme mostrado na Figura 1. Os resultados mostraram que a cola Kyowa CC33A obteve resultados mais estáveis quando comparado com cola de secagem instantânea a base de cianoacrilato.



Figura 1 – Extensômetros colados na barra dos sensores.

Na proteção do sensor foi garantida que não ocorresse fragilização da isolação, e que a

umidade esteja ausente. Para tal o isolamento de todas as emendas foi garantido para evitar um curto circuito entre os terminais e entre estes e a peça de ensaio. Assim a metodologia de proteção dos sensores conseguida foi: a) Aplicar camada de resina de silicone sobre os terminais e extensômetros; b) Aplicar camada de cera de proteção sobre os terminais, extensômetros, e fios entre terminais; c) Aplicar borracha de silicone camada homogênea de espessura fina sobre toda a cera até contato com a barra. Na Figura 2 são mostradas as etapas de proteção.



Figura 2 –Proteção do circuito do sensor: (a) resina de silicone; (b) cera de proteção; e (c) borracha de silicone.

CONCLUSÃO

A metodologia para produção de sensores desenvolvida mostrou bons resultados quanto a estabilidade de sinais, isolamento, e durabilidade para os processos de colagem, montagem e proteção da ponte completa de *wheatstone*.

AGRADECIMENTOS

Ao IFGoiano campus Trindade por propiciar o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLFO, R. P.; CAMACHO, J.S.; BRITO, G. A. **Extensometria Básica**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. 2004. 45 p.
- BALBINOT, A.; BRUSAMARELO, V. J. **Instrumentação e Fundamentos de medidas, volume 2**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC. 2013b. 492 p.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7ª Edição. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro. 2008
- HOFFMANN, K. **An Introduction to Measurements using Strain Gages**. Darmstadt. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. 257 p. 2012.
- HBM – Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. **How to Form Strain-gage Bridges**. Manual. Darmstadt. 2015.