EXTENSOMETRIA APLICADA A SISTEMAS REVESTIDOS ADERIDOS: PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE INSTALAÇÃO

Tema: Métodos de ensaio
Grupo: 2

ELLEN S. S. DE MOURA[1], RENAN P. DE ANDRADE[2], FLÁVIO L. MARANHÃO[3]

[1] Universidade São Judas Tadeu/USJT, ellenssdm5@gmail.com
[2] Universidade de São Paulo/USP, renanandrade@usp.br
[3] Universidade de São Paulo/USP, flavio.maranhao@usp.br

RESUMO

Extensômetros, componentes elétricos capaz de medir pequenas deformações através da variação de uma resistência elétrica, ainda pouco utilizados nas áreas relacionadas da construção civil. Com o objetivo de analisar as deformações nas camadas que compõem os revestimentos com extensômetros, foram realizados testes com variáveis pré-definidas e técnicas de instalação, a fim de propor uma metodologia de aplicação que atenda as características das diferentes camadas destes sistemas. Assim, a preparação da superfície, escolha da cola e do tipo de extensômetro são indispensáveis para confiabilidade dos dados e é possível optar por um adesivo de menor custo para aplicações de curto prazo.

Palavras-chave: Strain Gage, metodologia, revestimentos aderido, extensômetro, instalação.

EXTENSOMETRY APPLIED TO COATED SYSTEMS ADHERED: PROPOSITION OF INSTALLATION METHODOLOGY

ABSTRACT

Extensometers, the components are able to measure small deformations through the variation of an electric current, although they are little used in the areas related to construction. With the objective of analyzing the deformations in the layers that compose the exercises with extensometers, the pre-defined variables and installation techniques were tested at the same time, with the objective of proposing an application methodology that meets the characteristics of the series in systems. Thus, choice of surface, choice of glue and extender type is indispensable for most data and it is possible to opt for a lower cost adhesive for short term application

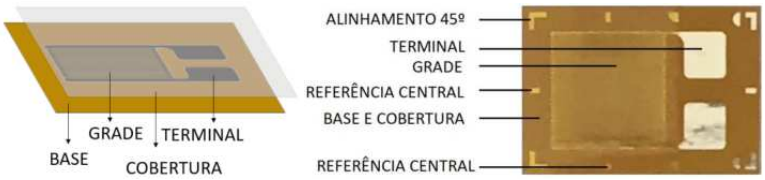
Key-words: Strain Gage, methodology, adhered coatings, extensometer, installation.

1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos aderidos apresentam inúmeras manifestações patológicas que influenciam diretamente no custo total e no planejamento da execução de suas restaurações [1]. Entre essas, destaca-se os desplacamentos de revestimentos em fachadas que compromete o desempenho da fachada do edifício e coloca em risco à segurança dos transeuntes.

Desse modo, analisar apenas as propriedades dos materiais que compõem o sistema não são suficientes para compreender as patologias, sendo necessário, em alguns casos, avaliar a interação entre as camadas que constituem o mesmo[2]. A fim de compreender o comportamento das diferentes camadas, que compõem os sistemas aderidos, busca-se técnicas alternativas para análises. Dentre essas, os extensômetros, apresentam eficiência para instrumentação dessas camadas[3]. Na Figura 1 observa-se as partes que constituem um extensômetro.

Figura 1 – Composição do Extensômetro: base (suporte flexível constituído normalmente de poliamida); cobertura (também conhecido como encapsulamento, pode ter aplicação para altas temperaturas, mas também pode ser empregada para proteção contra solicitações mecânicas, penetração de substancias agressiva e umidade[4]); terminal (ponto de junção para solda dos fios de ligação); grade (elemento resistivo com disposição de labirinto com formato normalmente de fio ou lâmina); referência de centro de grade e eixo de alinhamento 45º (responsável por auxiliar o posicionamento do extensômetro na superfície)



Fonte: Autoria Própria

Entretanto, encontra-se dificuldade na escolha de um extensômetro adequado para obtenção de resultados precisos, pois há uma grande variedade de tipos, marcas, aplicações e condições de uso[3]. Essa dificuldade decorre da falta de detalhamento das vantagens e desvantagens na utilização de cada modelo para materiais específicos.

No concreto, por exemplo, é utilizado frequentemente o adesivo de acrilato de metila de cura fria, esse preenche os poros existentes no material. Destaca-se na bibliografia[4] a importância da retirada dos desníveis, limpeza da superfície e escolha do tamanho do gride, devido a não homogeneidade do mesmo. Ainda para concreto, são utilizados sensores encapsulados para medir as deformações no seu interior. Já os vidros e porcelanas vitrificadas são utilizados adesivos cianoacrilato, acrilato de metila e resina epóxi de cura quente e fria, a limpeza é essencial e após a instrumentação o sensor pode ser retirado sem danificar o material[4].

Contudo, existe uma carência de subsídios para uma correta aplicação da extensometria para sistemas de revestimentos aderidos. Além da dificuldade para conseguir realizar as instalações e analisar os resultados apresentados [6]. A falta de especificações ou manuais de instalação praticamente impossibilita a utilização correta e corriqueira da tecnologia sem o auxílio de um técnico, visto que, a aplicação incorreta pode comprometer os dados obtidos.

Levando em consideração a necessidade de aplicação da extensometria em sistemas revestidos e a falta de material técnico brasileiro que dê subsídios para a sua instalação, foram realizados testes a fim de propor uma metodologia de execução que atenda as características das diferentes camadas desses sistemas.

2. METODOLOGIA

A metodologia proposta pode ser dividida em cinco etapas, mas antes de detalhar cada etapa é importante visualizar o processo como um todo. O fluxo de trafego do sinal pode ser visualizado na Figura 2. O extensômetro é instalado na superfície de interesse (a) e através dos fios de ligação (b) são conectados ao terminal (c). O terminal liga-se ao hardware de aquisição (e) através de um sistema de cabos (d) e por fim um software armazena as informações captadas (aquisitor) (f). Os dados armazenados no software podem mostrar a deformação específica (µm/m) do material, ou seja, a deformação medida por unidade de comprimento.

Figura 2 – Fluxo de tráfego do sinal.



Fonte: Autoria Própria

Essa metodologia focará na instalação do extensômetro (a). Os testes realizados para obtenção dos dados tiveram suas deformações induzidas através de uma fonte de calor (deformação térmica), essa foi constituída por uma lâmpada halógena, posicionada em painéis em frente aos protótipos. Esses apresentam dimensões de 2 metros de altura por 2 metros de comprimento com molduras de concreto e constituído internamente por alvenaria cerâmica, chapisco, emboço, argamassa colante e placa cerâmica. A escolha desse parâmetro deve-se ao fato dos revestimentos aderidos sofrerem, também, deformações através das variações térmicas do ambiente. Variações estas com grandezas pouco conhecidas quando aplicada a sistemas revestidos confinados em seu comportamento normal de trabalho e a sua compreensão auxilia na tomada de decisões.

Paralelamente, é importante salientar que para dinamizar a instalação e alcançar a qualidade dos dados, as etapas a seguir são necessárias, mas antes de inicia-las é importante dispor de uma superfície limpa, organizada e com todos os materiais disponíveis, pois a falta de equipamentos pode dificultar o processo.

2.1. Etapa I - Escolha do Extensômetro:

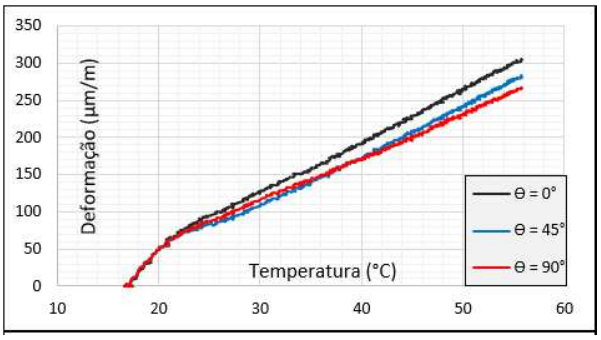
Com as referências disponíveis é possível definir características que facilitem a escolha do extensômetro que, para esse estudo é indicado um tipo roseta, usual para quando não se conhece a direção principal do estado de tensão[3].

Através dos resultados coletados da instrumentação das camadas com um extensômetro do tipo roseta (Gráfico 1), observa-se que em todas as direções existe um comportamento muito similar. Sendo assim, é possível considerar que o material analisado apresenta comportamento isotrópico e para instrumentação é possível optar pela escolha de um extensômetro unidirecional.

Devido a indução de calor para análise da deformação e tendo em vista que os sensores são compostos por materiais metálicos e poliméricos com especificações térmicas, os extensômetros são fabricados de modo que estas deformações sejam compensadas para cada objeto de análise. Entretanto, não existem modelos para todos os matérias, sendo assim busca-se o que mais se aproxime do coeficiente de dilatação do material estudado. Nesse estudo, os materiais estudados apresentam coeficiente de dilatação térmica de 6 a 10 x 10^{-6} m/°C, desse modo, foi utilizado o extensômetro com compensação para aço, que apresenta coeficiente de dilatação de aproximadamente $10{,}8 \cdot 10^{-6}$ m/°C[3].

Também foi optado por um extensômetro com: encapsulamento para altas temperaturas e fios de ligação integrados no extensômetro para facilitar a instalação e minimizar a possibilidade de comprometer o gride.

Gráfico 1 - Extensômetro do tipo roseta



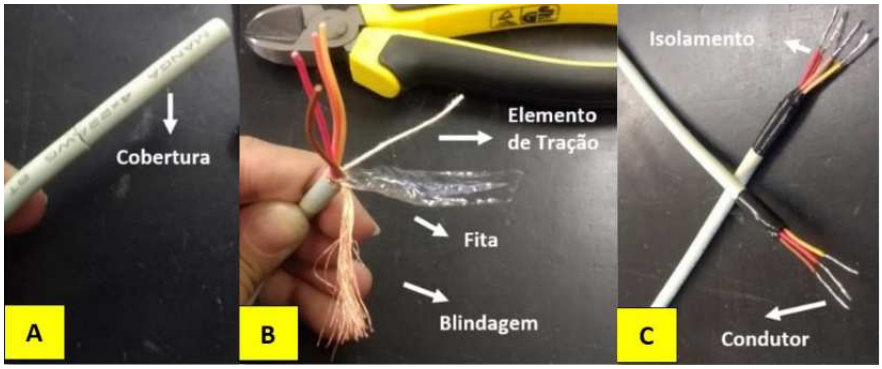
Fonte: Autoria Própria

2.2. Etapa II - Preparação dos cabos:

O cabeamento (d) é conectado a um sistema de aquisição no qual os dados são captados e armazenados (e). Esse sistema é configurado com ¼ de ponte de Wheastone em uma configuração de três vias, essa característica é usada para a compensação de efeitos de interferência do comprimento e aquecimentos dos fios[3][4].

Os extensômetros medem a tensão e essa é geralmente muito pequena, por esse motivo os prefixos fracionários padrão do sistema internacional são utilizados. Para a tensão é usual o micrômetro por metro (μm/m = 10^{-6} m/m)[3]. Desse modo, a interferência elétrica pode prejudicar o sinal gerado pelo sistema. Os cabos com blindagem são aptos para reduzir estas interferências, pois o "escudo" formado por essa é capaz de absorver os campos elétricos e transportar as cargas para o solo através de um sistema de aterramento (Figura 3b)[4].

Figura 3 – (a) Cabo; (b) cabo sem cobertura; (c) vias preparadas



Fonte: Autoria Própria

Além da blindagem, o cabeamento optado é composto por: condutor, responsável por levar o sinal do extensômetro ao sistema de aquisição (Figura 3c); isolamento de pvc para separar o condutor das vias adjacentes (Figura 3c); fitas de material não higroscópico responsável por manter as vias unidas (Figura 3b); elemento de força para melhorar a resistência a tração do cabo para que o mesmo não rompa com facilidade (Figura 3b) e cobertura de pvc, que oferece resistência a choques mecânicos e isolamento térmico (Figura 3a)[5].

Os cabos são preparados a fim de facilitar a etapa de instalação (Etapa IV). Inicialmente retira-se a camada de proteção contra impacto do cabo (Figura 3a) e prepara-se as pontas com solda para melhorar a fixação no conector, além de isolar as laterais com fita isolante para evitar o contato com materiais adjacentes e entrada de água (Figura 3c).

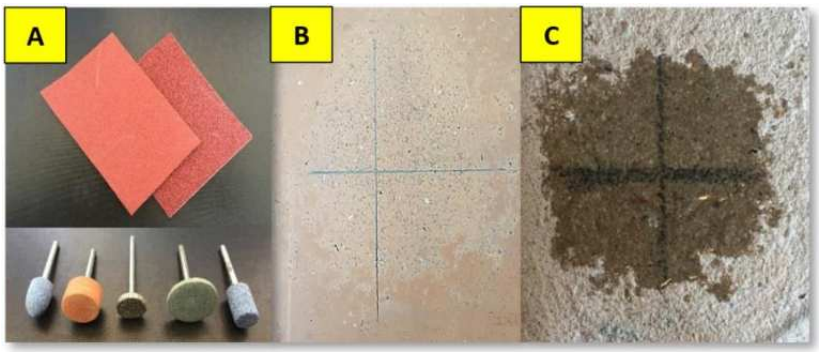
2.3. Etapa III - Preparação da base:

A preparação da base é indispensável, pois a falta de retificação pode impedir a ancoragem do extensômetro a superfícies muitos lisas e pouco porosas, o que implica no risco de descolamento do mesmo à medida que o sistema deforma.

A preparação dever ser realizada primeiramente com a retificação da superfície (Figuras 4b) onde será instalado o extensômetro, para retirar toda saliência que possa influenciar na aderência completa do mesmo a base. Nessa etapa, para auxiliar o processo, pode-se utilizar lixas e buchas (Figura 4a). Na sequência, há a necessidade de se realizar a limpeza da área com gaze e álcool isopropílico para a retirada de qualquer sujeira, poeira e evitar umidade,

pois o álcool comum possui em sua composição água, que umedece a área e prejudica a instalação.

Figura 4 – (a) Lixas para retificação; (b) base retificada e eixos de orientação; (c) camada de epóxi



Fonte: Autoria Própria

Após a limpeza, realiza-se a marcação dos eixos (Figuras 4b) que serão utilizados para orientar a colagem do extensômetro e novamente é feita a limpeza para retirar o excesso de grafite ou de tinta de caneta.

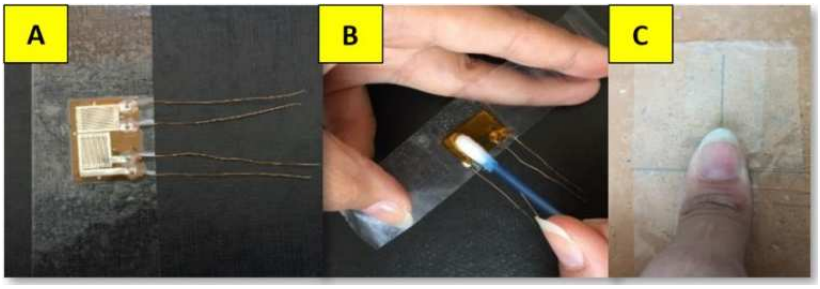
Após a etapa anterior, em bases porosas passa-se uma camada fina de epóxi (Figura 4c), essa deixará a superfície lisa, pois com o adesivo não é possível preencher os poros, devido sua baixa viscosidade[4].

2.4. Etapa IV - Instalação do extensômetro:

Em uma superfície limpa com álcool isopropílico e gaze, posiciona-se o extensômetro com a superfície de ligação voltada para cima e para facilitar a manipulação do sensor cola-se uma fita adesiva de modo que cubra toda base do extensômetro e ultrapasse aproximadamente 3 centímetros de cada lado (Figura 5a). Cola-se a fita antes do extensômetro e com o polegar desliza-se a fita até o extensômetro, evitando o surgimento de bolhas.

O extensômetro com a fita é retirado da superfície e é limpo com uma haste flexível de algodão embebido com álcool isopropílico (Figura 5b). Após a limpeza pinga-se uma pequena quantidade de adesivo e com a ponta da mesma espalhasse por todo o verso do extensômetro. Com os eixos de orientação demarcados (Etapa III) e com a referências do extensômetro (Figura 1) cola-se o mesmo na superfície. Para a total aderência do sensor, pressiona-se o mesmo com polegar durante 2 ou 3 minutos (Figura 5c). Devido as propriedades do adesivo, há a possibilidade de o mesmo colar-se na pele do aplicador [4], indicando-se assim o uso de um plástico de politetrafluoretileno durante a etapa anterior (Figura 5c). Após decorrido esse período, retira-se o polegar de cima do extensômetro, aguardando-se 10 minutos para retirada da fita adesiva e por fim, limpa-se novamente para eliminação de possíveis resíduos.

Figura 5 – (a) Posicionamento da fita no extensômetro; (b) limpeza da base; (c) fixação na superfície



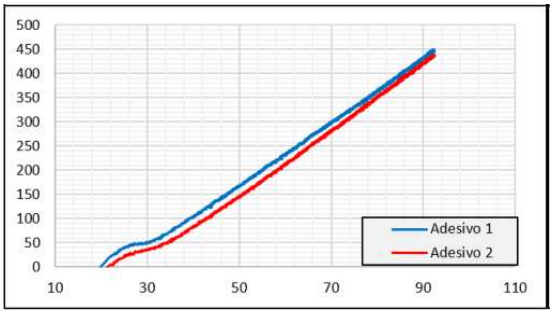
Fonte: Autoria Própria

As principais considerações que devem ser observadas para escolha do adesivo são: a base do extensômetro, superfície e temperatura de medição. Entre as alternativas disponíveis a mais utilizada em extensômetros é o cianoacrilato, pois são adesivos rápidos de cura fria[4].

É indispensável considerar a temperatura, dado que, existem adesivos com cura fria e cura quente, além de adesivos com diferentes temperaturas de trabalho. Nessa característica é preciso verificar o ambiente que será instrumentado, pois cada adesivo apresenta uma faixa de temperatura o qual é adequado [6].

Foram analisados dois adesivos um com menor e outro com maior custo, com os resultados obtidos (Gráfico 2) ambos apresentaram dados similares. No entanto, durante os ensaios verificou-se que, no decorrer dos muitos ciclos de aquecimento e resfriamento o adesivo de menor custo apresentou descolamento devido sua temperatura de operação de até 80°C (informação do fabricante), portanto é necessário levar em consideração tal característica quando trabalha-se com sistemas de longo prazo , pois a escolha incorreta pode afetar os dados coletados.

Gráfico 2 - Instalação com colas diferente



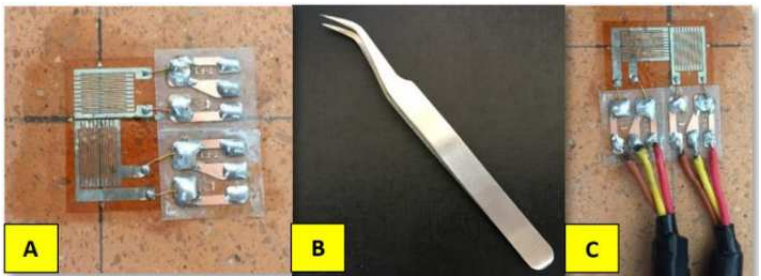
Fonte: Autoria Própria

O mesmo procedimento é realizado para colagem dos terminais. Após a secagem do sistema, pinga-se uma gota de solda em cada ponta do conector (Figura 6a) e com uma pinça antiestática (Figura 6b) para segurar os fios de ligação solda-se ao terminal (Figura 6a).

Após a soldagem dos fios de ligação aos terminais, corta-se com um alicate o excesso de fio (Figura 6a).

Os conectores são usados para facilitar a soldagem das vias, essas possuem bitolas de fio maiores em comparação aos terminais do extensômetros, sendo assim a soldagem direta poderia danificar o mesmo.

Figura 6 – (a) Finalização dos terminais; (b) Pinça; (c) finalização das vias



Fonte: Autoria Própria

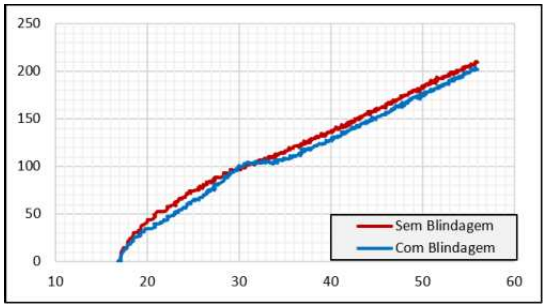
A penúltima etapa é a soldagem das vias aos conectores, realizado da mesma forma que os fios de ligação foram soldados aos conectores (Figura 6c).

2.5. Etapa V – Blindagem:

Por fim, realiza-se a proteção do sistema contra a água e choques mecânicos com epóxi. Desse modo, com o sistema finalizado é importante destacar que a blindagem deve passar no mínimo 1cm do extensômetro, pois a proximidade do epóxi com o sensor aumenta a probabilidade de penetração de água.

O Gráfico 3 confirma que a blindagem realizada para proteção do sistema após testes feitos em extensômetros com e sem blindagem com mesmo processo de instalação não influência nos dados captados.

Gráfico 3 - Instalação com blindagem e sem a mesma



Fonte: Autoria Própria

3. CONCLUSÕES

O presente trabalho expõe a aplicação da extensometria em sistemas de revestimentos aderidos. Conclui-se que metodologia com protocolos para instalação são necessários, a fim de minimizar a interferência nos dados registrados e garantir a confiabilidade no momento do ensaio. Conforme apresentado, há diversas características a serem analisadas. Visto que a extensometria parte do principio da colagem de um sensor sobre o material de análise, as condições da superfície e do adesivo de colagem são essenciais para a transferência das movimentações do material para o sensor. A fim de evitar a perda de dados por descolamento, mostrasse que para uma aplicação de curto tempo, um adesivo com custo menor pode ser utilizado sem impacto nos dados, porém, uma vez que o objeto de análise seja monitorado por elevados períodos, a durabilidade dos materiais constituintes do sistema pode ser decisiva. A preparação da base é inevitável a qualquer aplicação, pois essa trará maior confiabilidade nos dados captados e segurança contra falhas no descolamento. Além de todas as etapas, desde a limpeza até a blindagem, assim como os materiais adequados para facilitar a instalação e diminuir os impactos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, M.M.S.B. **Racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos.** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13528**: revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

3. HOFFMANN, K. An introduction to measurements using strain gages. Darmstadt: **Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH**, 1989.

4. KEIL, S. Technology and practical use of strain gages. Germany: **Ernst & Sohn**, 2017.

5. STARDARD-WIRE. Disponível em: <http://www.standard-wire.com/glossary_of_wire_cable_terminology _s.html>. Acesso em: 19/01/2019.

6. **HBM ACADEMY**. Curso de extensometria, São Paulo /SP.