

SENSOR DE TEMPERATURA SEMI-DISTRIBUÍDO BASEADO EM FIBRA ÓPTICA

Ciro Matheus de Lima Costa¹; Rafael Andrade Vieira²; Jessica Guerreiro Santos Ramalho³; Valéria Loureiro da Silva⁴

¹ Centro Universitário SENAI CIMATEC Graduando em Engenharia elétrica; Iniciação científica – Projeto SoftRobots; ciro.costa@fbter.org.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; rafael.vieira@fieb.org.br

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; jessica.ramalho@fieb.org.br

⁴ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; valeria.dasilva@fieb.org.br

RESUMO

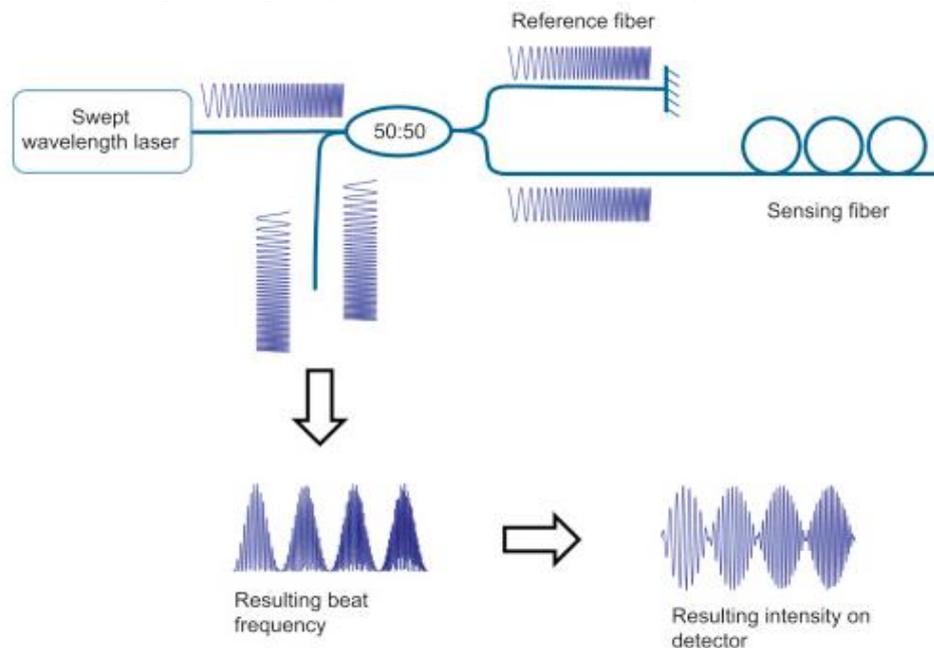
Utilizando reflectometria óptica no domínio da frequência (OFDR), é possível medir a deformação mecânica, que carrega consigo a informação da temperatura, de maneira distribuída ao longo de uma fibra óptica monomodo. O presente trabalho consiste em utilizar essa técnica para desenvolver um sensor de temperatura semi-distribuído capaz de ser integrado em uma plataforma robótica para inspeção de ambientes industriais. Foi implementado um método de separação da informação de deformação mecânica da informação de temperatura e subsequente calibração do sensor

PALAVRAS-CHAVE: Fibra óptica; Sensor; OFDR; Temperatura; Semi-distribuído.

1. INTRODUÇÃO

O estudo se baseia na técnica de interrogação de fibras óptica chamada reflectometria óptica no domínio da frequência (OFDR), a técnica consiste em mandar luz laser de comprimento de onda variável, também conhecido como *chirp*. À medida que o pulso viaja pela fibra, ele é parcialmente refletido por flutuações no índice de refração da fibra, oriundos do processo de manufatura e inerentes a qualquer fibra comercial. A luz refletida, ou retroespalhada, carrega informações sobre o estado da fibra no ponto onde foi retroespalhada. Essa informação é recuperada pelo equipamento interrogador e disponibilizada ao operador como um gráfico de retroespalhamento por posição na fibra (ou deformação por espaço). O processo está sendo ilustrado na figura 1:

Figura 1 – Diagrama genérico de funcionamento de um interrogador OFDR.



Fonte: ²Khadour et al.

O equipamento OFDR utilizado para interrogar a fibra óptica foi o ODISi produzido pela Luna inc. e pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – ODISi por Luna Inc.



Fonte: Luna inc.

Utilizando a tecnologia fibra de grade de Bragg (FBG), este conceito de sensor já possui presença estabelecida no mercado e, portanto, possui um TRL elevado como mostra ¹Bhaskar. Porém, devido ao custo do equipamento OFDR, essa tecnologia não possui a mesma presença comercial que o FBG para sensoriamento de temperatura. O uso desse método se torna justificado se o projeto já utiliza a tecnologia OFDR e pode adicionar o sensor de temperatura em cascata com outros sensores na mesma fibra.

2. METODOLOGIA

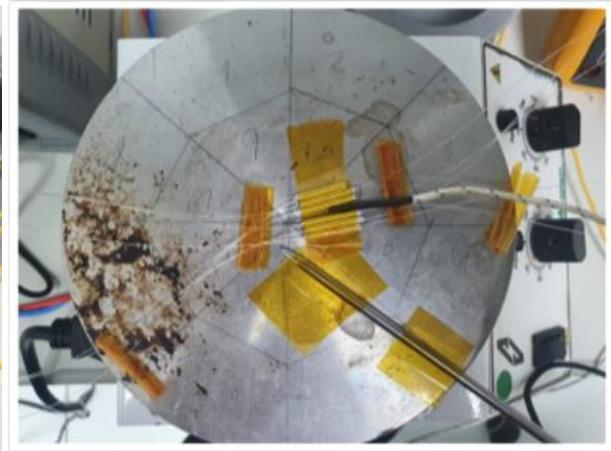
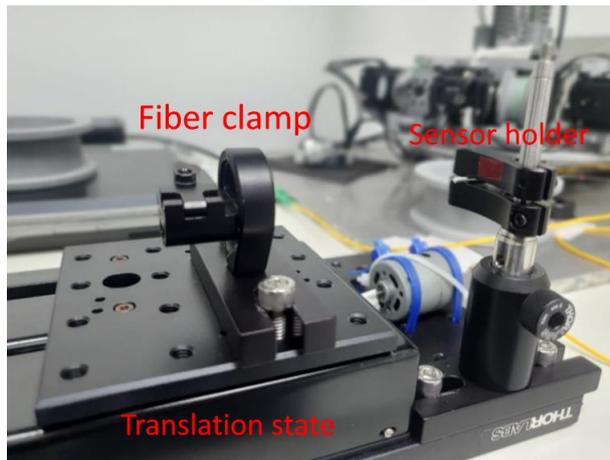
Como deformações na fibra óptica podem ser causadas tanto por um estímulo mecânico ou por dilatação térmica, a informação provida pelo interrogador não distingue entre a fonte da deformação. Isso torna necessário um método de separação das causas da deformação que seja inerente ao sensor. Para eliminar as deformações mecânicas causadas pelo contato do sensor com a superfície de teste, um pequeno tubo de alumínio com 2 cm de largura e 2 mm de diâmetro é utilizado como ponto de contato pois este não deforma e não permite a passagem do impacto para a fibra. Porém, ainda é possível que uma deformação causada fora do tubo metálico viaje para dentro do tubo pela fibra óptica. Para mitigar esse efeito, uma cola flexível de silicone foi utilizada. Um dos sensores pode ser visto na figura 3:

Figura 3 – Sensor de temperatura.



Para verificar qual a melhor cola utilizar na montagem do sensor, a montagem da figura 4a foi montado. A montagem permite realizar uma tração oriunda de um deslocamento de 0,1 mm na fibra alinhada com o sensor. Simulando o pior caso de transmissão de deformação pelo corpo da fibra para dentro do sensor. Para calibrar o sensor, a montagem da figura 4b foi montado. A montagem utiliza uma mesa de aquecimento de laboratório como fonte de calor. Os sensores e um sensor de temperatura do tipo termopar são afixados na mesa com fita Kapton™. Os sensores, então, são calibrados com o termopar.

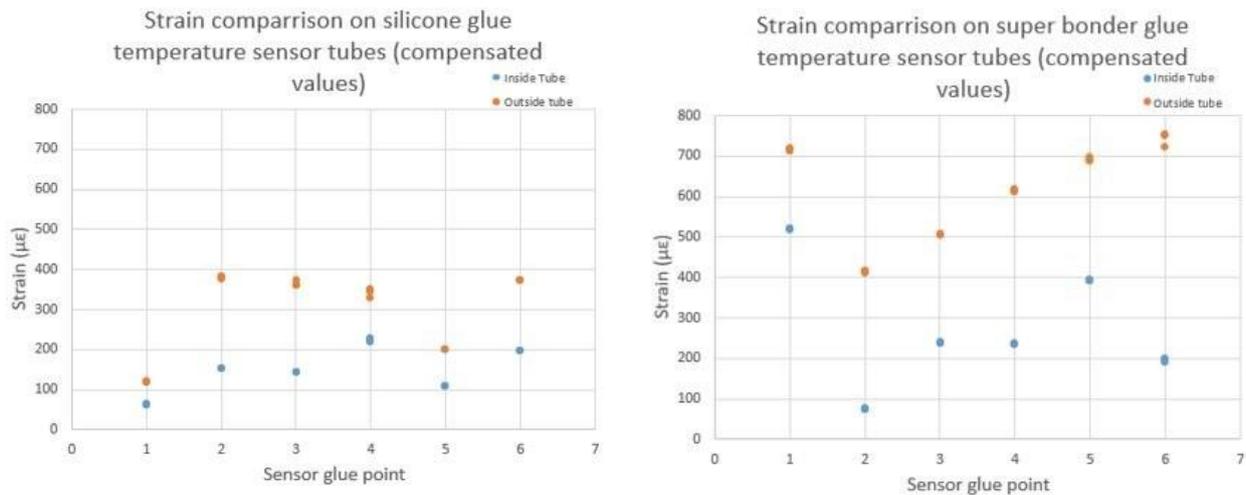
Figura 4 – a) Montagem para tração de fibra b) Montagem para calibração dos sensores.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de tração podem ser vistos na figura 5.

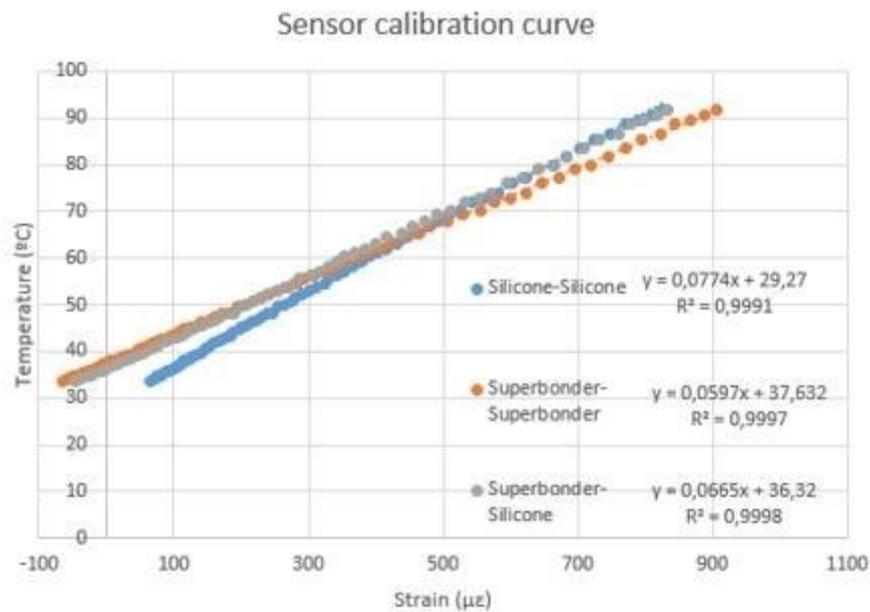
Figura 5 – Valores de deformação na fibra dentro e fora do sensor: a) Para a cola de silicone b) Para a cola super bonder.



Os gráficos mostram a comparação entre uma cola rígida (super bonder) e uma cola flexível (silicone) na sua capacidade de resistir à deformação transmitida pela fibra. Em valores absolutos, a cola de silicone exibiu os melhores resultados e, portanto, foi a escolhida.

Na Figura 6, é possível ver o resultado da calibração do sensor, cada um com uma combinação de colas.

Figura 6 - Gráfico de calibração de três sensores de temperatura.



O setup foi capaz de calibrar os sensores com o termopar como demonstrado pelo R² da regressão linear de mais de 99,9% em cada um dos casos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados expostos na seção anterior, é possível dizer que o conceito do sensor e a estratégia de caracterização foram bem-sucedidos. Porém, ainda faltam testes integrados em ambiente relevante para garantir a usabilidade do sensor.

Um método para acabar com o erro de medida induzido pela deformação que viaja pela fibra precisa ser desenvolvido em um trabalho futuro, uma possibilidade é um dispositivo capaz de acomodar uma seção de fibra na ocasião de uma compressão na fibra e fornecer uma seção de fibra na ocasião de uma tração na mesma. A possibilidade de *aliasing* espacial no centro do sensor também precisa ser investigada em um trabalho futuro, sendo necessário possivelmente aumentar o comprimento do sensor ou utilizar a tecnologia de FBG.

Contudo, esse conceito de sensor semi-distribuído é canônico na literatura e seu desenvolvimento deve ser continuado em um trabalho futuro.

Agradecimentos

Agradeço à Embrapii, Shell e ao projeto Softrobots por possibilitar a realização do presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

¹ BHASKAR, Chaluvadi V Naga. **Recent advancements in fiber Bragg gratings based temperature and strain measurement**, Results in Optics, Volume 5, 2021.

² KHADOUR, Aghiad. **Eco-Efficient Repair and Rehabilitation of Concrete Infrastructures**, Elsevier Ltd., 2018.