



USO DE GRADES DE BRAGG COMO SENSORES PARA O ENSINO DE TRAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Jones Monteiro Jacinto – jonesmonteirojacinto@gmail.com

Instituto Federal do Ceará

Endereço: Avenida 13 de Maio, s/n

60000000 – Fortaleza – Ceará

Renan Rabelo Soeiro – renan.ifce@gmail.com

Instituto Federal do Ceará

Endereço: Avenida 13 de Maio, s/n

60000000 – Fortaleza – Ceará

Mauricio Barros de Almeida Neto – mauricioban@gmail.com

Instituto Federal do Ceará

Endereço: Avenida 13 de Maio, s/n

60000000 – Fortaleza - Ceará

Paulo Vitor Ferreira Pinto – paulo.vitor@gmail.com

Instituto Federal do Ceará

Endereço: Avenida 13 de Maio, s/n

60000000 – Fortaleza - Ceará

Glendo de Freitas Guimarães – glendo@ifce.br

Instituto Federal do Ceará

Endereço: Avenida 13 de Maio, s/n

60000000 – Fortaleza - Ceará

Resumo: Este artigo descreve o uso de grades de Bragg em fibra óptica na detecção de alterações estruturais de concreto, onde é amplamente requisitado nas construções atuais para monitoramento e o uso de sensores de fibra óptica é um ponto forte, pois a imunidade eletromagnética e sua resistência a intempéries ambientais fazem deste um concorrente robusto aos transdutores elétricos e abre um estudo ainda pouco utilizado no aferimento de grandezas. Vale ressaltar que ainda possui a capacidade de ser muito mais sensível aos sensores atuais no mercado. Com isso usaremos a grade de Bragg, que se compõe de uma fibra óptica que possui ranhuras perpendiculares ao modo de propagação da luz na fibra.

Palavras-chave: Grades de Bragg, sensores de fibra óptica, estruturas de concreto.

1. INTRODUÇÃO

Diversas técnicas para a detecção de alterações de estruturas são descritas na literatura com o objetivo de monitorar a qualidade das mesmas. Uma categoria de sensores de deslocamento é a de fibras ópticas que possuem a vantagem de serem resistentes a temperaturas e ruídos eletromagnéticos, efeitos esses que causam imprecisão no aferimento da medida requerida. A equação (1) descreve o comprimento de onda de atuação da grade de Bragg em fibra óptica em função dos parâmetros da mesma:

$$\lambda_B = \frac{2\Delta n_{eff} L}{N} \quad (1)$$

A interação mais forte, que é o acoplamento mais intenso entre modos, ocorre no comprimento de onda de Bragg, ' λ_B ', na condição dita 'de casamento de fase', onde ' n_{eff} ' é o índice efetivo do núcleo da fibra (também conhecido como 'índice modal'), ' L ' é o período da grade e N é um inteiro que indica a ordem de interação entre modos.

A perturbação do índice de refração do núcleo de uma fibra óptica é uma estrutura periódica que age como um filtro rejeita-faixa. Assim, uma faixa espectral estreita de um campo óptico, incidente através de uma fibra, é refletida por espalhamentos sucessivos, coerentes, causados pelas variações do índice.

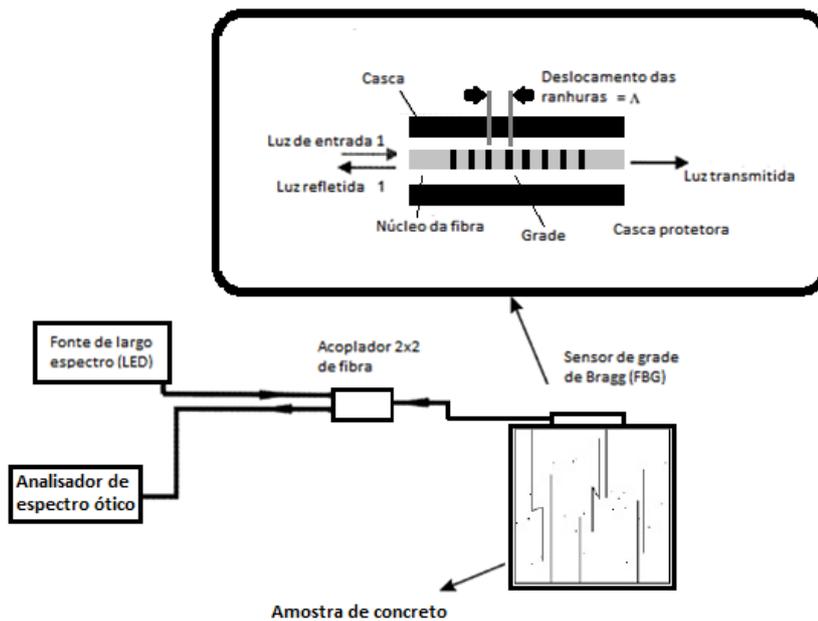
Cada reflexão, devida a uma crista na perturbação do índice está em fase com a próxima reflexão em λ_B e qualquer mudança nas propriedades da fibra, tais como deformação mecânica, temperatura, ou polarização, que altere o índice modal ou o período da grade, irá alterar o comprimento de onda de Bragg.

Sendo assim quando há uma dilatação da fibra, o período da grade é alterado, fazendo com que a faixa refletida seja diferente da inicialmente projetada. Uma calibração no dispositivo e conseqüentemente um dispositivo que detecte e relacione o respectivo comprimento de onda refletido pela grade de Bragg com a deformação transversalmente aplicada na estrutura que tem como base o sensor.

Com o nosso estudo para detecção de dilatação de estruturas de concreto conciliaremos a lei de Hooke para a elaboração da aferição da alteração de dilatação da estrutura, afim de medir a vibração e conseqüentemente seu desgaste da estrutura.

A figura 01 apresenta a estrutura utilizada para simulações numéricas. A figura apresenta a fonte de luz de banda larga (LED – Light Emission Diode), um acoplador óptico atuando como divisor de potência, uma grade Bragg em Fibra atuando como elemento sensor.

Figura 01



Para aplicar a teoria no estudo de alteração de dimensão do concreto utilizaremos a lei de Hooke na qual define que a razão do valor inicial com a variação do tamanho do material onde exprime a proporcionalidade existente entre tensões e deformações.

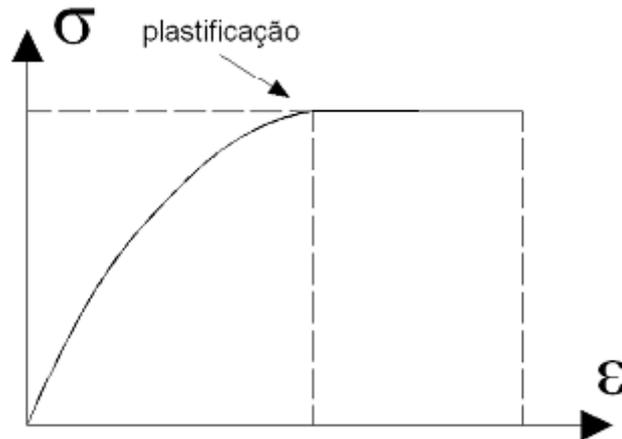
Para estudo definiremos o uso da seguinte formula:

$$\varepsilon = \sigma \cdot E \quad (2)$$

Onde σ é a deformação em pascal, E é o módulo de elasticidade longitudinal ou módulo de Young, e o ε é a deformação especifica de natureza adimensional.

No ensaio de tração fica comprovado que a continua aplicação de tração na estrutura de concreto, obedece ao regime exposto na figura 02, onde um limiar de plastificação é definido, pois o regime elástico do concreto já não é mais alcançado, implicando assim a ruptura da seguinte estrutura:

Figura 02



Observa-se que o ponto de nosso estudo é quando o concreto chega a condição plástica, fazendo com que a ruptura se concretize pois a elasticidade e a respectiva absorção da vibração em um eixo de propagação não é realizada.

Essa tração é que será objeto de detecção por parte da grade de Bragg que irá detectar essa alteração, sendo que será acoplada na respectiva estrutura de concreto.

Com isso a simulação do dispositivo concilia a respectiva grade de Bragg projetada com a equação de acoplamento descrita:

$$\frac{\partial A_f}{\partial z} + \beta_1 \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{i\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A_f}{\partial t^2} + \frac{\alpha}{2} A_f = i\delta A_f + i\kappa A_b + i\gamma(|A_f|^2 + 2|A_b|^2)A_f \quad (3)$$

$$-\frac{\partial A_b}{\partial z} + \beta_1 \frac{\partial A_b}{\partial t} + \frac{i\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A_b}{\partial t^2} + \frac{\alpha}{2} A_b = i\delta A_b + i\kappa A_f + i\gamma(|A_b|^2 + 2|A_f|^2)A_b \quad (4)$$

Sendo os modos de A_f o que passa pela grade de Bragg e A_b o que reflete na grade de Bragg, δ é a diferença entre as velocidades angulares da luz incidente com a contrapropagante:

$$\delta = \omega_0 - \omega_B \quad (5)$$

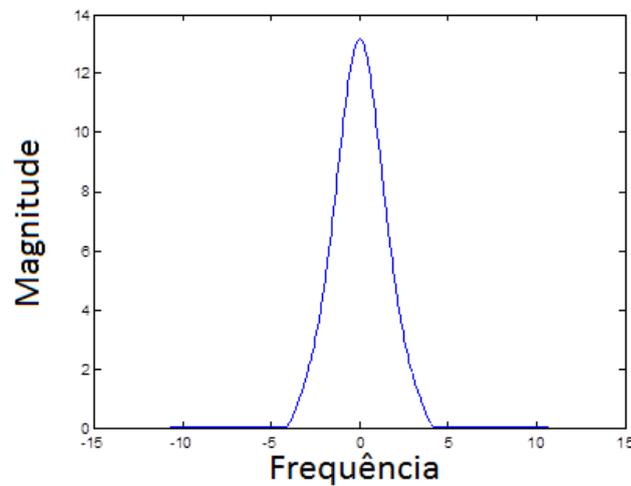
β é a dispersão de velocidade de grupo e γ é o parâmetro não linear que é dado pela formula:

$$\gamma = \frac{n_2 \omega_0}{c A_{eff}} \quad (6)$$

Sendo n_2 o índice de refração externo e A_{eff} é a área efetiva do núcleo da grade de Bragg e c a velocidade da luz.

O pulso de entrada é descrito abaixo:

Figura 03



A tração exercida sobre a fibra obedece a seguinte equação:

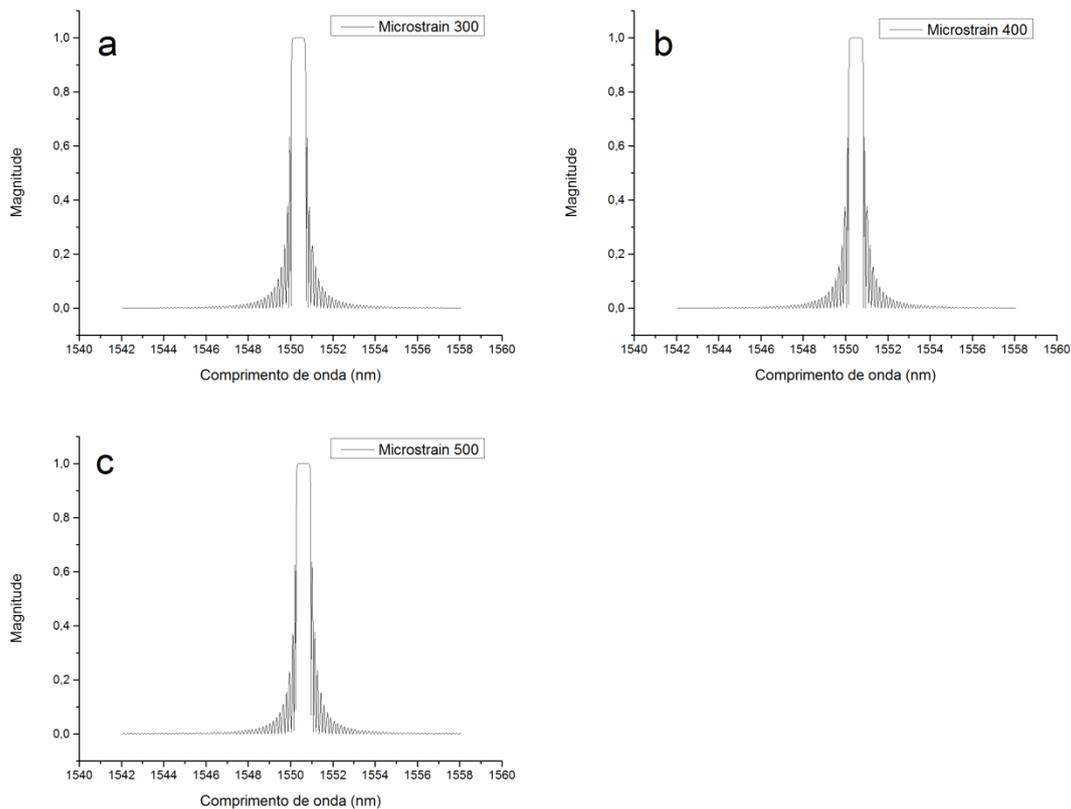
$$\Delta\lambda = \lambda b(1 - \rho_{eff})\varepsilon \quad (7)$$

Sendo ρ_{eff} um coeficiente de foto elasticidade próprio de cada fibra, onde a característica da composta de silício é igual a 0.1146, $\Delta\lambda$ é o espaçamento da largura de banda do sinal ótico.

2. RESULTADOS OBTIDOS

Depois da simulação, descrevemos três cenários, uma com a deformação aplicada à fibra da magnitude de 300 microstrain (figura 04-a), uma com a deformação aplicada à fibra da magnitude de 400 microstrain (figura 04-b) e uma com a deformação aplicada à fibra da magnitude de 500 microstrain (figura 04-c),:

Figura 04



Nota-se que no gráfico 4-a, tem-se um deslocamento de 0,382 nanômetros com a aplicação de 300 microstrain, no gráfico 4-b com 400 microstrain ressalta-se um deslocamento de 0,497 nanômetros e no gráfico 4-c com 500 microstrain detecta 0,613 nanômetros.

Quando há uma dilatação da fibra, o espaçamento da grade é alterado, fazendo com que a faixa refletida seja diferente da inicialmente projetada (1550 nm). Uma calibração no dispositivo e consequentemente um dispositivo que detecte e relacione o respectivo comprimento de onda refletido pela grade de Bragg com a deformação paralelamente aplicada na estrutura que tem como base o sensor.



Agradecimentos

Agradeço ao IFCE e ao grupo de fotônica onde fomentou toda a estrutura acadêmica necessária para a realização desse estudo que possa futuramente auxiliar nas pesquisas vindouras.

3. REFERÊNCIAS

ENRÍQUEZ, Daniel A. C. e GIRALDI ,Maria T. M. R. Caracterização e simulação de sensores ópticos baseados em grades de Bragg em fibra para medição de tração. Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Volume XXIX , 2012.

FRANCIS, T. S.; YIN, Shizhuo; RUFFIN, Paul B. (Ed.). Fiber optic sensors. CRC press, 2010.

KASHYAP, Raman. Fiber bragg gratings. 1ª edição, Elsevier, 1999.

KARRIS, Steven T. Numerical Analysis: Using MATLAB and Excel. Orchard Publications, 2007.

LAUK. T., YUAN, L. B. and ZHOUL. M. Applications of composites, optical fibre sensors and smart composites for concrete rehabilitation: an overview. Applied Composite Materials, 9,221–247, 2002.

R. M., ALAVIE, A. T., MAASKANT, R., OHN, M., KARR, S., AND HUANG, S., 'Bragg Grating Structural Sensing System for Bridge Monitoring', Proceedings of SPIE 2294, 53-60, 1994.

S. MELLE , K. LIU AND R. M. MEASURES "Strain sensing using a fibre optic Bragg grating". Proc. SPIE, vol. 1588, pp.255 -263, 1991



USE OF BRAGG GRATINGS SENSORS FOR STRAIN TEACHING IN CONCRETE STRUCTURES

Abstract: This article describes the use of the Bragg gratings in fiber optics in detection of concrete structural changes, where are widely require in actual constructions for monitoring and the use of fibber optical sensors is a relevant point, because the electromagnetically immunity and resistant for climate changes made this a strength concurrent of the electrical transducers and opens a study field that less exploring for survey of greatness. It is worth stressing that has a capacity to be able more sensible of the actually sensors in market.

Key-words: *Bragg gratings fiber sensors, concrete structures*