

## 6 Resultados

### 6.1. Resultados do experimento

Para realizar o experimento do sistema da figura 5.1 foi montado em bancada de laboratório o sistema mostrado na figura 6.1.

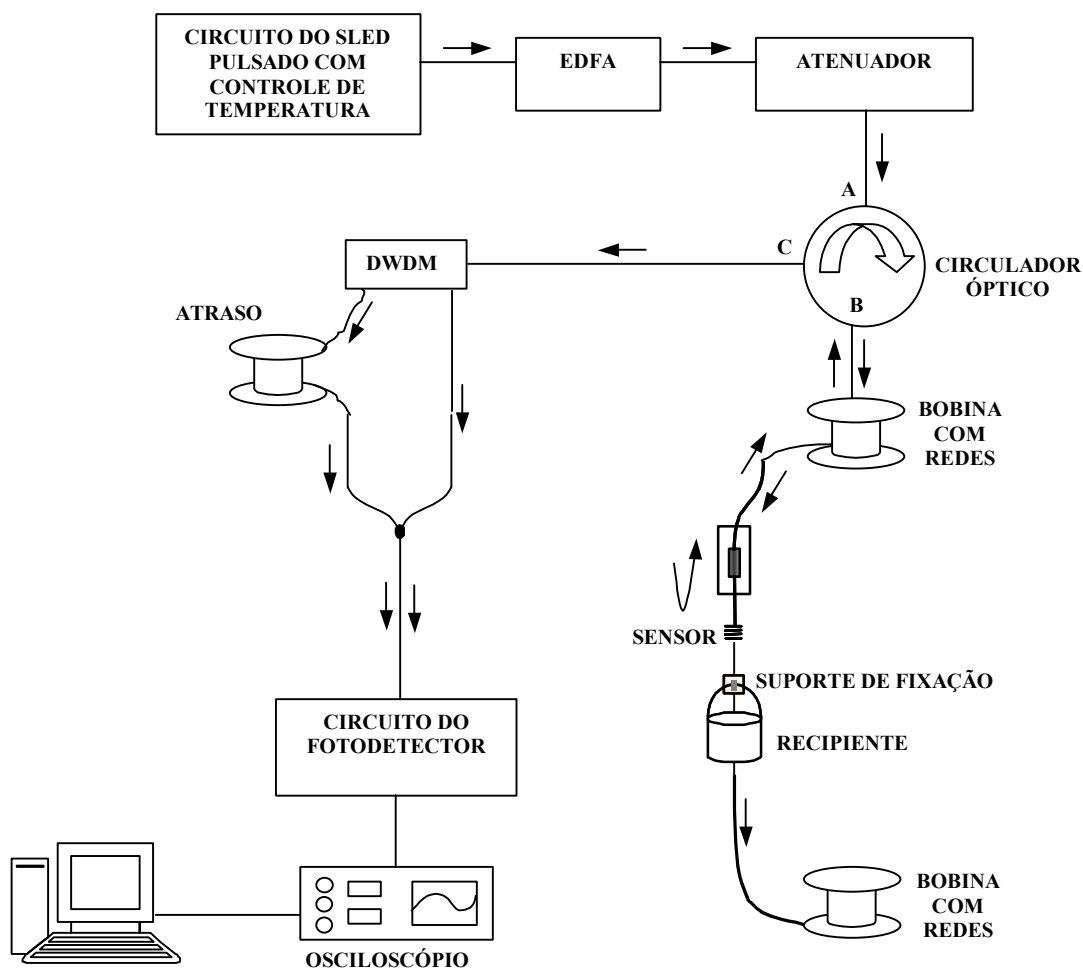


Figura 6.1 - Esquemático do sistema de interrogação de sensores de baixa refletividade montado em bancada de laboratório

Para realizar o deslocamento espectral dos sensores, a rede selecionada era fixada num suporte, como pode ser visto na figura 6.1. Embaixo da rede de Bragg,

era fixado um recipiente de 22,8 gramas que equivale a uma deformação na rede de 866,4 ppm, ou um deslocamento no comprimento de onda de aproximadamente 1 nm. Sendo assim, eram acrescentadas esferas de metal com 3 gramas cada, que equivale a uma deformação na rede de 38 ppm, ou um deslocamento no comprimento de onda do sensor de 0.046 nm. Conforme as esferas eram acrescentadas ao recipiente, uma tensão proporcional a massa presente no recipiente era aplicada ao sensor de prova, resultando em um deslocamento espectral do sensor. Através da equação (2.3), a deformação pode ser associada ao deslocamento no comprimento de onda do sensor.

Os sinais detectados pelos circuitos de detecção eram adquiridos e analisados através de um osciloscópio Agilent, com taxa de amostragem de 4.0GSa/s. Um exemplo da leitura do osciloscópio de um par de canais do DWDM referentes a uma família de sensores é mostrada na figura 6.2.

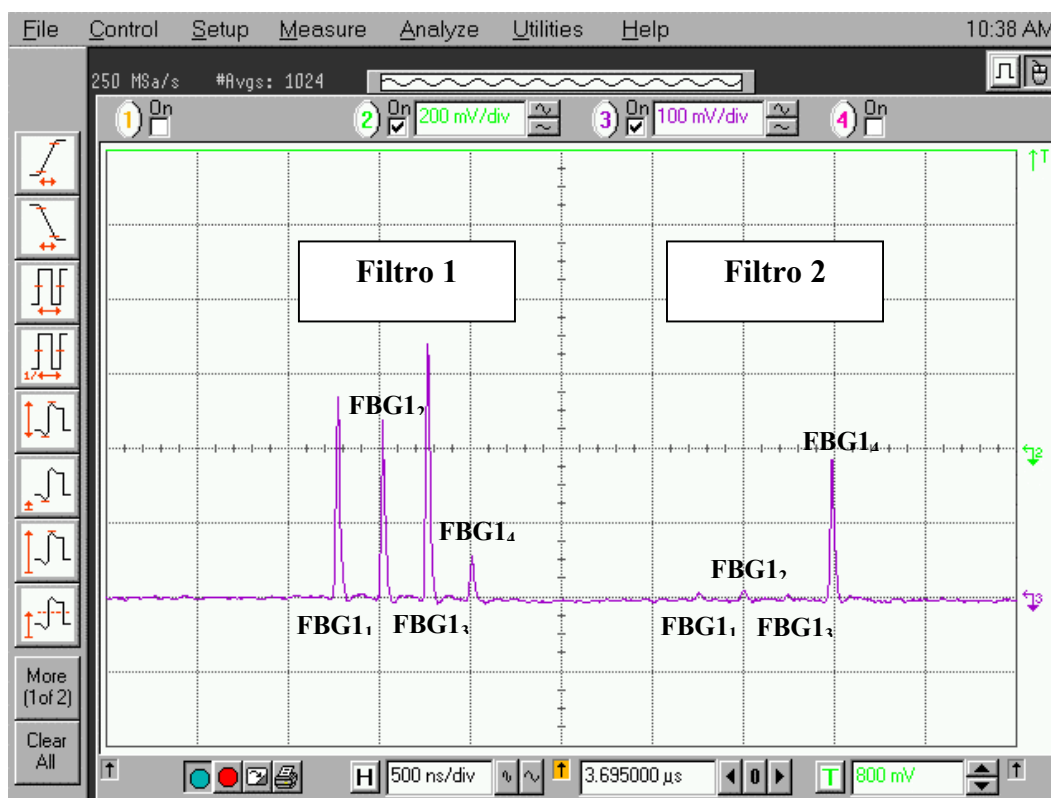


Figura 6.2 - Exemplo da leitura feita pelo osciloscópio de um par de canais do filtro DWDM para uma família de redes.

Conectado ao osciloscópio estava um microcomputador com um programa que realizava a leitura dos valores de pico das curvas presentes na tela do

osciloscópio. Desta forma podiam ser aquisitados as amplitudes em Volts dos sinais lidos pelos detectores, com valores proporcionais a superposição dos espectros de reflexão do sensor e de transmissão do par de canais do filtro DWDM selecionados.

Primeiramente foi verificado que dos cinco grupos de redes de baixa refletividade da bobina de fibra óptica, apenas os três últimos se localizavam espectralmente na faixa de operação dos canais do filtro do DWDM (figura 6.3). Sendo assim, foram escolhidos os canais do filtro DWDM que melhor se adaptavam ao espectro destas três famílias de redes para realizar o experimento de demodulação.

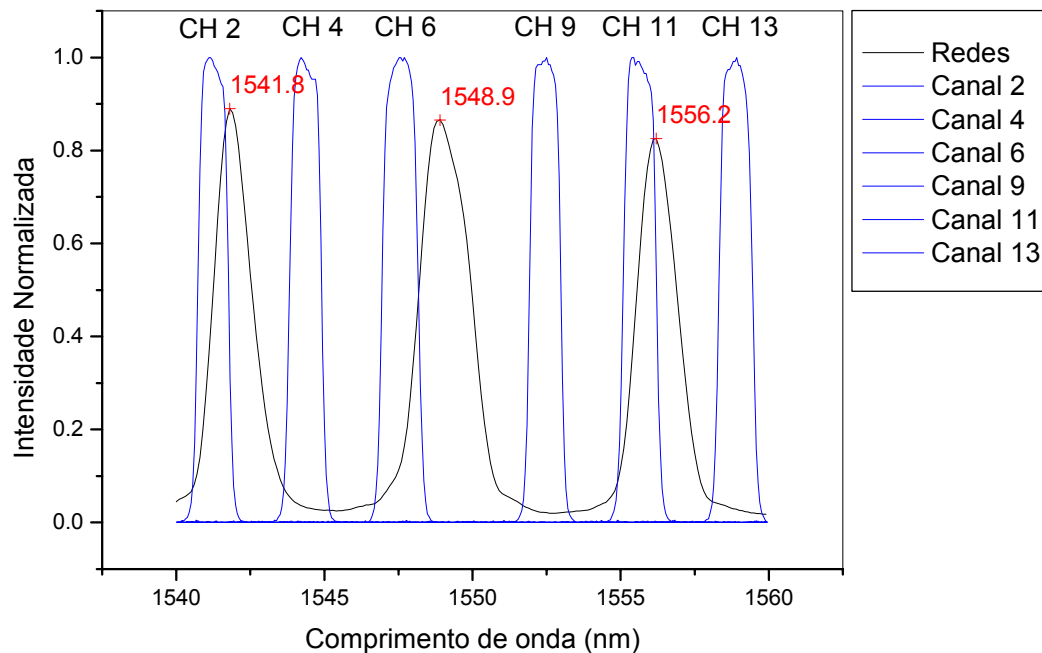


Figura 6.3 - Filtros do DWDM que melhor se adaptaram ao espectro dos sensores

A luz que passa pelos dois canais do filtro DWDM correspondentes a cada família de comprimentos de onda será detectada pelo mesmo fotodetector. Para que isto ocorra sem interferência entre os pulsos luminosos que são transmitidos simultaneamente pelos dois canais ao fotodetector, é necessário introduzir um atraso temporal entre os pulsos luminosos citados, o que é realizado por meio de uma diferença de comprimento entre os percursos na fibra óptica ligando cada um dos dois canais do DWDM ao mesmo fotodetector correspondente. Para que não

ocorra interferência relativa a superposição dos pulsos recebidos na detecção referentes , o atraso  $\Delta t$  deve ser:

$$\Delta t > 2\Delta\delta \quad (6.1)$$

onde  $\Delta\delta$  é a largura do pulso a meia altura gerado pelo detector.

Neste experimento, este atraso foi escolhido para permitir que as leituras dos sinais fossem feitas da forma mais limpa possível, sem interferências entre os pulsos lidos. Foi inserido um atraso de forma que, todos os pulsos referentes a um canal do par de canais selecionados para realizar a leitura de uma família de comprimentos de onda chegassem primeiro ao detector, e somente depois chegassem os pulsos referentes ao outro canal selecionado (figura 6.2). Está é uma opção que pode ser utilizada, caso não haja no sistema interrogado uma limitação espectral para que as leituras dos pulsos detectados sejam realizadas desta forma.

Uma outra opção mais interessante, que aumentaria a eficiência do sistema, seria que a chegada dos pulsos referentes a um sensor, provenientes de um par de canais do filtro DWDM, fosse consecutiva. Para que isto ocorra, o atraso de fibra  $\Delta t$  inserido em um dos canais deve ser:

$$\Delta t \sim \frac{d}{v} \quad (6.2)$$

onde  $d$  é a distância entre dois sensores no mesmo comprimento de onda em famílias diferentes, e  $v$  é a velocidade da luz na fibra (aproximadamente  $2 \times 10^8$  m/s).

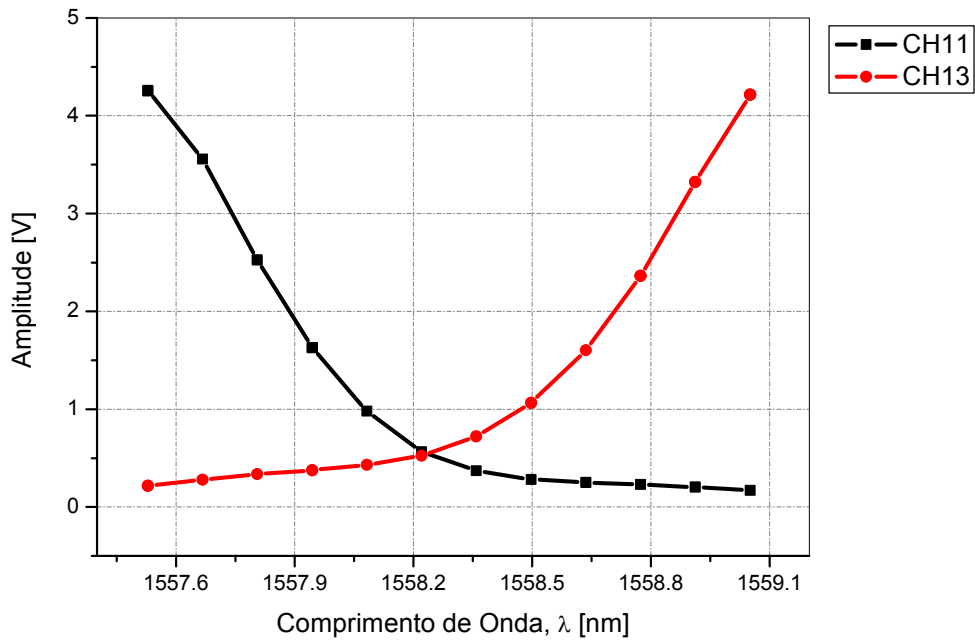
A razão entre os resultados da detecção dos sinais provenientes das duplas de canais do DWDM correspondentes a leitura de um sensor específico nos fotodetectores , confrontada com a calibração prévia do sensor, sinaliza o que está ocorrendo com o sensor interrogado.

Para verificar a funcionalidade da combinação das técnicas de multiplexação no tempo e no comprimento de onda, assim como a técnica de detecção utilizando filtros fixos foi aplicada, em diversas redes dos conjuntos de sensores de baixa refletividade interrogados, uma deformação com passos de 114

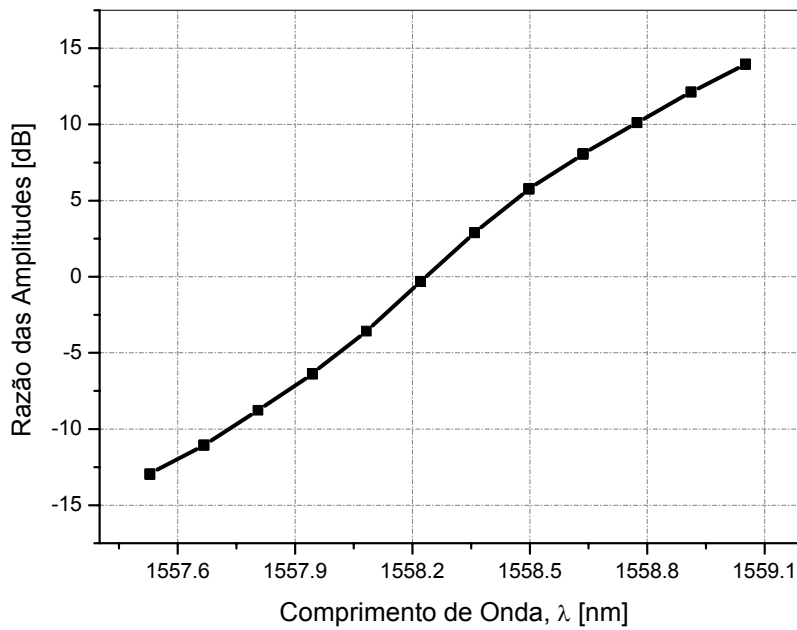
ppm, correspondendo a um deslocamento no comprimento de onda do sensor de 0.14 nm.

Primeiramente foi escolhido como sensor de prova o centrado no comprimento de onda de 1556,2 nm, do grupo 4. Para realizar sua análise, foram escolhidos os filtros do DWDM que melhor se adaptavam ao seu perfil espectral. Foram escolhidos então os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM (figura 6.3). As amplitudes lidas pelo detector são apresentadas no gráfico (a) da figura 6.4, assim como a razão da leitura nos fotodetectores (b).

Através da análise dos gráficos da figura 6.4, pode-se verificar a associação direta da deformação aplicada ao sensor com as amplitudes lidas pelos detectores.



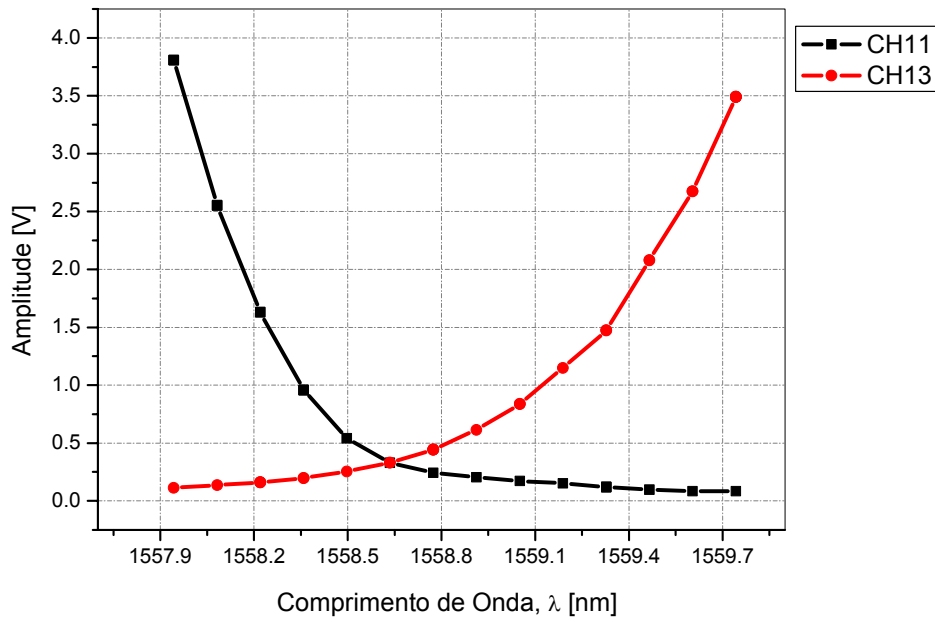
(a)



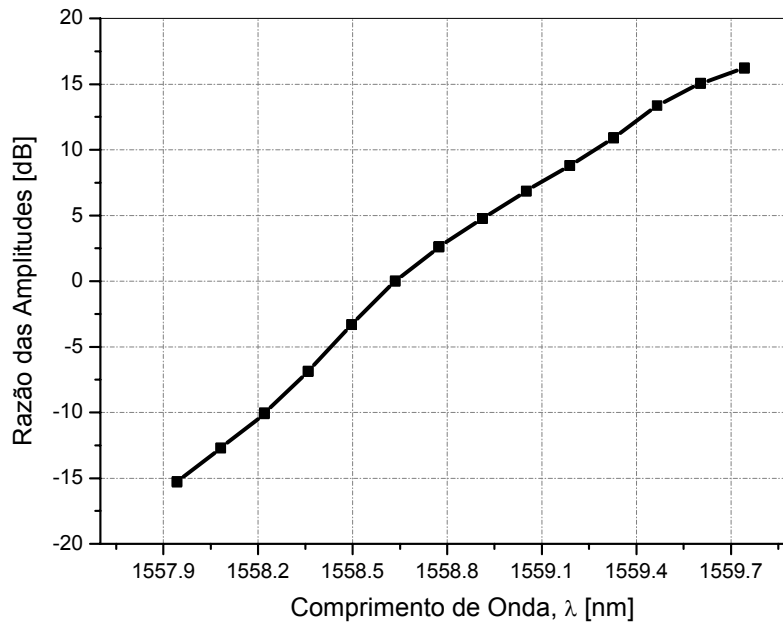
(b)

Figura 6.4 - Deformação aplicada ao sensor de prova o centrado no comprimento de onda de 1556,2 nm, do grupo 4: (a) as amplitudes lidas pelo detector; (b) a razão das amplitudes de leitura referentes aos filtros 11 e 13 do DWDM

Foi analisada a rede centrada no mesmo comprimento de onda em questão (1556,2 nm) mas agora sendo do grupo 3. As amplitudes lidas pelo detector e sua razão de leitura são mostradas no gráfico da figura 6.5.



(a)

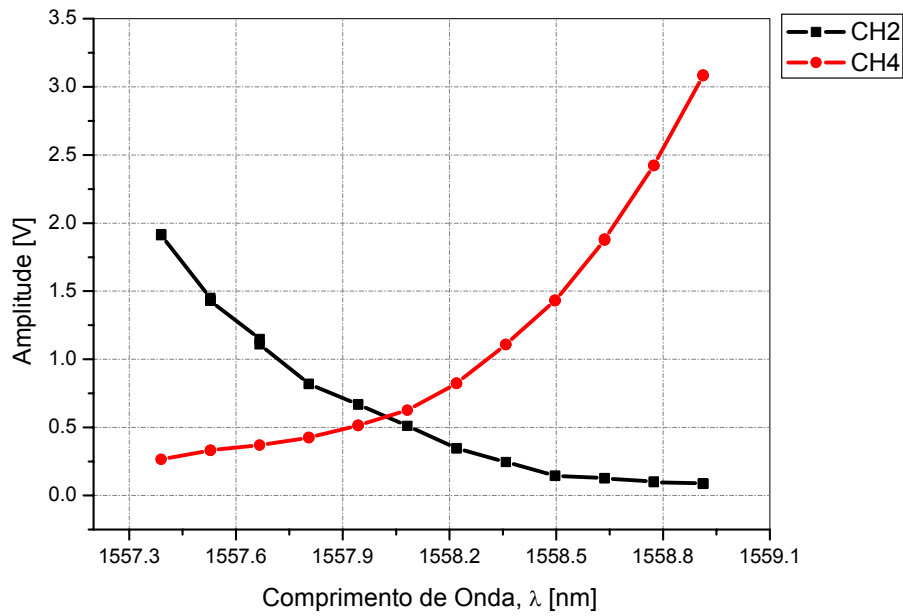


(b)

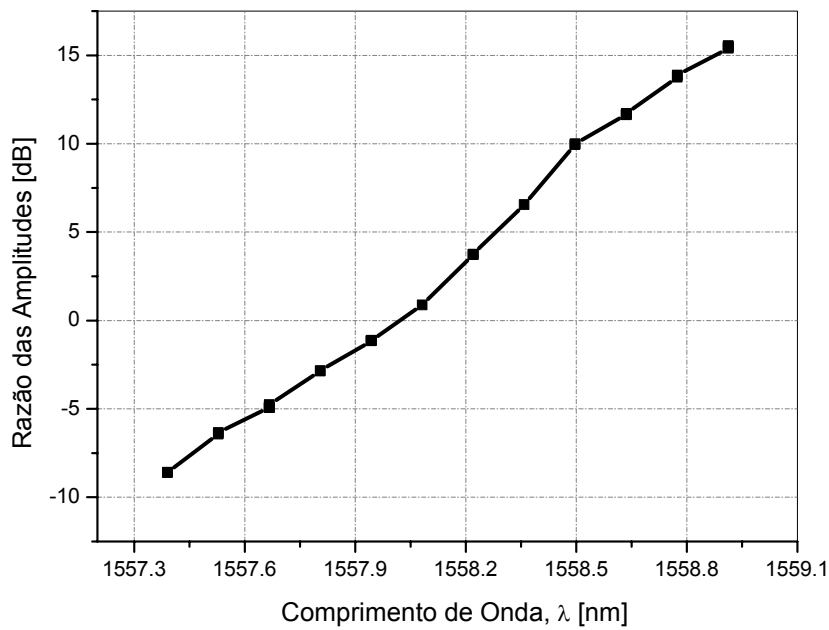
Figura 6.5 - Deformação aplicada ao sensor de prova centrado no comprimento de onda de 1556,2 nm, do grupo 3: (a) as amplitudes lidas pelo detector; (b) a razão das amplitudes em dB

Para testar agora a funcionalidade da técnica de multiplexação no comprimento de onda, foi escolhido o sensor centrado em 1541,8 nm do grupo 4. Os filtros escolhidos para este caso foram referentes aos canais 2 e 4 do DWDM. A posição espectral desta rede com relação aos filtros 2 e 4 pode ser verificada na

figura 6.3. As amplitudes dos sinais lidos pelo detector referentes à luz que atravessa os filtros 2 e 4 do DWDM, assim como as razões dessas amplitudes, são mostradas nos gráficos da figura 6.6.



(a)



(b)

Figura 6.6 - Deformação aplicada ao sensor centrado em 1541.8 nm, grupo 4 ; a) as amplitudes lidas pelo detector referentes à luz que atravessa os filtros 2 e 4 do DWDM; (b) a razão das amplitudes em dB



Para testar a reprodutibilidade e a repetibilidade dos dados aquisitados de um sensor foi realizada a repetição de testes com o sensor de prova centrado em 1556,2 nm do quarto grupo. Os resultados são mostrados no gráfico da figura 6.7.

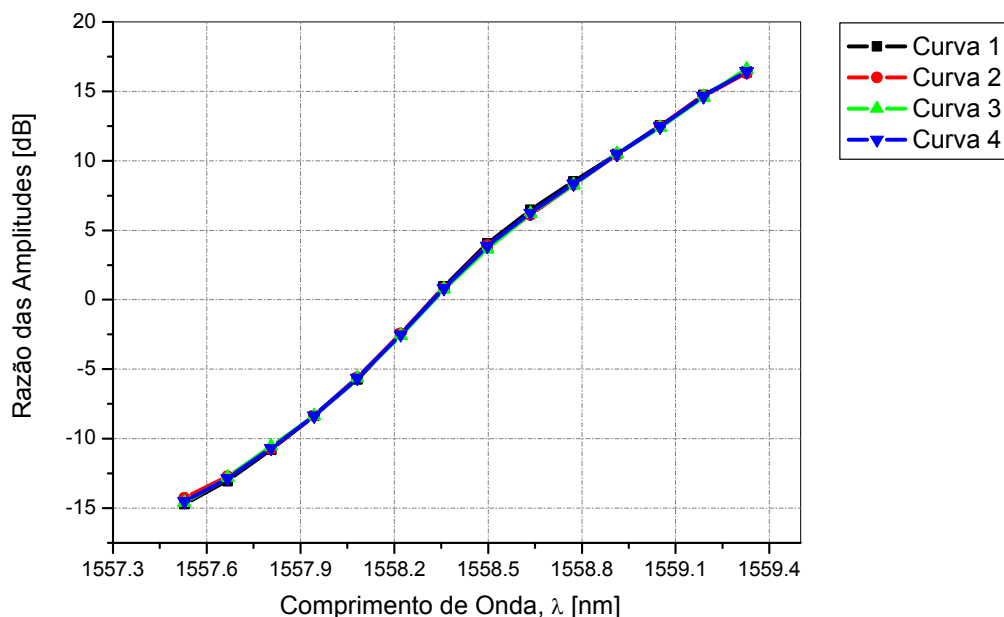


Figura 6.7 - Repetibilidade da razão das amplitudes referentes às leituras do detector para a deformação aplicada a rede centrada em 1556,2 nm (4 medidas realizadas)

Foi verificada uma repetibilidade bastante satisfatória na realização das medidas com o sensor de prova de 1556.2 nm do quarto grupo, mostrando a eficiência da técnica com relação à reprodutibilidade das medidas. O desvio típico entre as curvas foi de aproximadamente 4 pm. Para o pior caso, o maior desvio entre curvas encontrado foi de 19 pm.

## 6.2. Simulação de um grande número de sensores

Para simular a interrogação de uma grande quantidade de sensores foi inserido, antes da bobina com as redes de 0.8% de refletividade, um conjunto de 5 redes em 1556 nm, cada uma delas com aproximadamente 5% de refletividade e com FWHM de 0.4 nm. A refletividade das redes de 5% apresenta uma incerteza de aproximadamente 1%. O espectro das redes de 5% logo após sua fabricação é mostrado na figura 6.8. A introdução das 5 redes de 5% de refletividade equivale

à deformação espectral que seria introduzida por 64 sensores com 0.4% de refletividade. Foram escolhidas 5 redes com 5% de refletividade para que posteriormente estas sofressem diferentes deslocamentos espectrais forçados para simular diferentes situações com relação ao posicionamento espectral dos sensores.

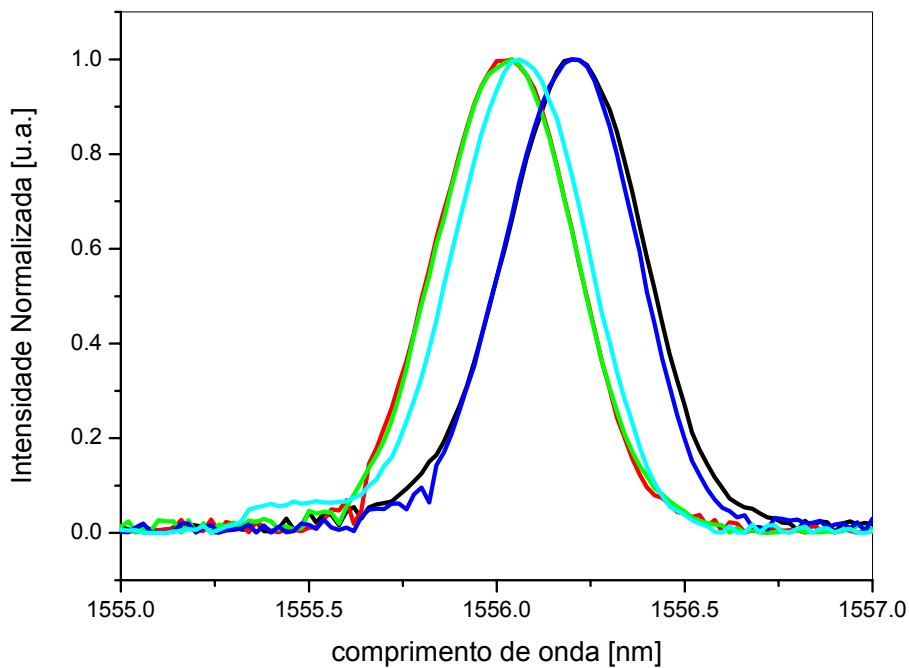


Figura 6.8 - Espectro normalizado das 5 redes de 5% de refletividade

Considerando uma possível situação onde todos os sensores anteriores ao sensor de prova tenham seu espectro deslocado, se concentrando próximos a um dos filtros fixos, gerando um distúrbio localizado, provocaria um aumento no desvio do comprimento de onda aparente. Esta situação seria o pior caso esperado com relação ao posicionamento espectral dos sensores anteriores ao sensor de prova em questão.

Sendo assim, a primeira configuração experimental realizada foi com as redes de 5% localizadas com seu espectro sobre a posição espectral do filtro do canal 11 do DWDM. A figura 6.9 mostra o espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade localizadas espectralmente sobre o filtro do canal 11 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

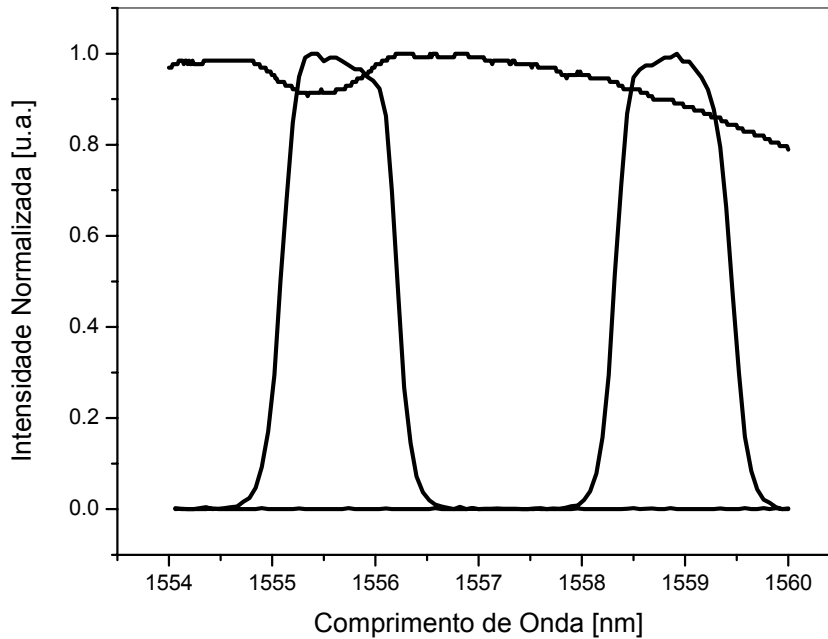


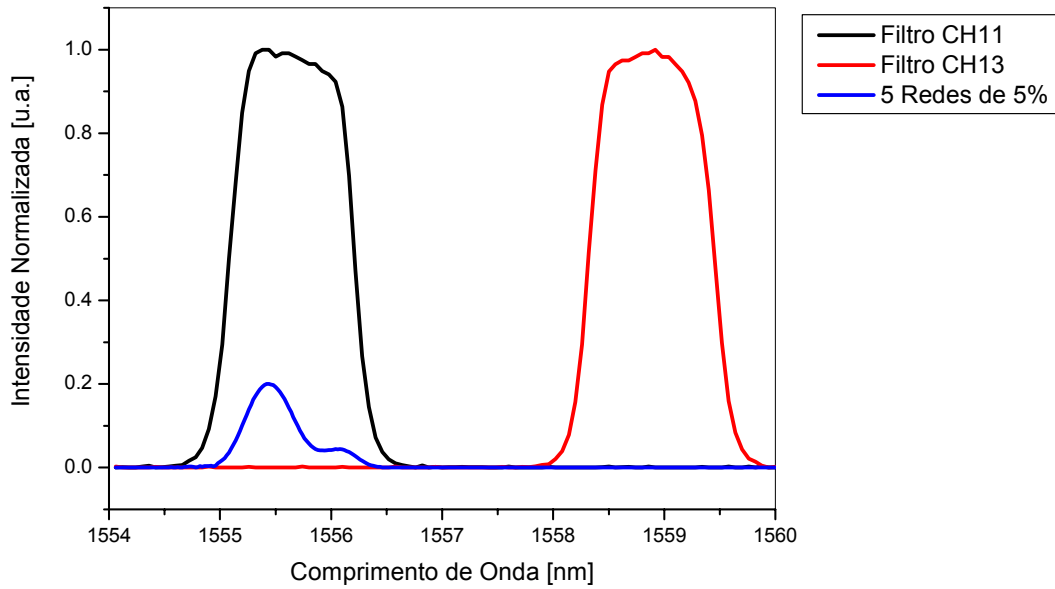
Figura 6.9 - Espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade localizadas espectralmente sobre o filtro do canal 11 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

Para realizar a análise dos resultados obtidos com o experimento foram realizadas simulações utilizando o software Matlab, onde o comportamento deste sistema era previsto. Nas simulações, os espectros dos sensores e filtros foram aproximados por curvas gaussianas. A figura 6.10 mostra os espectros reais e simulados das 5 redes de 5% e dos filtros 11 e 13 do DWDM para esta situação.

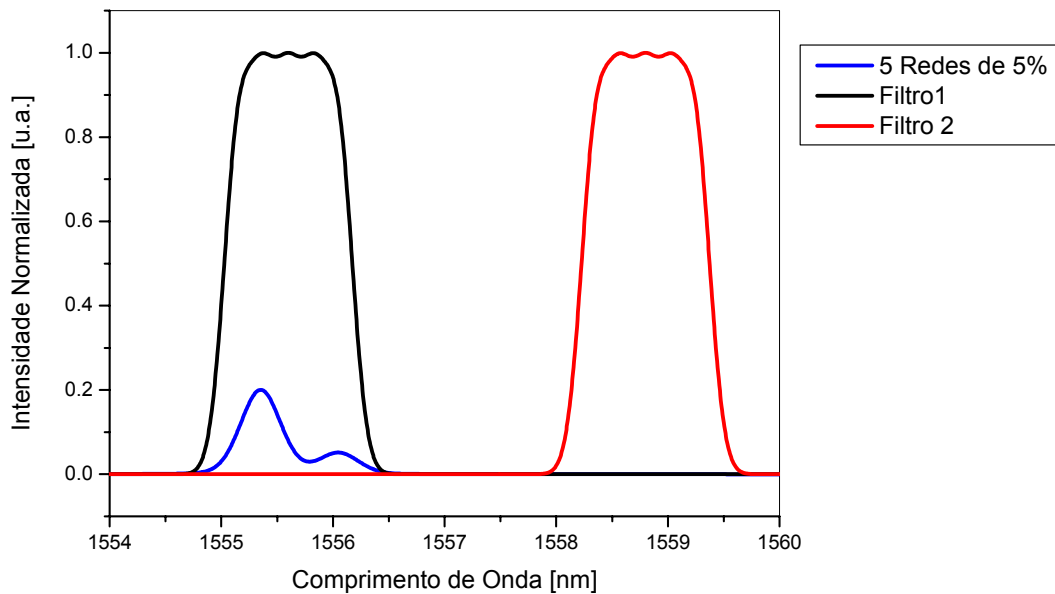
Os resultados experimentais desta situação, para a deformação da rede centrada em 1556.2 nm do grupo 4, são mostrados no gráfico da figura 6.11 (a). Nos gráficos das figuras 6.11 (b) e 6.11 (c) são apresentados os resultados simulados para esta mesma situação. Devido ao fato do sensor de prova estar em uma bobina com redes, não havia como isolá-la para obter seu espectro. Sendo assim, foi utilizada, nas simulações, um espectro aproximado para o sensor de prova, tendo como base o espectro de reflexão de uma família inteira de sensores com o mesmo comprimento de onda de Bragg. Isso justifica as discrepâncias entre os resultados experimentais e simulados.

A curva da função razão das amplitudes para este sensor, com as cinco redes de 5% de refletividade colocadas centradas espectralmente sobre o canal 11 do DWDM, encontra-se deslocada. O deslocamento máximo chega a 0,6dB da curva

da função razão das amplitudes do mesmo sensor sem as cinco redes de 5%. Este resultado foi previsto pela simulação apresentada pelos gráficos das figuras 6.11 (b) e 6.11 (c). Nas simulações o deslocamento máximo é de 0.39dB.

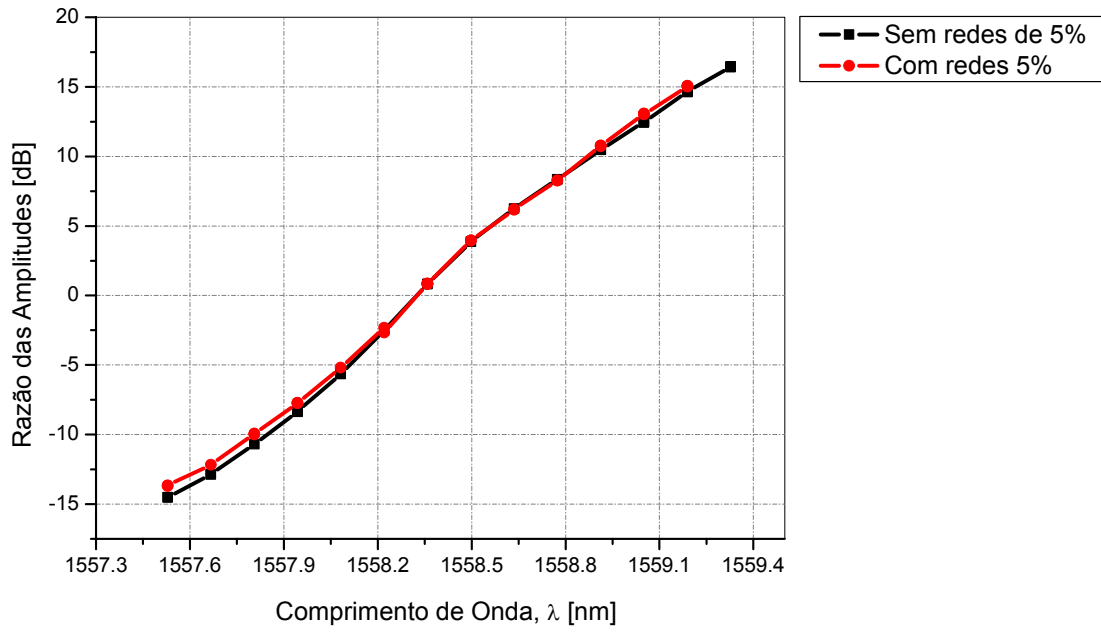


(a)

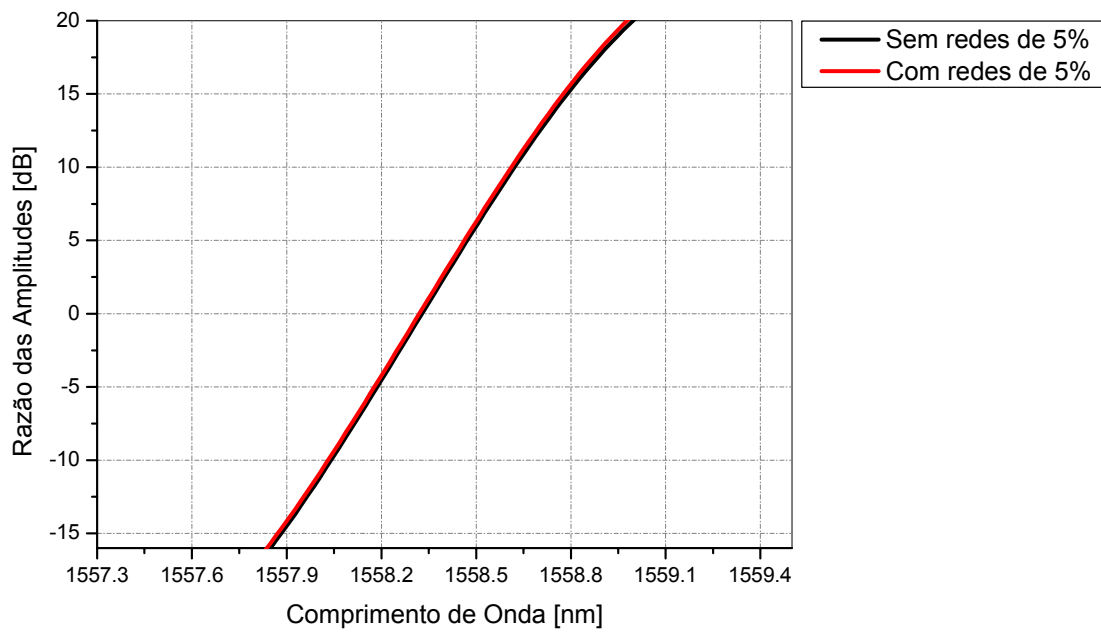


(b)

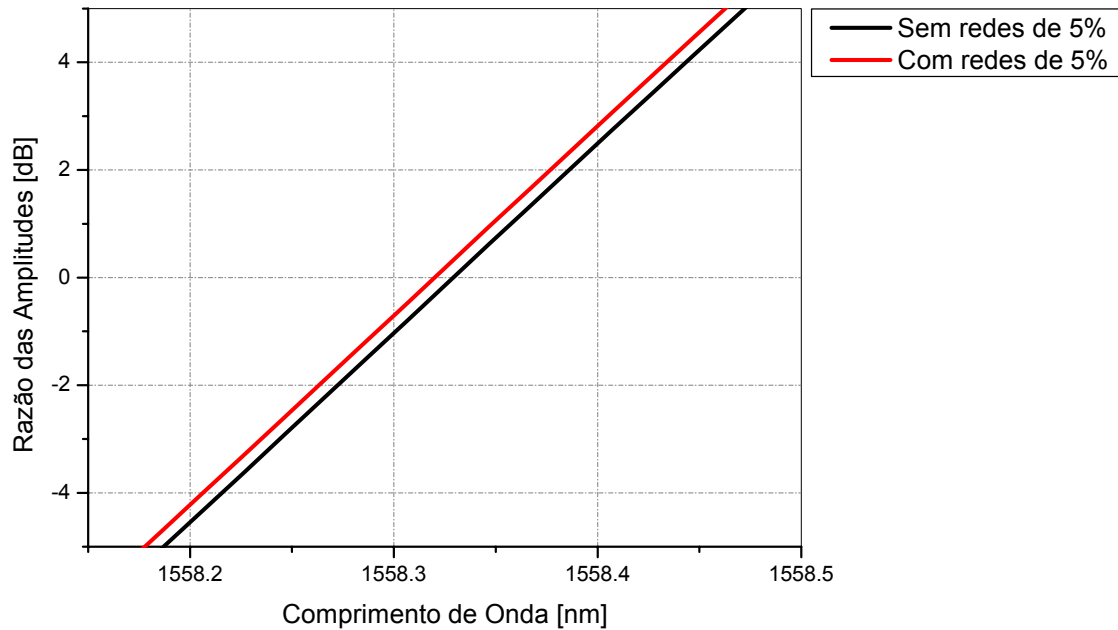
Figura 6.10 - Espectro das 5 redes de 5% localizadas espectralmente sobre o canal 11 do DWDM e o espectro dos filtros 11 e 13 do DWDM: (a) Espectros reais; (b) Espectros simulados.



(a)



(b)



(c)

Figura 6.11 - Razão das amplitudes lidas pelo detector, com 5 redes de 5% espectralmente localizadas sobre o canal CH11 – (a) experimental; (b) simulação; (c) zoom da simulação

Para realizar a análise deste resultado deve-se recorrer aos resultados apresentados no gráfico da figura 3.15. Através deste gráfico pode-se verificar que quando os sensores anteriores ao sensor de prova têm o espectro de modo a ter comprimentos de onda mais próximos a um dos filtros fixos, gerando uma deformação no espectro da fonte, localizada próxima a este filtro, ocorre um aumento no desvio do comprimento de onda. Embora o sistema de filtros fixos ser pouco sensível a deformações na forma espectral do sensor, uma pequena alteração na função razão foi detectada. Na simulação, foi encontrado um desvio  $\Delta\lambda$  máximo de 20 pm, enquanto que no experimento o maior desvio  $\Delta\lambda$  encontrado foi de 45 pm.

Considerando agora uma outra possível situação onde todos os sensores anteriores ao sensor de prova tenham seu espectro deslocado, se concentrando entre os filtros fixos, gerando um distúrbio localizado mas diminuindo a influência na leitura dos filtros, isso provocaria uma diminuição no desvio do comprimento de onda com relação à situação anterior.

A situação simulada experimentalmente foi com as redes de 5% deslocadas para ficarem espectralmente centradas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM. Isso foi realizado aplicando-se uma deformação igual para todas as redes de 5%. A figura 6.12 mostra o espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade espectralmente centradas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

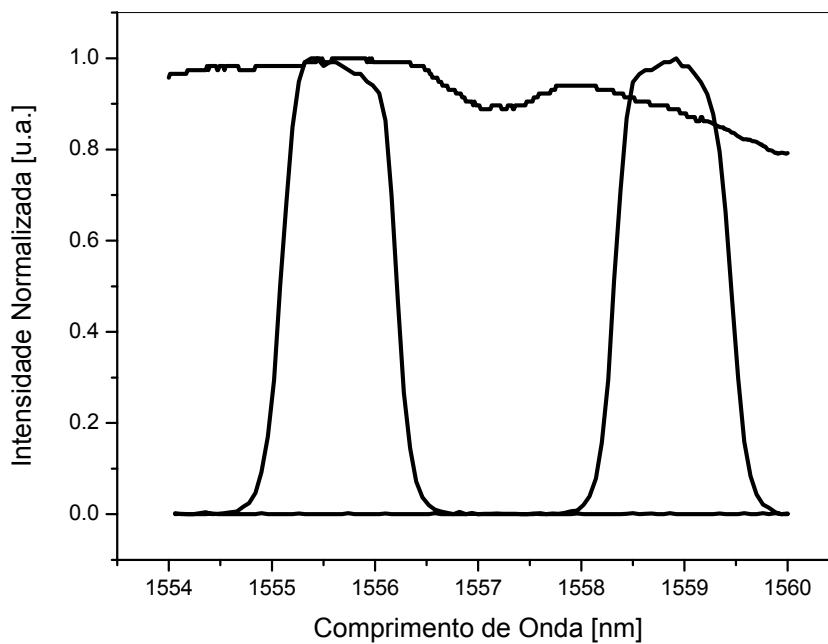
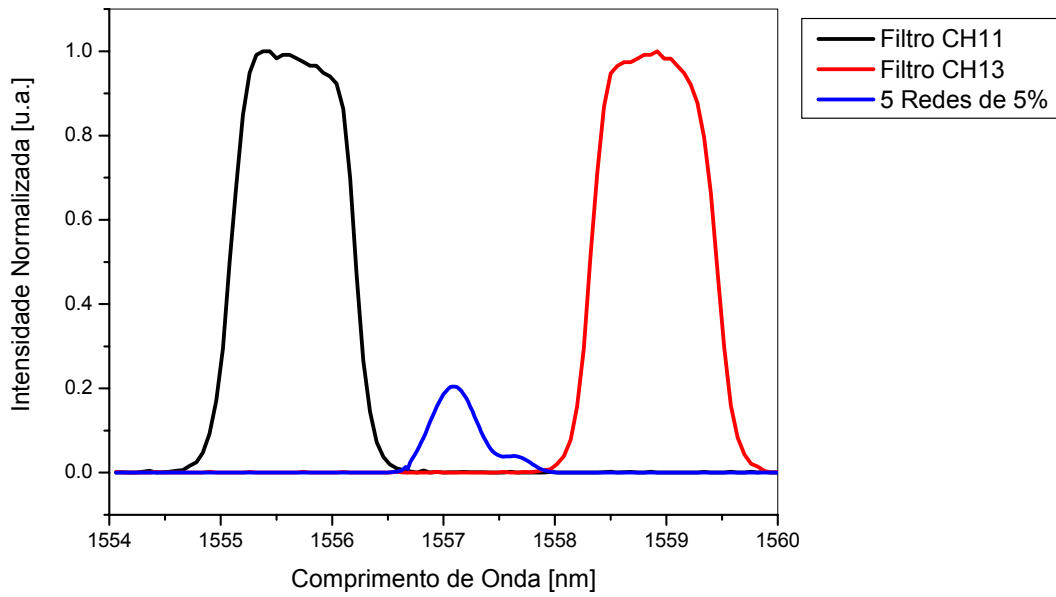
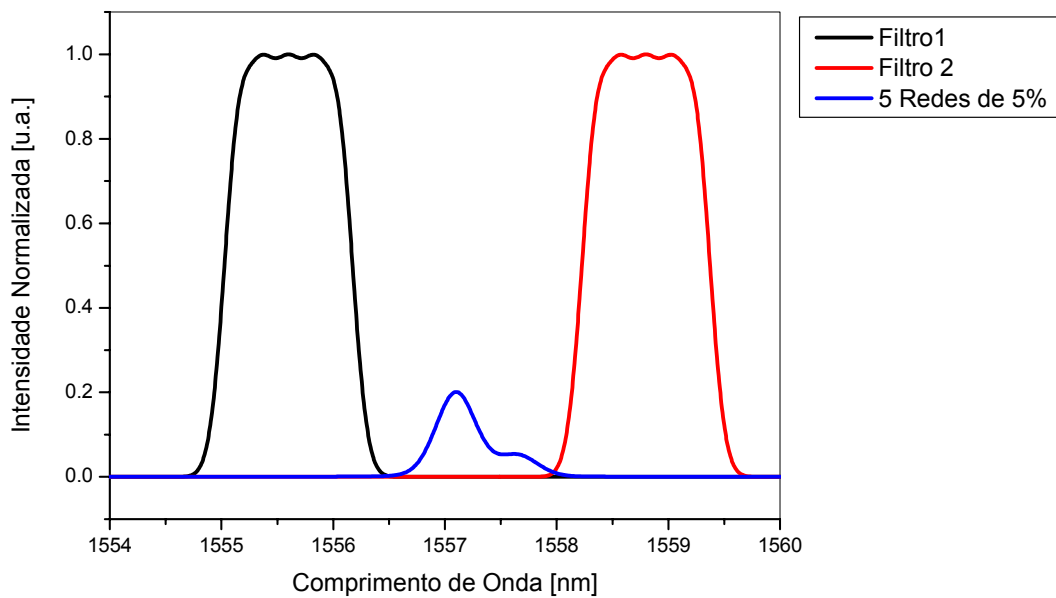


Figura 6.12 - Espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade espectralmente centradas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

A figura 6.13 mostra os espectros reais e simulados das 5 redes de 5% e dos filtros 11 e 13 do DWDM para esta situação.



(a)

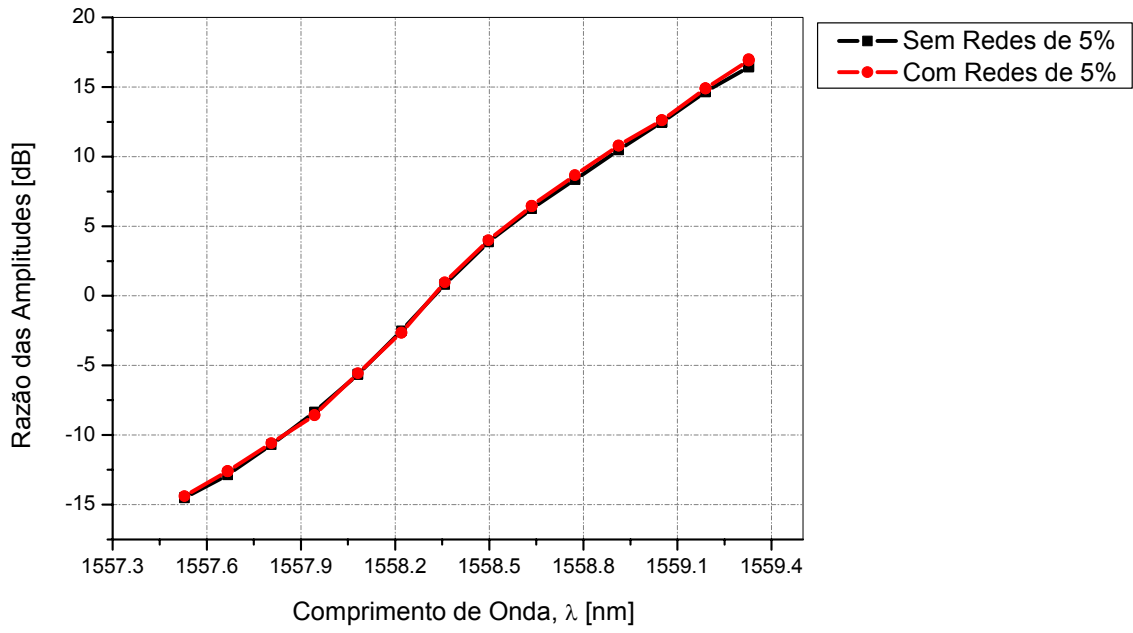


(b)

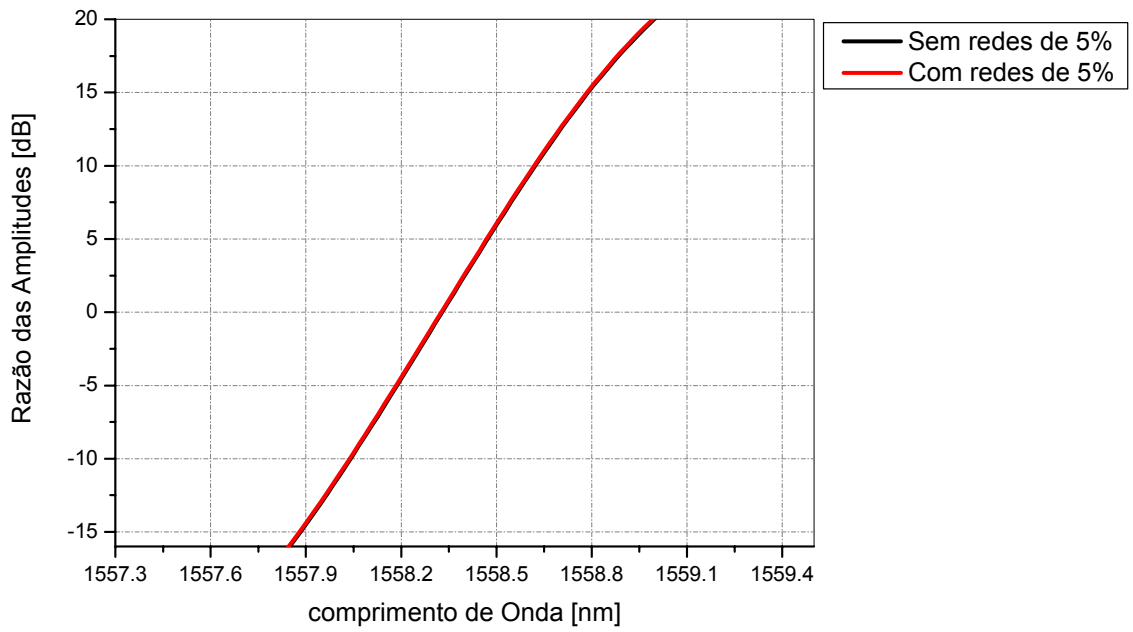
Figura 6.13 - Espectro normalizado das 5 redes de 5% centradas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e o espectro destes canais: (a) Espectros reais; (b) Espectros simulados.

Os resultados experimentais desta situação, para a deformação da rede centrada em 1556.2 nm do grupo 4, são mostrados no gráfico da figura 6.14(a). Nos gráficos das figuras 6.14(b) e 6.14(c) são apresentados os resultados simulados para esta mesma situação.

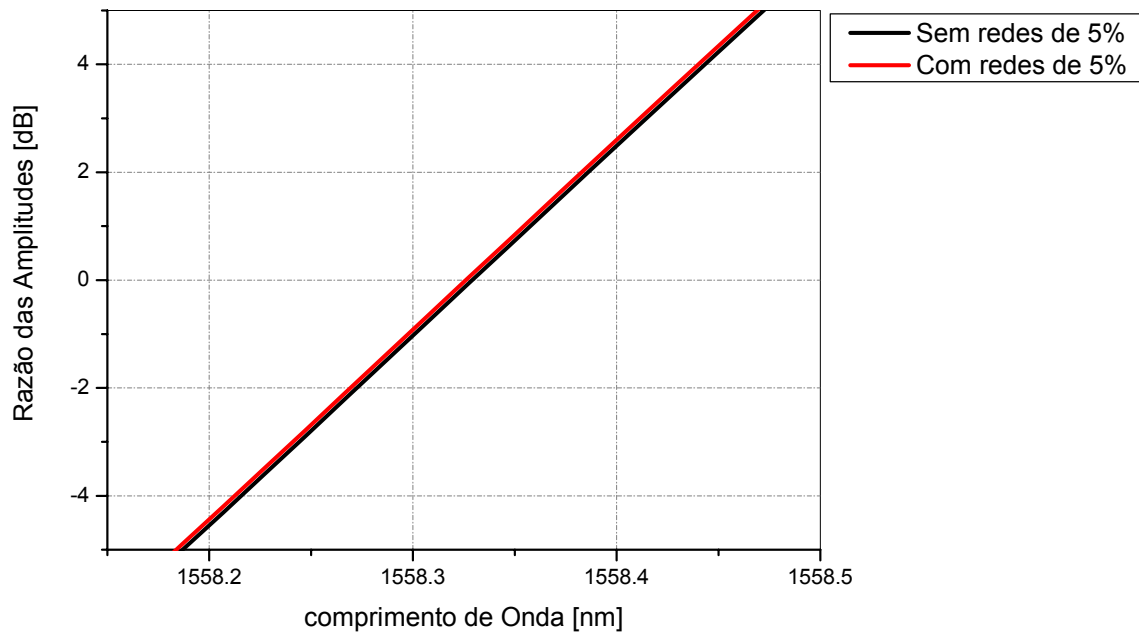




(a)



(b)



(c)

Figura 6.14 - Razão das amplitudes lidas pelo detector, com 5 redes de 5% centradas espectralmente entre o canal CH11 e o canal CH13 : (a) experimental; (b) simulação; (c) zoom da simulação

A curva da função razão das amplitudes para este sensor, com as cinco redes de 5% de refletividade colocadas centradas espectralmente entre os canais 11 e 13 do DWDM, encontra-se deslocada. O deslocamento máximo chega a 0,16dB da curva da função razão das amplitudes do mesmo sensor sem as cinco redes de 5%. Este resultado foi previsto pela simulação apresentada pelos gráficos das figuras 6.14(b) e 6.14(c). Nas simulações o deslocamento máximo é de 0.09dB.

Para realizar a análise deste resultado mais uma vez deve-se recorrer aos resultados apresentados no gráfico da figura 3.14. Através deste gráfico pode-se verificar que quando os sensores anteriores ao sensor de prova têm o espectro de modo a ter comprimentos de onda centrados espectralmente entre os filtros, como na situação mostrada na figura 6.13, gerando no espectro da fonte uma deformação localizada, o desvio do comprimento de onda tende a zero neste caso. Além disso, o sistema de filtros fixos é pouco sensível a deformações na forma espectral do sensor, e como esta deformação esta localizada entre os filtros, praticamente nenhuma alteração na função razão foi detectada. Através do gráfico 3.14 pode-se verificar que quanto mais próximo do centro entre os filtros os

sensores anteriores ao sensor de prova se localizam, mais próximo de zero é o desvio. Na simulação, foi encontrado um desvio  $\Delta\lambda$  máximo menor do que 5 pm, enquanto que no experimento o maior desvio  $\Delta\lambda$  encontrado foi de 18 pm.

Outra situação simulada experimentalmente foi com as redes de 5% deslocadas para ficarem espectralmente distribuídas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM. Isso foi realizado aplicando-se diferentes deformações para cada uma das redes de 5%. É considerada uma situação bastante comum, onde os sensores anteriores ao sensor de prova estão distribuídos aleatoriamente entre os filtros fixos. A figura 6.15 mostra o espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade espectralmente distribuídas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

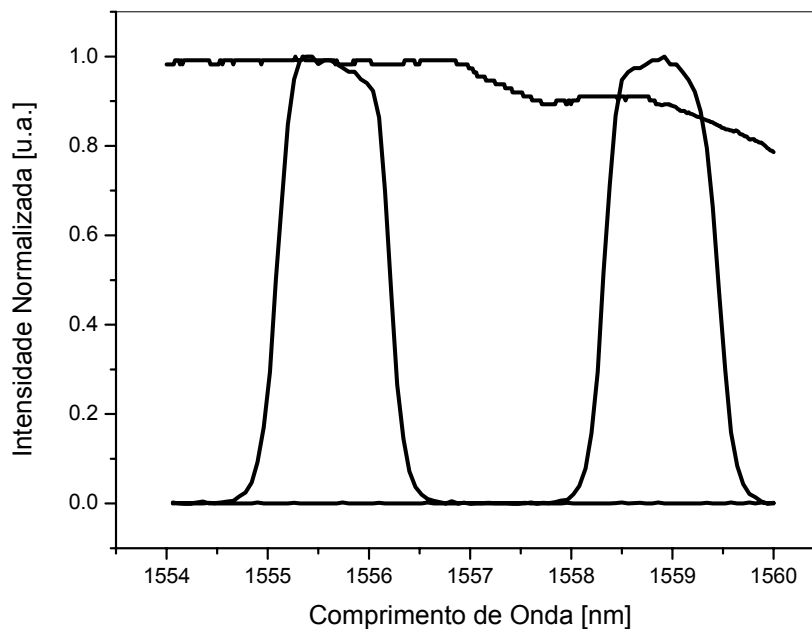
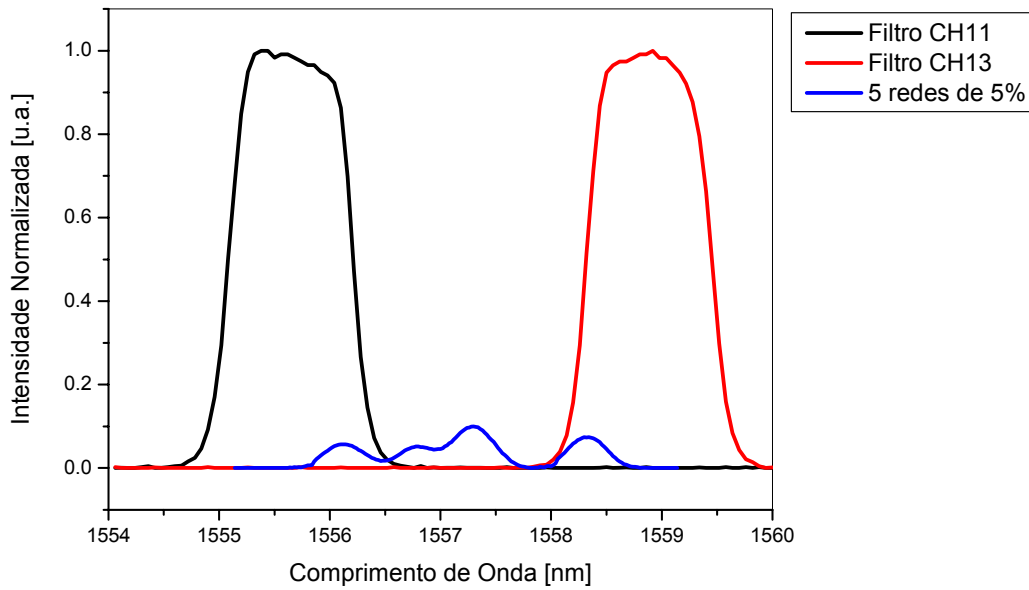
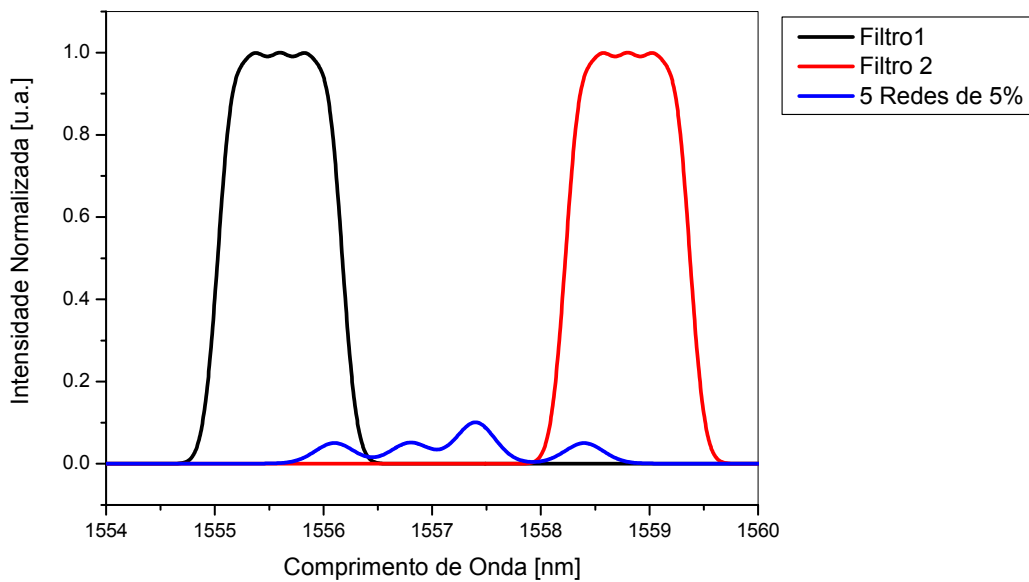


Figura 6.15 - O espectro de transmissão da fonte normalizado após atravessar as cinco redes de 5% de refletividade espectralmente distribuídas entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e os espectros de transmissão dos filtros dos canais 11 e 13 do DWDM.

A figura 6.16 mostra os espectros reais e simulados das 5 redes de 5% e dos filtros 11 e 13 do DWDM para esta situação.



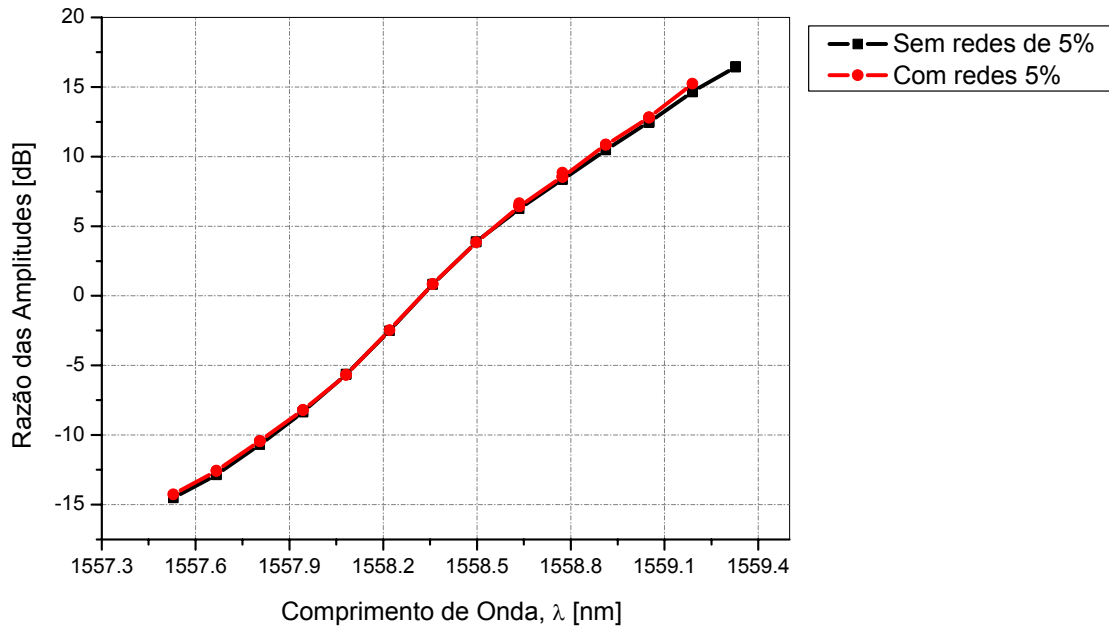
(a)



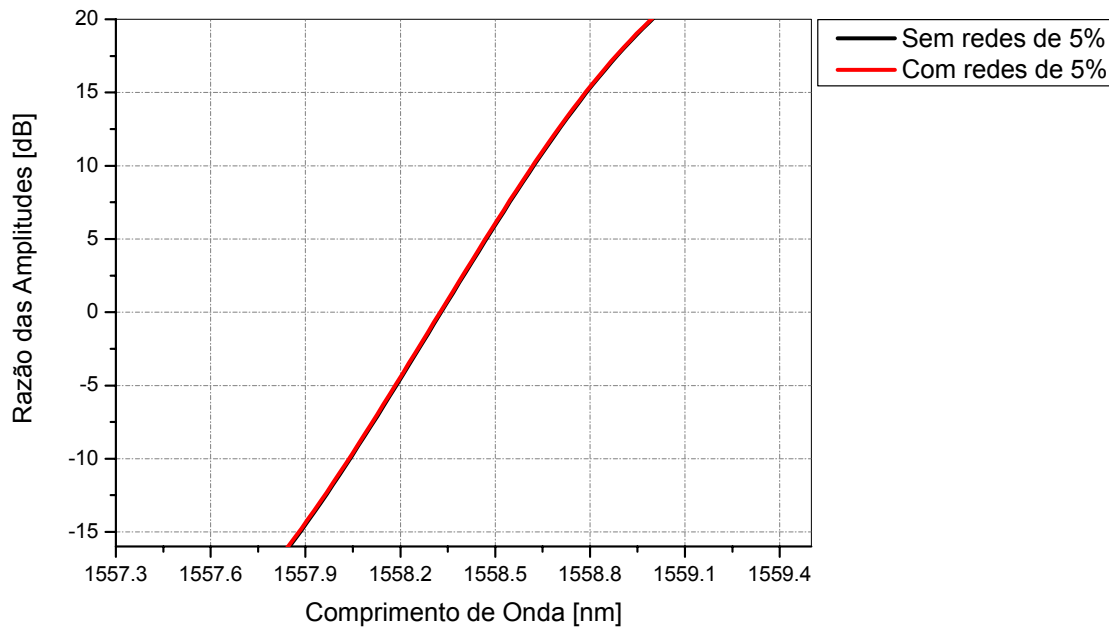
(b)

Figura 6.16 - Espectro normalizado das 5 redes de 5% distribuídas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e o espectro destes canais: (a) Espectros reais; (b) Espectros simulados.

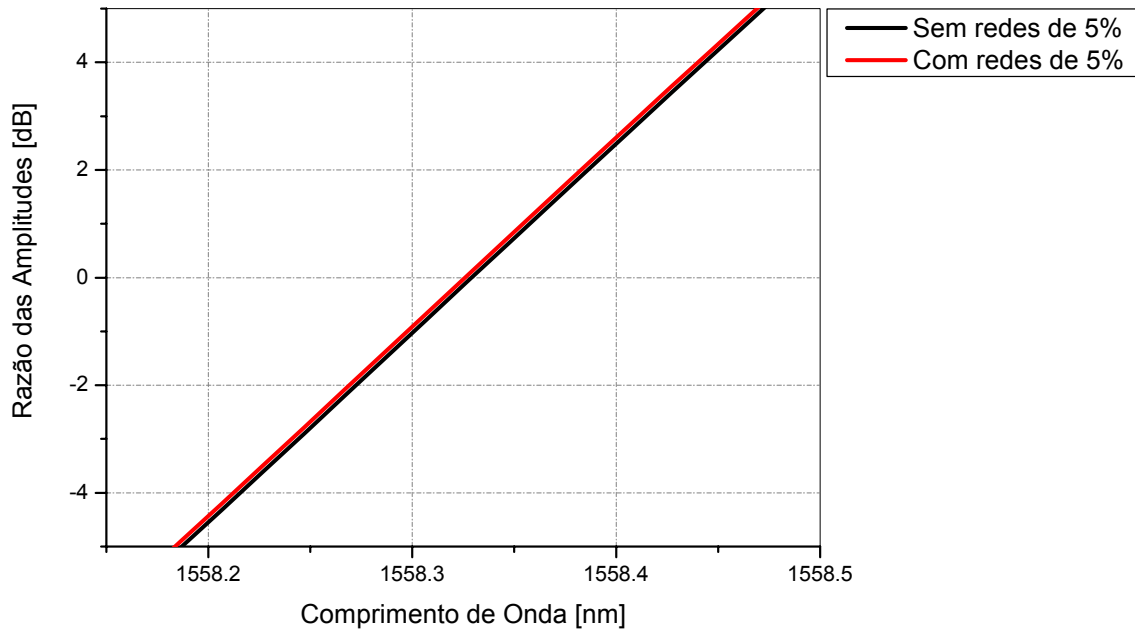
Os resultados experimentais desta situação, para a deformação da rede centrada em 1556.2 nm do grupo 4, são mostrados no gráfico da figura 6.17(a). Nos gráficos das figuras 6.17(b) e 6.17(c) são apresentados os resultados simulados para esta mesma situação.



(a)



(b)



(c)

Figura 6.17 - Razão das amplitudes lidas pelo detector, com 5 redes de 5% distribuídas espectralmente entre o canal CH11 e o canal CH13: (a) experimental; (b) simulação; (c) zoom da simulação

A curva da função razão das amplitudes para este sensor, com as cinco redes de 5% de refletividade distribuídas espectralmente entre os canais 11 e 13 do DWDM, encontra-se deslocada. O deslocamento máximo chega a 0,12dB da curva da função razão das amplitudes do mesmo sensor sem as cinco redes de 5%. Este resultado foi previsto pela simulação apresentada pelos gráficos das figuras 6.17(b) e 6.17(c). Nas simulações o deslocamento máximo é de 0.1dB.

Para realizar a análise deste resultado, deve-se recorrer aos resultados apresentados no gráfico da figura 3.3. Pode-se concluir através da curva (c) deste gráfico que com os sensores distribuídos espectralmente, não existe um comprimento de onda específico onde ocorre uma deformação espectral mais relevante. A deformação no espectro é mais suave e o método de filtros fixos não sofre degradação na leitura neste caso. As deformações espectrais que coincidem com o espectro dos filtros são bastante similares e não causam um desvio acentuado. A técnica de filtros fixos se mostra pouco sensível para esta situação. Na simulação, foi encontrado um desvio  $\Delta\lambda$  máximo menor do que 5 pm, enquanto que no experimento o maior desvio  $\Delta\lambda$  encontrado foi de 21 pm.

### 6.3 Erro da curva de calibração

Para realizar a análise do erro cometido na utilização da curva de calibração para um sensor, foi utilizada como referência a curva do sensor centrado em 1556.2 nm na situação em que as cinco redes de 5% de refletividade não estavam presentes. Subtraindo-se desta curva uma das curvas da função razão das três diferentes configurações para as posições espectrais das redes de 5% (figuras 6.11 (a), 6.14 (a) e 6.17 (a)), foram levantadas curvas de calibração com barras de erro. As barras de erro no eixo da função razão (eixo das ordenadas) foram obtidas através desta subtração em pontos de mesmo comprimento de onda. As barras de erro no eixo do comprimento de onda (eixo das abscissas) eram obtidas através da projeção das barras de erro do eixo da função razão e representam o desvio do comprimento de onda. Pode-se então verificar para cada situação o desvio do comprimento de onda em função da posição espectral do sensor em experimento e em simulação por software.

Primeiramente foram utilizadas duas curvas da função razão, a curva do sensor centrado em 1556.2 nm na situação em que as cinco redes de 5% de refletividade não estavam presentes, e a curva para este mesmo sensor com os cinco sensores de 5% de refletividade centrados espectralmente sobre o filtro do canal 11 do DWDM (figura 6.11), que como visto anteriormente é o pior caso. A figura 6.18 apresenta a curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro que representam a incerteza na medição caso esta curva seja considerada para todos os sensores. E na figura 6.19 (a) é apresentado o desvio do comprimento de onda, considerando como comprimento de onda verdadeiro o correspondente a curva da função razão em que as cinco redes de 5% não estão presentes. Na figura 6.19 (b) é apresentado o desvio do comprimento de onda simulado.

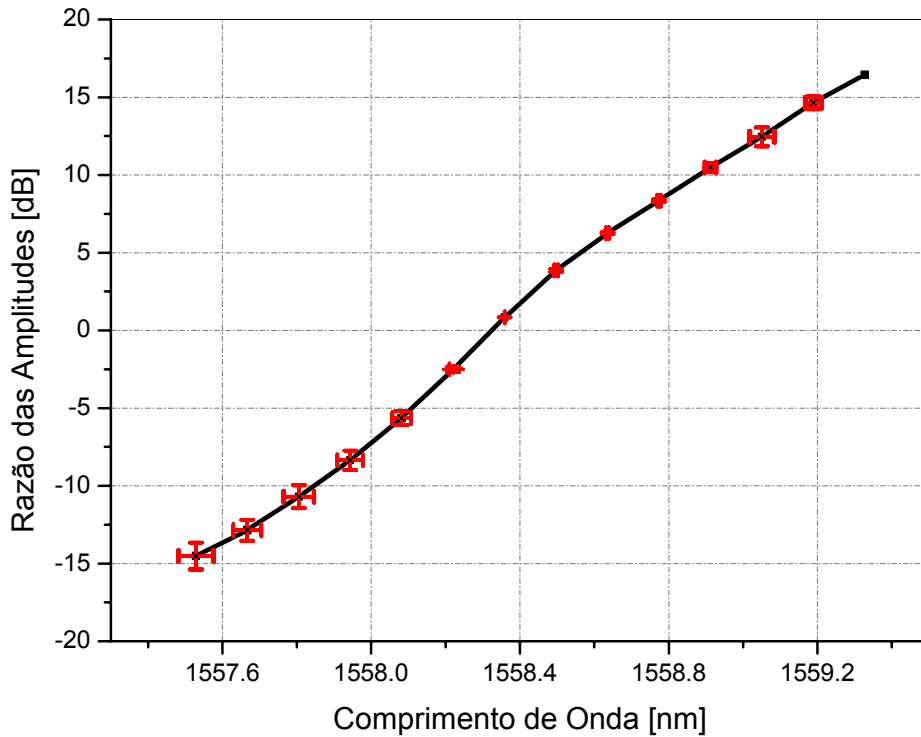
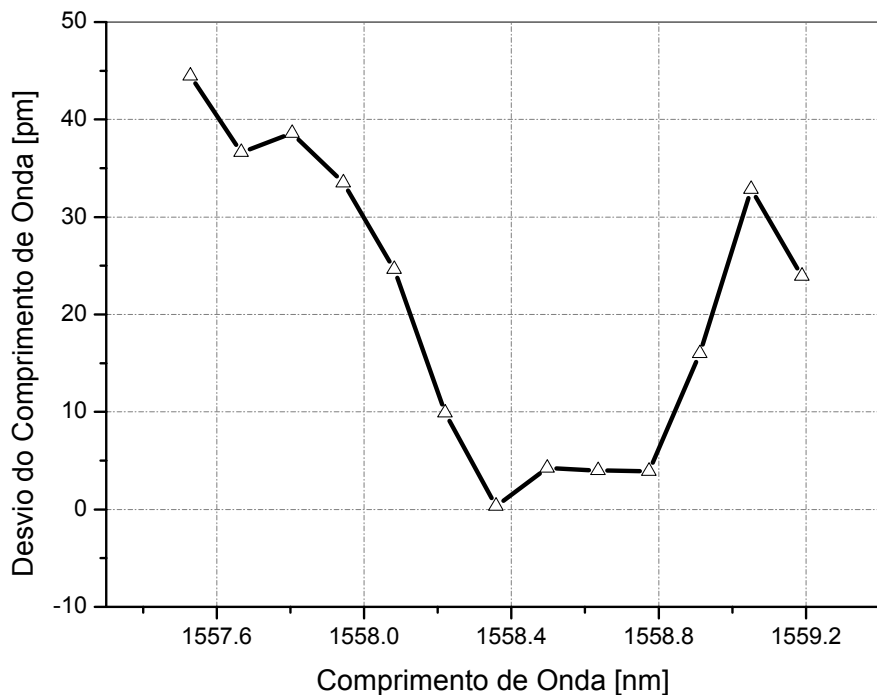


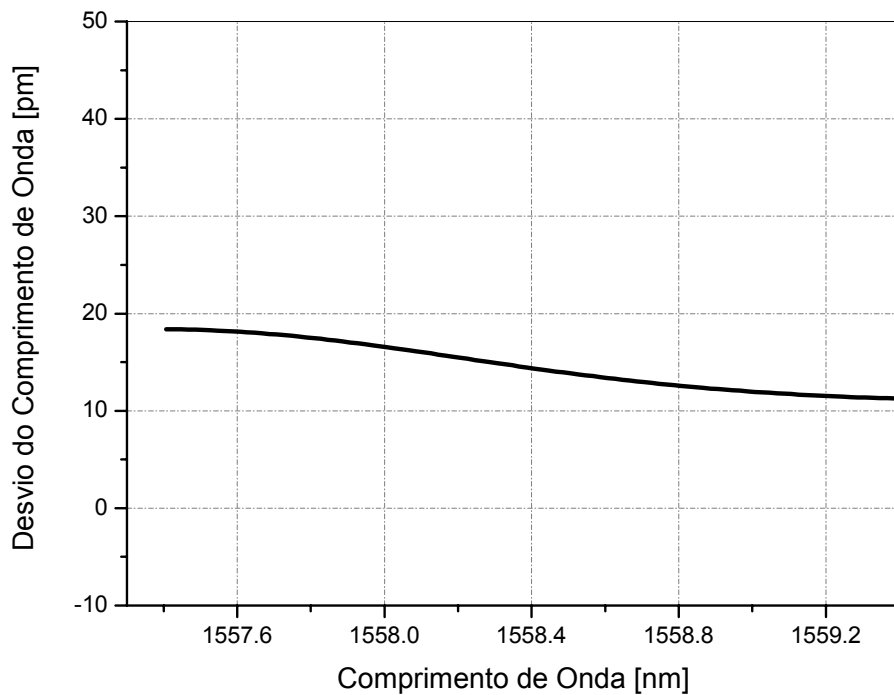
Figura 6.18 - Curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro considerando a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão localizadas espectralmente sobre o filtro do canal 11 do DWDM e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes

Pelo gráfico da figura 6.19 (a) pode-se verificar um desvio menor que 45 pm para o pior caso, onde o posicionamento espectral das redes de 5% se localiza sobre um dos filtros. Através da simulação (figura 6.19 (b)), foi verificado um desvio menor do que 20 pm. É importante lembrar que esses dados são referentes aos resultados apresentados no gráfico da figura 6.11(a).





(a)



(b)

Figura 6.19 - Desvio do comprimento de onda para a situação onde é considerada a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão localizadas espectralmente sobre o filtro do canal 11 do DWDM e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes: (a) experimental; (b) simulado

No segundo caso, foi utilizada a curva do sensor centrado em 1556.2 nm na situação em que as cinco redes de 5% de refletividade não estavam presentes, e a curva para este mesmo sensor com os cinco sensores de 5% de refletividade centrados espectralmente entre os filtro dos canais 11 e 13 do DWDM (figura 6.14). A figura 6.20 apresenta a curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro que representam a incerteza na medição caso esta curva seja considerada para todos os sensores. E na figura 6.21 (a) é apresentado o desvio do comprimento de onda, considerando como comprimento de onda verdadeiro o correspondente a curva da função razão em que as cinco redes de 5% não estão presentes. Na figura 6.21 (b) é apresentado o desvio do comprimento de onda simulado por software.

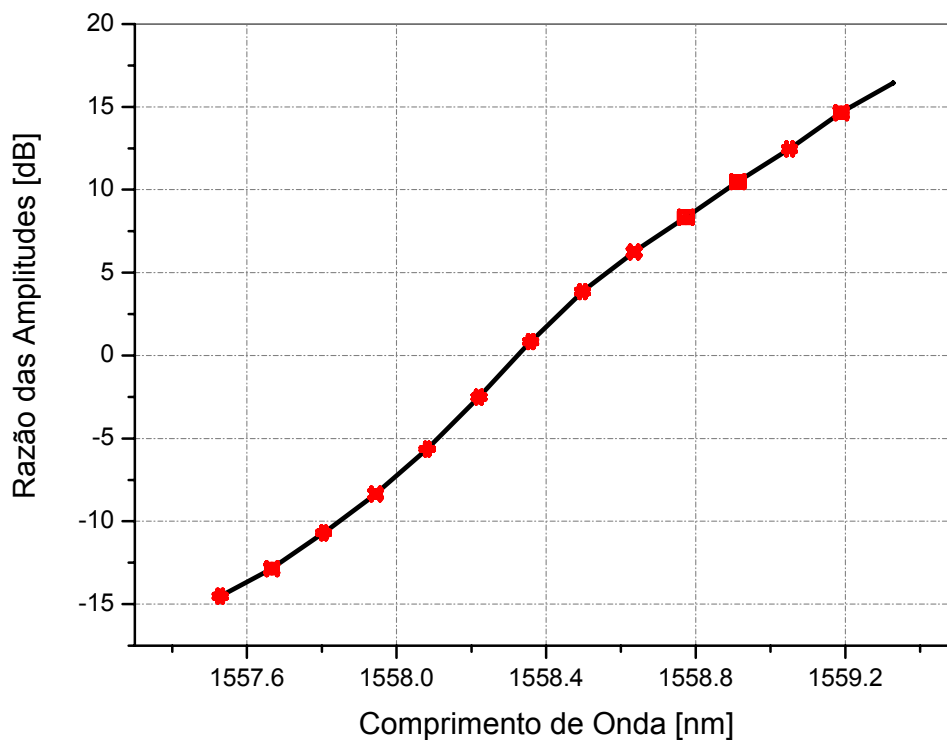
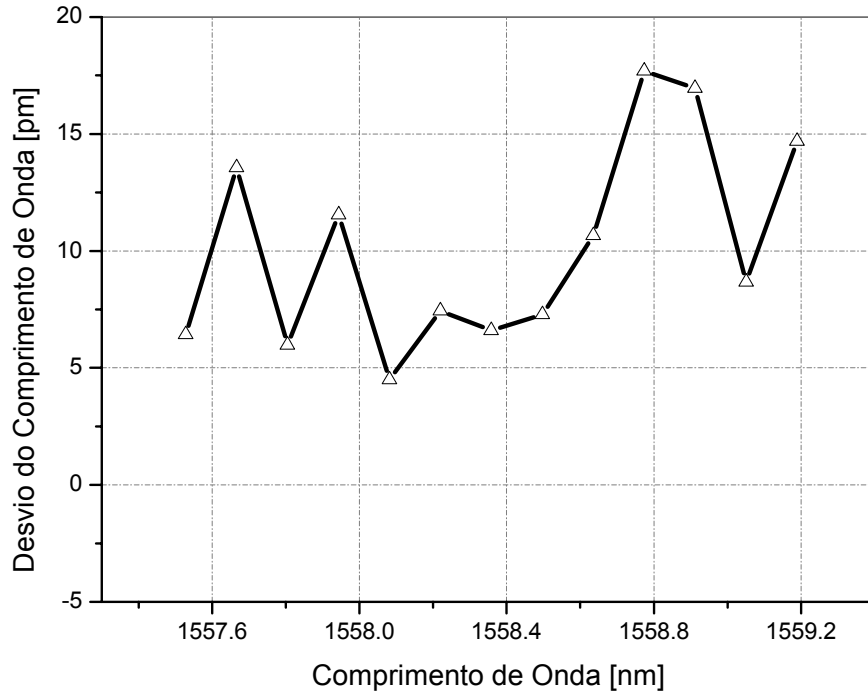
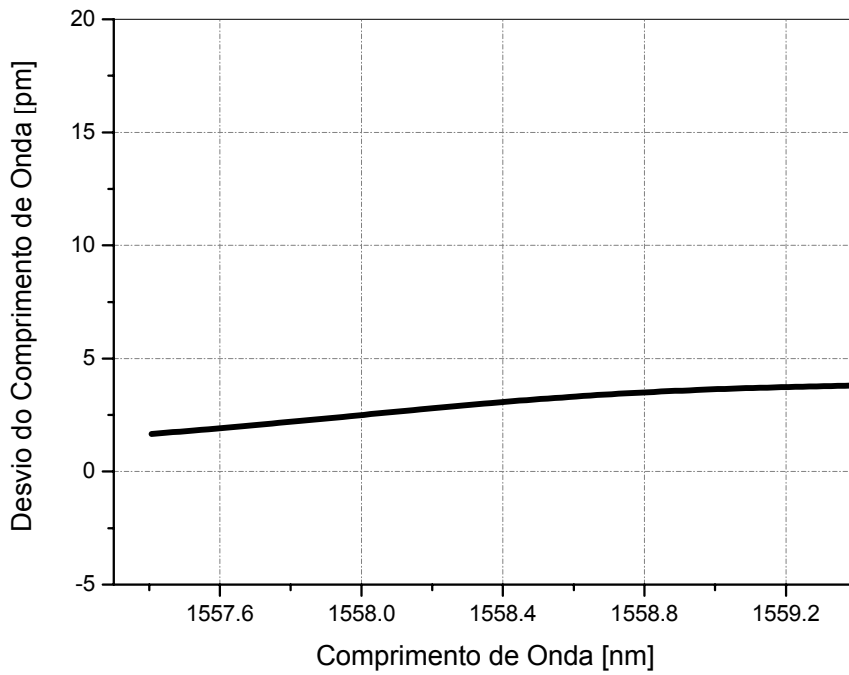


Figura 6.20 - Curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro considerando a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão centradas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes



(a)



(b)

Figura 6.21 - Desvio do comprimento de onda para a situação onde é considerada a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão centradas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM, e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes: (a) experimental; (b) simulado.

Pelo gráfico da figura 6.21 (a) pode-se verificar um desvio menor que 18 pm, para o caso onde o posicionamento espectral das redes de 5% se localiza no centro dos filtros. Através da simulação (figura 6.21 (b)), foi verificado um desvio menor do que 5 pm. Esses dados são referentes aos resultados apresentados no gráfico da figura 6.14(a).

No terceiro caso, foi utilizada a curva do sensor centrado em 1556.2 nm na situação em que as cinco redes de 5% de refletividade não estavam presentes, e a curva para este mesmo sensor com os cinco sensores de 5% de refletividade distribuídos espectralmente entre os filtro dos canais 11 e 13 do DWDM (figura 6.17). A figura 6.22 apresenta a curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro que representam a incerteza na medição caso esta curva seja considerada para todos os sensores. Na figura 6.23 (a) é apresentado o desvio do comprimento de onda, considerando como comprimento de onda verdadeiro o correspondente a curva da função razão em que as cinco redes de 5% não estão presentes. Na figura 6.23 (b) é apresentado o desvio do comprimento de onda simulado por software.

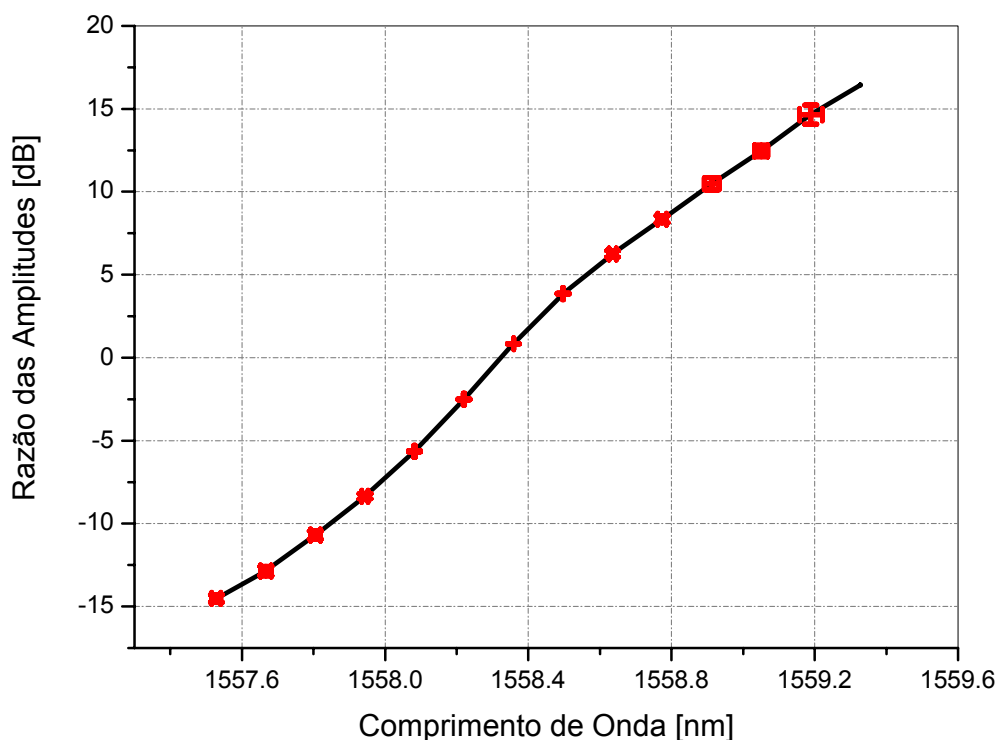
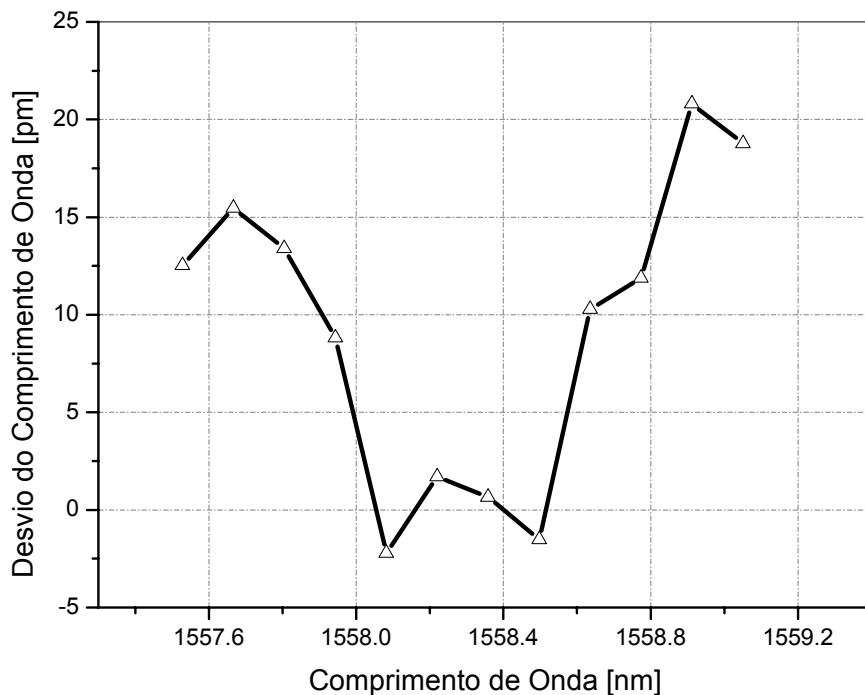
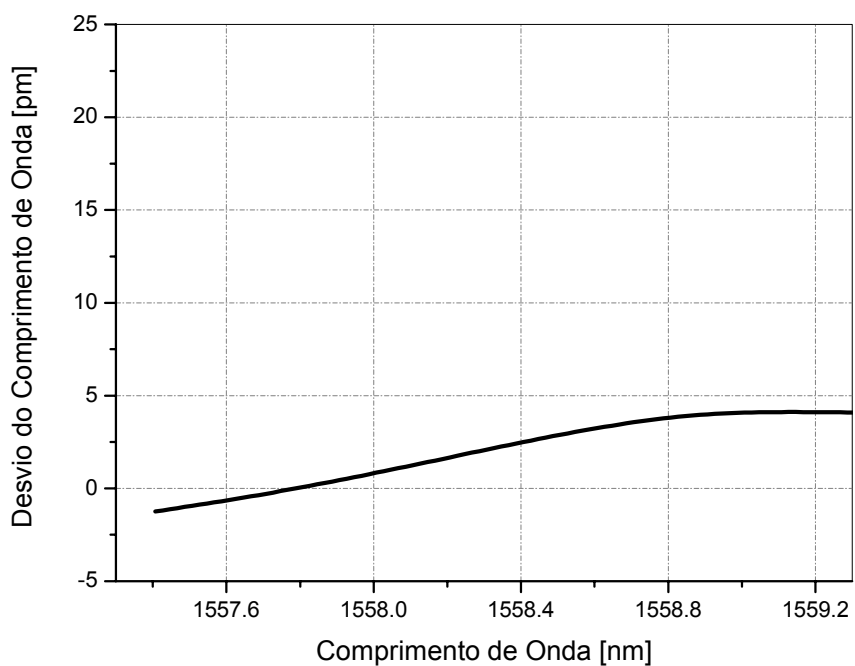


Figura 6.22 - Curva de calibração do sensor 1556,2nm com as barras de erro considerando a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão distribuídas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes



(a)



(b)

Figura 6.23 - Desvio do comprimento de onda para a situação onde é considerada a curva da função razão na situação onde as redes de 5% estão distribuídas espectralmente entre os filtros dos canais 11 e 13 do DWDM, e a curva da função razão na situação onde as redes de 5% não estão presentes: (a) experimental; (b) simulado.

Pelo gráfico da figura 6.23 (a) pode-se verificar um desvio menor que 21 pm, para o caso onde o posicionamento espectral das redes de 5% se localiza no centro dos filtros. Através da simulação (figura 6.23 (b)), foi verificado um desvio menor do que 5 pm. Esses dados levam em consideração os resultados apresentados no gráfico da figura 6.17 (a).

Como era de se esperar, o desvio para as redes de 5% distribuídas é menor comparando-o com o das redes de 5% localizadas espectralmente sobre os filtros. O melhor caso é quando todos os sensores anteriores ao sensor de prova se localizam centrados espectralmente entre os filtros, diminuindo sua influencia sobre os resultados da função razão.