

## 4. Montagem Experimental

Este capítulo está dividido em duas partes. A primeira consiste na descrição do montagem experimental para se obter o ganho Raman e a segunda consiste na descrição do montagem experimental usado medir a estatística das flutuações do ganho dependente da polarização (PDG- Polarization Dependent Gain) devido a PMD em sistemas ópticos com amplificadores Raman.

### 4.1 Medida do Espectro do Ganho Raman

A figura 19 mostra a montagem experimental realizada para a medida do espectro de ganho de um amplificador Raman distribuído. A potência de bombeio é de 200 mW. A potência do sinal fornecida por um laser sintonizável é 0 dBm ao longo de todo o espectro (que vai de 1560 nm a 1620 dBm). O sinal passa por um atenuador variável que é responsável por controlar a intensidade da potência que entra no sistema. O misturador de polarização provê rápidas variações do sinal na esfera de Poincaré. O analisador de espectro óptico (OSA - Optical Spectrum Analyzer) é colocado no modo de retenção do máximo sinal para que sejam selecionados apenas os maiores valores do ganho para cada comprimento de onda. Desta forma, o espectro obtido corresponde sempre ao ganho máximo para cada comprimento de onda, e independe das oscilações da polarização e da PDG em função do comprimento de onda. O tipo de fibra usada é a de dispersão deslocada (DS - dispersion shifted) e possui 15 km.

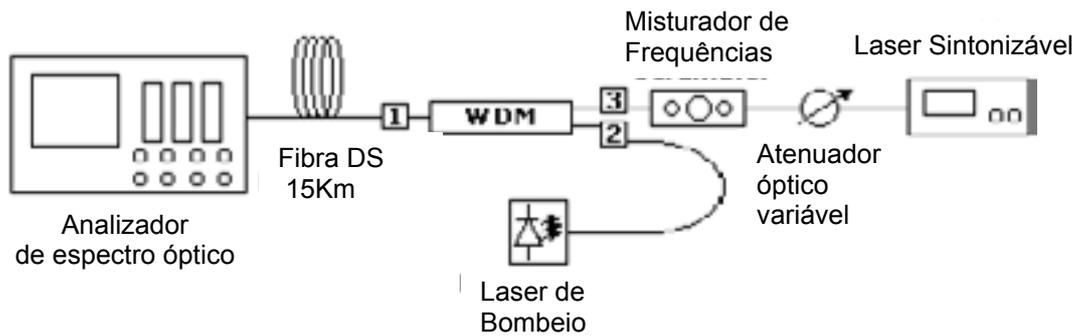


Figura 1: Montagem experimental de um esquema co-propagante de um amplificador Raman usando um laser de bombeio de 200mW em 1480nm.

A figura 20 mostra o espectro do laser de bombeio usado no experimento. Como se pode observar, trata-se de um laser multimodo, onde a potência está distribuída entre muitos modos na região de maior intensidade.

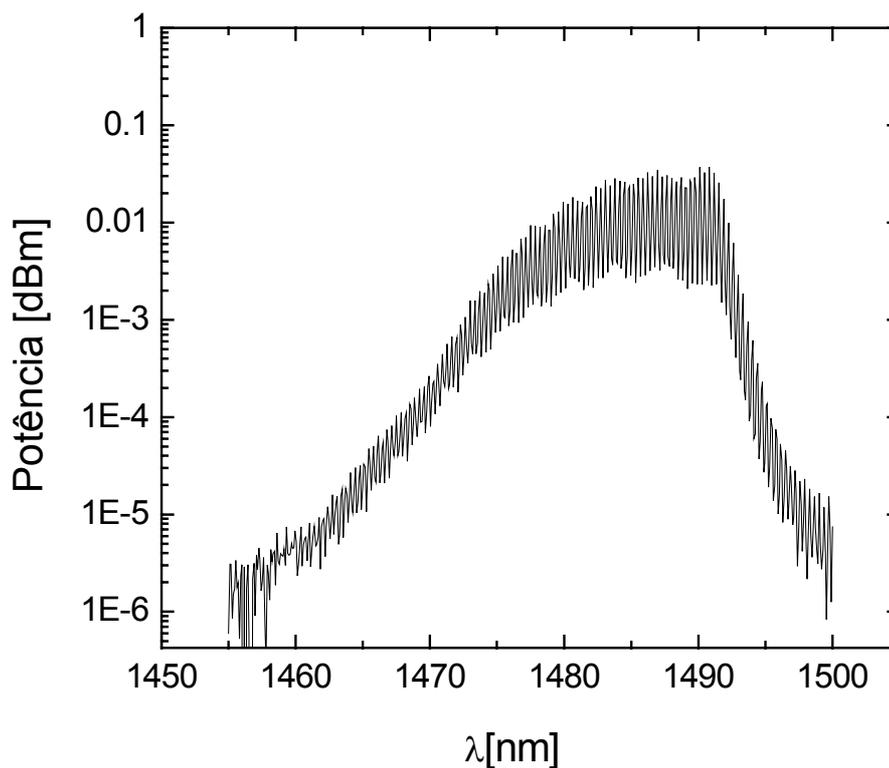


Figura 2: Espectro do Laser de Bombeio.

A figura 21 mostra o ganho Raman medido para uma configuração co-propagante com uma potência de bombeio igual a 200 mW. O Ganho

máximo foi em 4.4 dB e ocorreu no comprimento de onda de 1580 nm. Comparando-se o bombeio e o máximo de ganho Raman, observamos uma diferença de 12 THz, correspondente à emissão dos fônons ópticos.

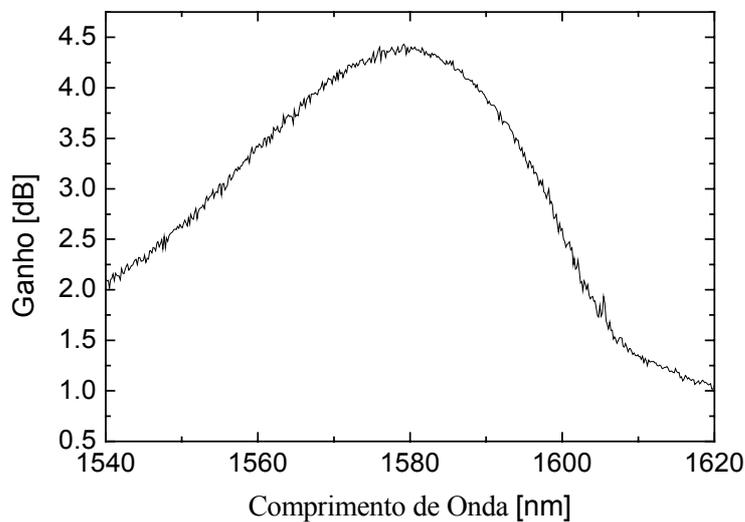


Figura 3: Ganho Raman com um laser de bombeio de 200 mW em 1480 nm co-propagante

A figura 22 mostra o ganho Raman medido para uma configuração contra-propagante com uma potência de bombeio igual a 200 mW. Conforme pode ser visto abaixo, o resultado foi semelhante ao encontrado no experimento anterior, o ganho máximo foi em 4.29 dB e ocorreu no comprimento de onda de 1580 nm. Comparando-se o bombeio e o máximo de ganho Raman, observamos também uma diferença de 12 THz, correspondente à emissão dos fônons ópticos.

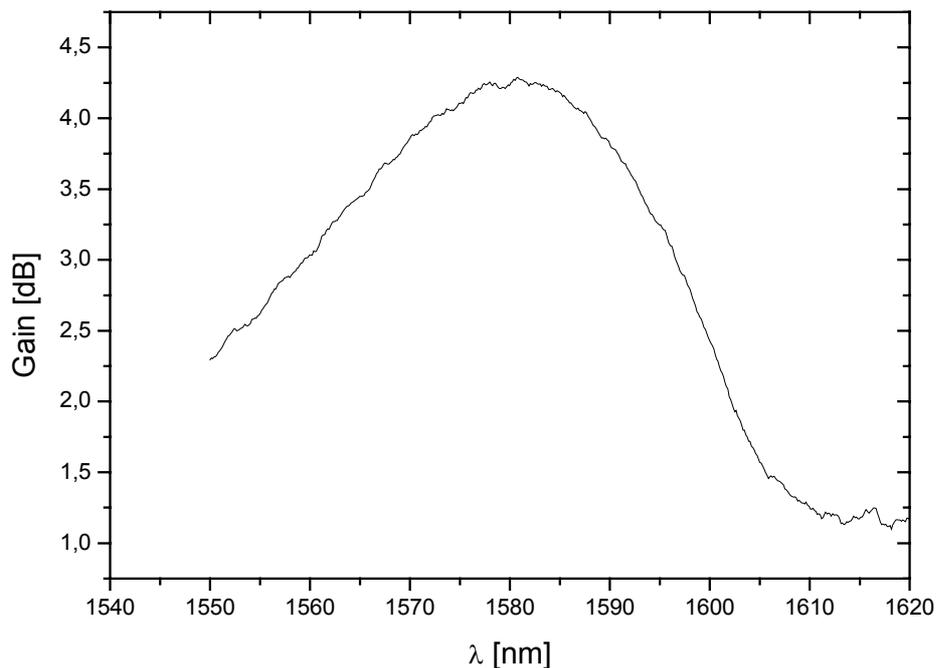


Figura 4: Ganho Raman com um laser de bombeio de 200 mW em 1480 nm contra-propagante.

#### 4.2

#### Flutuações da PDG devido a PMD em sistemas ópticos com amplificação Raman.

A figura 23 descreve a montagem do experimento usado para medir as flutuações do ganho dependente da polarização (PDG) devido à dispersão dos modos de polarização (PMD) em sistemas ópticos de transmissão com amplificadores Raman. Todas as fibras usadas nesses experimentos eram fibras DS, porém, cada uma tinha um tamanho e uma PMD diferente.

A PMD de cada fibra foi medida usando o método interferométrico descritos em [6,7]. Para se obter uma boa estatística, as medidas foram repetidas várias vezes, variando-se a polarização de entrada. As tabelas 1, 2 e 3 mostradas abaixo são exemplos de valores encontrados para três fibras.

|                           | Fibra:        | 25            |
|---------------------------|---------------|---------------|
|                           | Tamanho:      | 8,489         |
| n <sup>o</sup> de medidas | PMD           | Dp            |
| 1                         | 0,17          | 0,058347      |
| 2                         | 0,18          | 0,061779      |
| 3                         | 0,19          | 0,065212      |
| 4                         | 0,19          | 0,065212      |
| 5                         | 0,18          | 0,061779      |
| 6                         | 0,18          | 0,061779      |
| 7                         | 0,18          | 0,061779      |
| 8                         | 0,18          | 0,061779      |
| 9                         | 0,19          | 0,065212      |
| <b>Média</b>              | <b>0,1822</b> | <b>0,0625</b> |

Tabela 1: Tabela de medidas de PMD de uma fibra DS de 8, 489 km pelo método interferométrico

|                           | Fibra:        | 26            |
|---------------------------|---------------|---------------|
|                           | Tamanho:      | 15,034        |
| n <sup>o</sup> de medidas | PMD           | Dp            |
| 1                         | 0,54          | 0,139270      |
| 2                         | 0,58          | 0,149586      |
| 3                         | 0,52          | 0,134112      |
| 4                         | 0,58          | 0,149586      |
| 5                         | 0,44          | 0,113479      |
| 6                         | 0,58          | 0,149586      |
| 7                         | 0,44          | 0,113479      |
| 8                         | 0,57          | 0,147007      |
| 9                         | 0,55          | 0,141849      |
| 10                        | 0,55          | 0,141849      |
| 11                        | 0,53          | 0,136691      |
| 12                        | 0,5           | 0,128953      |
| <b>Média</b>              | <b>0,5267</b> | <b>0,1358</b> |

Tabela 2: Tabela de medidas de PMD de uma fibra DS de 15, 034 km pelo método interferométrico

|                           | Fibra:        | 23            |
|---------------------------|---------------|---------------|
|                           | Tamanho:      | 8,406         |
| n <sup>o</sup> de medidas | PMD           | Dp            |
| 1                         | 0,14          | 0,048287      |
| 2                         | 0,12          | 0,041389      |
| 3                         | 0,13          | 0,044838      |
| 4                         | 0,14          | 0,048287      |
| 5                         | 0,14          | 0,048287      |
| 6                         | 0,13          | 0,044838      |
| 7                         | 0,15          | 0,051736      |
| 8                         | 0,13          | 0,044838      |
| 9                         | 0,12          | 0,041389      |
| <b>Média</b>              | <b>0,1222</b> | <b>0,0422</b> |

Tabela 3: Tabela de medidas de PMD de uma fibra DS de 8, 406 km pelo método interferométrico

Para aumentar a precisão das medidas de Ganho Raman foi necessário eliminar a emissão espontânea amplificada (ASE -amplified spontaneous emission) colocando um filtro sintonizável antes do fotodetector.

O comprimento de onda do filtro foi fixado em 1560 nm, pois esse era o limite máximo do dispositivo. Deste modo, o sinal transmitido pelo laser sintonizável também foi fixado em 1560 nm. O medidor de PDG (PDG meter) mede o comportamento estatístico do sistema. Durante um pequeno intervalo de tempo de 3 s o *PDG-meter* mede os valores de ganho para todos os estados de polarização do sinal e ao final deste intervalo, ele armazena apenas o maior e o menor valor medidos. Depois ele recomeça esse mesmo procedimento para outro estado de polarização. Essa medida foi repetida por aproximadamente 20 horas (aproximadamente quarenta e dois mil pontos).

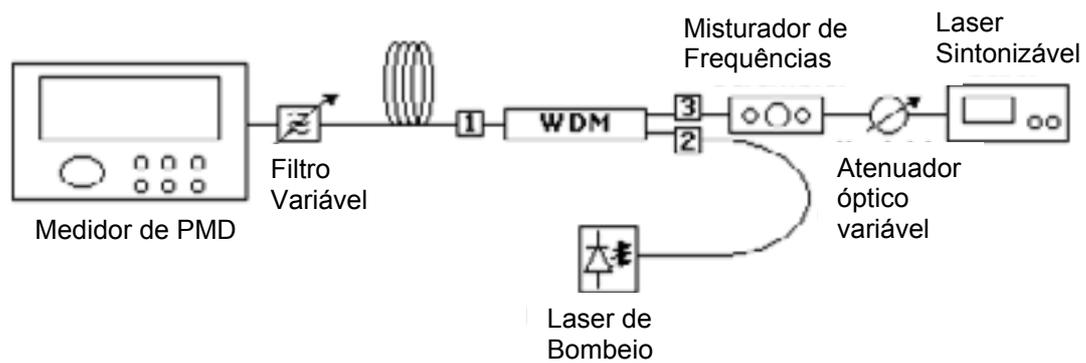


Figura 5: Diagrama de blocos do experimento usado para medir PDG.