

# 1

## Introdução

A conversão de comprimento de onda é um processo físico no qual uma dada informação, modulada em uma frequência óptica é transferida para outra frequência óptica. Esta “tradução” é o análogo nas comunicações ópticas da conversão de frequências, comum na eletrônica. Neste contexto, costuma-se transladar as frequências para que seu processamento seja possível.

Nas comunicações ópticas, a conversão de comprimento de onda torna-se necessária quando do advento das redes WDM - *Wavelength Division Multiplexing* [1–3] - e, em especial nas redes roteadas por comprimento de onda, ou WRONs - *Wavelength Routed Optical Networks* [4,5]; redes nas quais o comprimento de onda do sinal faz parte da informação de roteamento ou comutação na rede.

### 1.1

#### Motivação

A evolução das telecomunicações levou ao desenvolvimento de soluções cada vez mais sofisticadas para o aumento da demanda por largura de banda; uma destas foram os sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), junto com o advento do amplificador a fibra dopada com Érbio, EDFA, nos anos 80 [1–3].

Para atender à uma demanda crescente, sem ter que implantar novos enlaces a fibra, os sistemas WDM foram a solução perfeita para isto: proveram capacidade múltipla para o mesmo cabo de fibra óptica, apenas trocando os equipamentos de linha [2,3]. Então, sistemas WDM foram adotados para prover uma capacidade adicional com boa relação custo-benefício a enlaces de fibra antes sobrecarregados pelo aumento do tráfego [4], já que estes sistemas fazem uso mais racional da largura de banda da fibra [5,6].

O número de endereços ou caminhos independentes para os canais é determinado pelo número de comprimentos de onda disponíveis nas redes WDM [7]. Mesmo que este número seja grande o suficiente para suprir a capacidade pedida para um enlace, por vezes não é suficiente para uma rede com um número grande de nós. Pode acontecer que dois canais sejam delegados para o mesmo

comprimento de onda, causando o chamado *bloqueio* de comprimento de onda, já que apenas um destes vai continuar sua transmissão. Então, faz-se necessário o uso de outros equipamentos no núcleo da rede, para que suas funcionalidades não sejam limitadas pelo número de comprimentos de onda utilizados em um único enlace [3].

Uma rede roteada por comprimento de onda é uma rede formada por pares de enlaces ponto-a-ponto em uma malha arbitrária, que supera as limitações das redes comuns ao apresentar novas características, tais como: reuso de comprimentos de onda, conversão de comprimentos de onda e comutação (ou chaveamento) óptico [3]. Isto torna estes sistemas reconfiguráveis e ajuda a reduzir a probabilidade de bloqueio [4].

## 1.2

### Aplicações da conversão de comprimento de onda

A conversão de comprimento de onda se aplica, primeiramente, a redes com múltiplos comprimentos de onda de operação, de topologias complexas, como malhas ou anéis [3–6]. Conversores de comprimento de onda serão particularmente úteis nas redes ditas transparentes, ou totalmente ópticas, nas quais toda e qualquer manipulação do sinal na rede será feita no domínio óptico.

Seu emprego mais importante deverá ser para evitar o bloqueio de comprimentos de onda nos equipamentos de conexão cruzada - OXC - nas redes WDM. Portanto, os conversores aumentam a flexibilidade e a capacidade da rede para um conjunto fixo de comprimentos de onda. Igualmente importante, a função de conversão de comprimento de onda propicia o gerenciamento descentralizado da rede no que tange aos caminhos dos comprimentos de onda e pode facilitar a comutação de proteção [8].

Ademais, a conversão de comprimentos de onda permite uma distribuição do controle e da gerência da rede [7], possibilitando uma atribuição mais flexível dos comprimentos de onda dentro da sub-rede.

### 1.3

#### Objetivo

Este trabalho visa caracterizar experimentalmente um método de conversão de comprimento de onda, conhecido como “modulação de ganho cruzado” [1–3]. Por caracterização, entende-se por investigar os parâmetros operacionais que os afetem, de modo a poder otimizá-los. São descritas duas técnicas baseadas no mesmo efeito: a clássica, dita *pump & probe*, e uma outra, conhecida como “modulação de ganho cruzado do espectro da ASE”, primeiramente demonstrada por Deming *et al.* [9, 10] em 2000, e estendido em 2004 [11].

A caracterização é realizada pelo uso de modulação dos sinais de entrada por pulsos elétricos curtos, com duração de aproximadamente 50ps. A conversão descrita aqui é feita pelo uso de SOAs - *Semiconductor Optical Amplifiers*. Serão apresentados resultados experimentais, e as técnicas serão confrontadas em termos das amplitudes e durações de seus pulsos convertidos.

### 1.4

#### Escopo do trabalho

Esta dissertação é composta por cinco capítulos, sendo este de introdução. No Capítulo 2 é apresentado o dispositivo utilizado para a conversão, o amplificador óptico semiconductor, enquanto no Capítulo 3 estão descritos os métodos mais comuns para a conversão de comprimentos de onda. No Capítulo 4 estão os diagramas, resultados e comentários dos experimentos realizados nesta dissertação. São abordados os métodos de conversão de comprimento de onda por modulação de ganho cruzado e o método de conversão por modulação de ganho cruzado da ASE do SOA. Após as técnicas terem sido descritas, faz-se uma comparação das características destas, com uma análise mais profunda acerca das diferenças entre os dois métodos comparados no trabalho. Para finalizar, no Capítulo 5, são apresentados comentários finais sobre o trabalho realizado e expectativas para trabalhos futuros sobre o tema descrito. O Apêndice A descreve a caracterização dos dispositivos, incluindo as metodologias de medição utilizadas e lista as características levantadas dos dispositivos envolvidos nos experimentos.