

# MODULAÇÃO ÓPTICA MULTINÍVEL

Seuna Cunte Naghada<sup>1</sup> (Bolsista), Prof. Dr. Cristiano De Mello Gallep<sup>2</sup> (Orientador)  
cseuna62@hotmail.com<sup>1</sup> e gallep@ft.unicamp.br<sup>2</sup>



Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Faculdade de Tecnologia – FT  
PIBIC/CNPq



Palavras Chaves: Modulação Óptica – Fotônica - Simulação

## 1. Introdução

No domínio de telecomunicações as informações têm origem em diversas fontes, tais como, voz, dados, áudio, vídeo e fotos. Nos sistemas digitais as informações são convertidas em uma sequência de dígitos binários para serem transmitidos através de um canal de comunicação que pode ser par de fios, cabo coaxial, fibra óptica ou atmosfera. Devido a características físicas, cada canal possui uma faixa limitada de frequência e uma determinada largura de banda. Uma maneira apropriada de utilizar esta faixa ou banda de frequência, é por meio de modulação digital, que pode ser realizada por modulação de alguns parâmetros da portadora, como a amplitude (ASK), a fase (PSK), e a frequência (FSK) [4, 5]. As modulações usadas em sistemas de comunicação de rádio e micro-ondas, também podem ser implementados nos sistemas de comunicações ópticas para transmitir as informações. O sinal óptico transmitido é detectado usando técnica de detecção homodina ou heterodina. [2] O sistema ASK ou OOK que é semelhante ao IM/DD, os dois são diferentes na maneira de modular a intensidade da luz. Fluxo de bits no IM/DD é modulado diretamente em um LED ou laser semiconductor, e no ASK é modulado utilizando um modulador externo [2]. Acontece que a modulação ASK a fase do sinal recebido de ser aproximadamente constante no sistema coerente. As mudanças de fase no IM/DD o foto detector responde somente a potencia óptica do sinal [2]. A seguir apresenta os formatos de modulação que utilizam a fase de portadoras para transmitir informação. Primeiro são apresentados os formatos de modulação PSK e DPSK, depois de maneira detalhada apresenta o formato de modulação DQPSK, e no final apresenta o formato de modulação multinível QAM que transmite informações na fase e amplitude de portadora.

## 2. Metodologia

Os canais de tráfego possuem faixa finita de largura de banda, recurso valioso no mercado. Para aumentar a eficiência espectral nos sistemas de comunicações ópticas, modulações multinível originalmente usadas em sistemas de rádio e micro-ondas estão sendo implementadas. Como introdução a esse tópico, foram realizadas estudos sobre formatos de modulação multinível avançada, como DQPSK, QAM e OFDM. Foram realizadas as simulações utilizando simulador comercial para sistema de comunicações ópticas (VPI Photonics).

## 3. Simulações e Resultados Obtidos

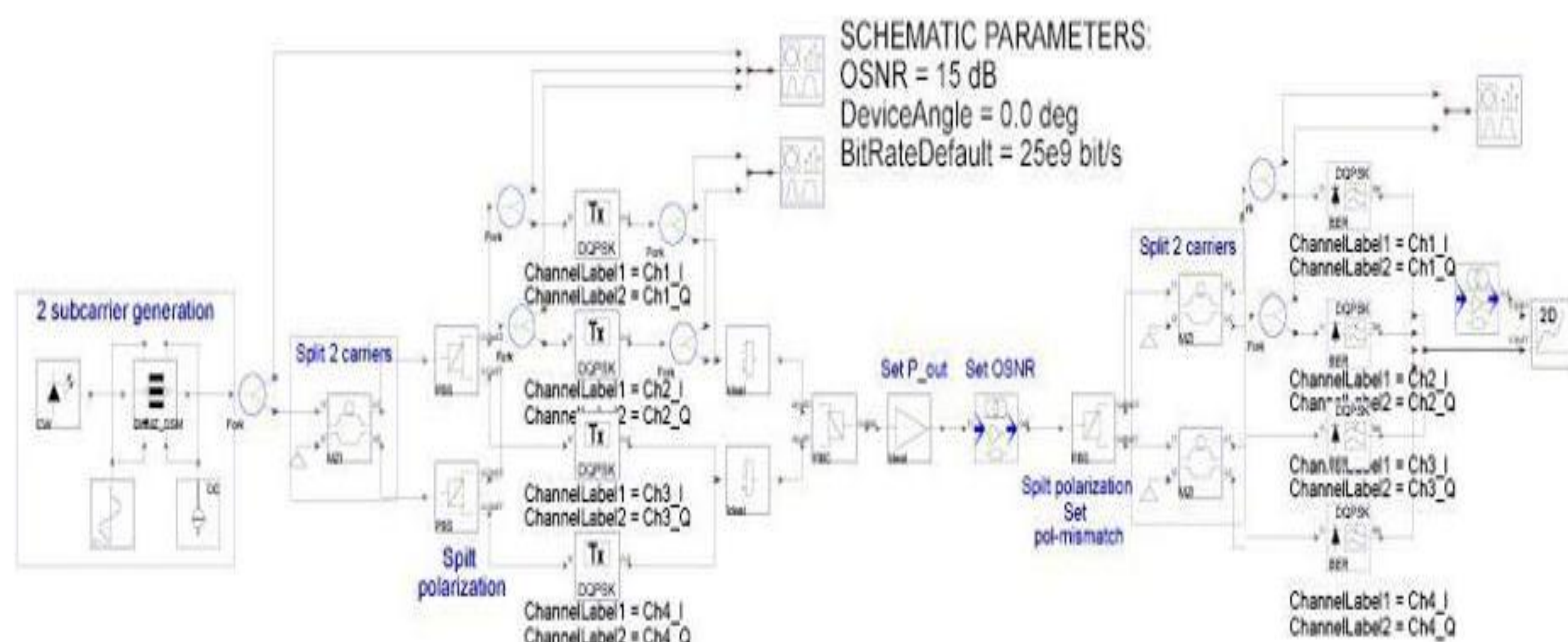


Figura 01: Bloco transmissor de 100Gb/s usando dois subportadoras ópticas + multiplexação em polarização + DQPSK

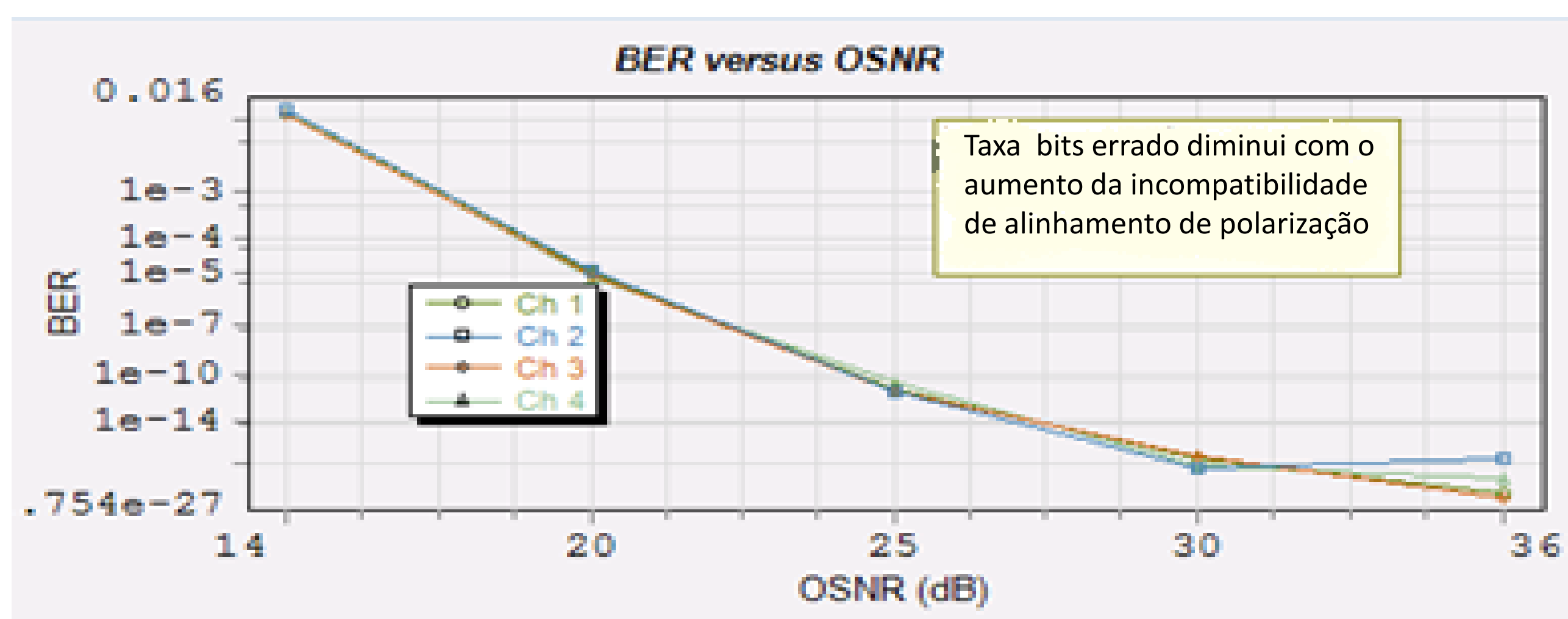


Figura 02: BER Vs. OSNR.

A figura 2 apresenta a taxa de erro de bits (BER) para cada um dos 4 canais transmitidos, mostrando que operação livre de erro ( $\sim 10^{-12}$ ) ocorre para cerca de 25 dB de relação sinal ruído óptico (OSNR).

Para observar o efeito de dispersão residual sobre sistema WDM na banda C, simulou-se o esquema da Fig. 3, onde anel de circulação de 100 km..

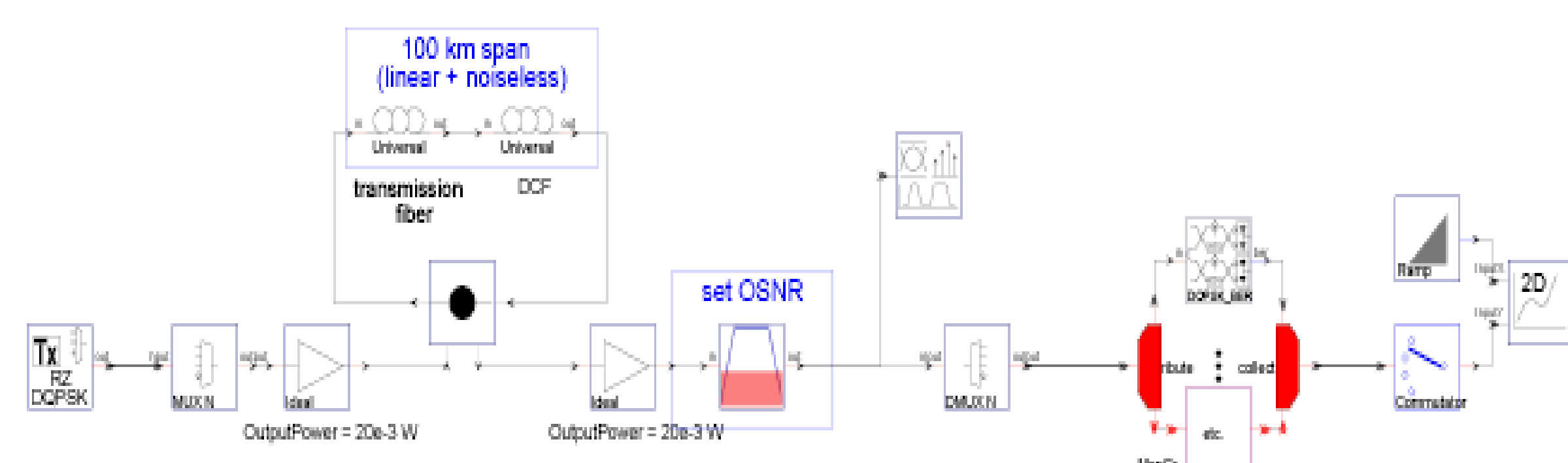


Figura 3: Sistema WDM (50 Gb/s RZ-DQPSK) com dispersão

Usando OSNR = 23dB obteve-se BER x #-canal para linha verde, após 10 voltas no anel, emulando sistema de longa distância (1000 km). Dada a dispersão residual os canais no início da banda C, até o # 7, apresentam alta taxa de erro.

Acrescentando-se mais 3dB na OSNR (Linha Azul) pode-se ainda recuperar-se o canal #7, mas ainda os canais #0 a #6 ainda operam acima de  $1e^{-3}$ , inviabilizando recuperação de dados mesmo com códigos corretores de erro.

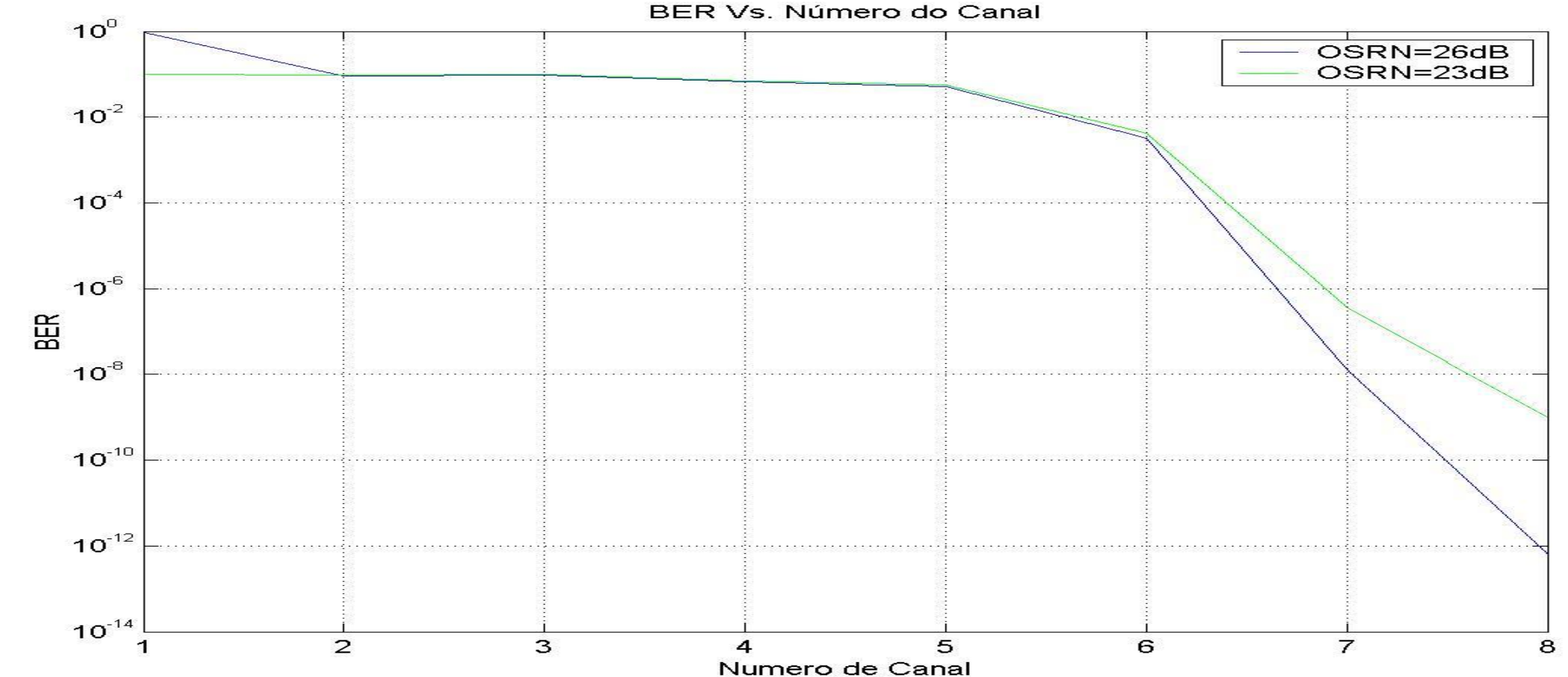


Figura 4. BER Vs. Número do Canal, para sistema da Fig. 3

A Figura 5 traz o sistema QAM simulado, onde é calculada a taxa de erro de símbolo (SER) versus a intensidade de modulação (sinal elétrico), ilustrado na Figura 6 por aproximação gaussiana e método Monte-Carlo. Para alta intensidade de modulação a aproximação gaussiana falha, sub-estimando a SER.

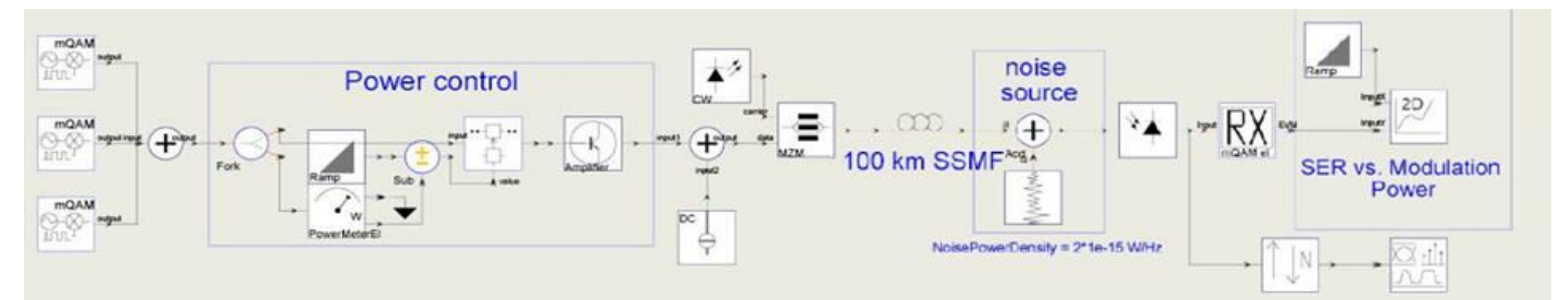


Figura 5. Sistema QAM – medida de SER

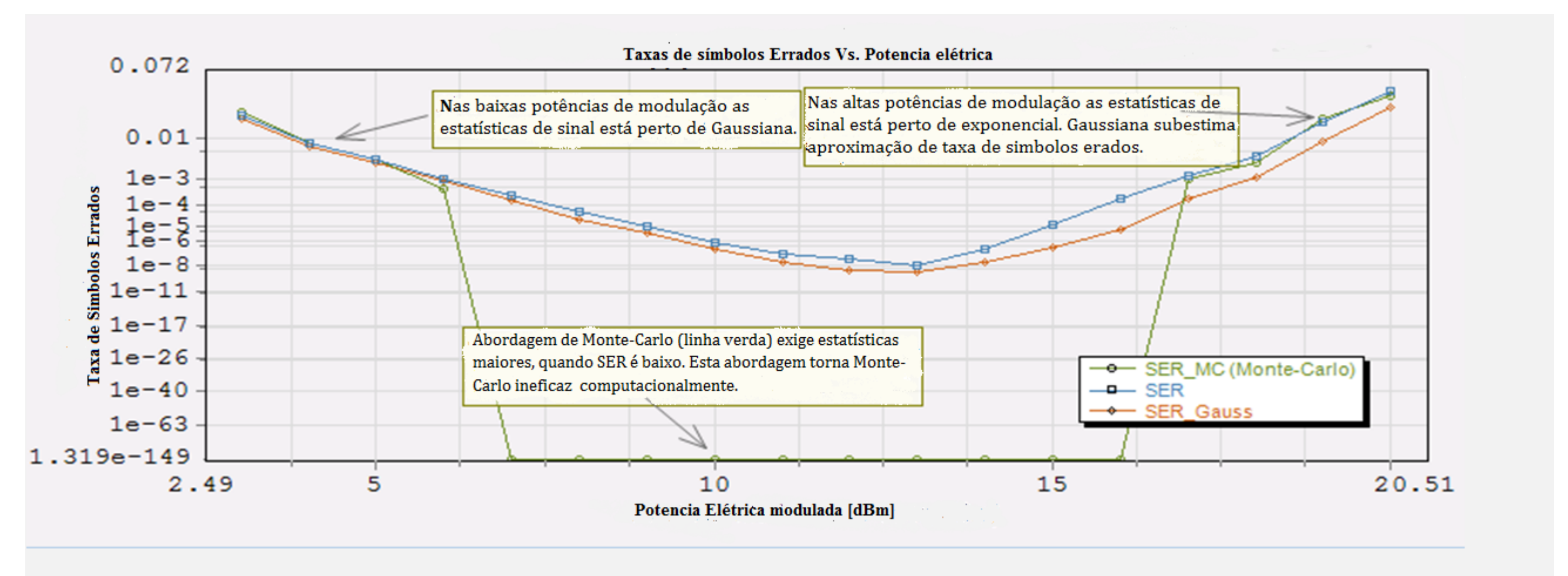


Figura 6: Taxas de símbolos Errados Vs. Potencia elétrica modulada.

## 4. Considerações Finais / Conclusão

Nesse trabalho foram apresentados os principais tipos de modulação óptica. Primeiramente foram analisados os conceitos básicos de modulação e a necessidade de utilizar essa técnica para a transmissão de informação.

Foram analisados os formatos de modulação multinível avançadas com DQPSK, QAM, com uma breve descrição e evolução das características.

## Referências Bibliográficas

- [1] N. M. S. Costa and A. V. T. Cartaxo, "Analysis of DQPSK signals performance in upgrading metropolitan area networks to 40 Gbit/ per channel," Transparent Optical Networks, 2008. ICTON 2008. 10th Anniversary International Conference on, vol. 1, pp. 43-46, 22-26 June 2008.
- [2] G.P.Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", 3aed., Jonh Wiley & Sons, New York, EUA, 2002.
- [3] E. Conforti, A. C. Bordonalli, S. H. Ho e S. M. Kang, "Optical 2R remodulator using feedforward control of semiconductor optical amplifier gain", Microw. Optical Techn. Lett., vol. 21, n° 1, abril 1999.
- [4] J. G. Proakis, "Digital Communications", 4a ed., McGraw-Hill, New York, EUA, 2001.
- [5] S. Haykin, "Communication Systems", 4a ed., John Wiley & Sons, New York, EUA, 2001
- [6] R. A. Griffin, "Integrated DQPSK Transmitters", Optical Fiber Communications Conference (OFC/NFOEC), vol. 3, 2005.
- [7] K. P. Ho, "Phase Modulated Optical Communication Systems", Springer, New York, EUA, 2005.
- [8] N. Sotiropoulos e H. Waardt, "Bidirectional Incoherent 16QAM Transmission over Hybrid WDM/TDM Passive Optical Network", International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Munich, Alemanha, julho 2010.
- [9] Wiliam Câmara Corrêa "Estudos de sistemas OFDM para comunicações Ópticas", Dissertação de mestrado, EESC – USP, 2012.
- [10] Peterson Rocha "Degradação de Sinais com Modulação NRZ-DQPSK e 16-QAM em Enlaces Ponto a Ponto com Amplificadores Ópticos a Semicondutor" dissertação de Mestrado, FEEC/UNICAMP, 2012.