UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA (DEE)

[MOD-NEU06] Computação por Reservatório Fotônico e Redes Recorrentes

Reservatórios Passivos de Microranéis e Equalização de Sinais de Telecomunicações

Prof. Marcelo Eduardo Vieira Segatto

LabTel — Laboratório de Telecomunicações | IN-Foton





Sumário do Módulo

1. Fundamentos da Computação por Reservatório

2. Equalização Óptica de Alta Velocidade (Staffoli & Pavesi 2023)

Conceito de Reservoir Computing (RC)

Desacoplamento entre Dinâmica Temporal e Aprendizado

- **Reservatório Físico Fixo:** Uma malha óptica recorrente e não-linear projeta a série temporal de entrada em um espaço de estados de alta dimensão com memória desvanecente (*fading memory*);
- **Treinamento Exclusivo da Saída:** Apenas a matriz linear de leitura W_{out} é ajustada:

$$W_{\text{out}} = Y_{\text{target}} X^T (X X^T + \alpha I)^{-1}$$

Vantagem Fundamental: Otimização puramente convexa por regressão Ridge, sem explosão ou desvanecimento de gradientes (*vanishing gradients*).

Restauração de Sinais Ópticos a 10–100 Gbps

Aplicação Pioneira do Grupo de Trento

Em publicação seminal de 2023 (*Photonics Research*), Emiliano Staffoli, Mattia Mancinelli, Paolo Bettotti e Lorenzo Pavesi demonstraram:

- Equalização de sinal IM/DD de 10 Gbps severamente degradado por dispersão cromática de fibra;
- Chip compacto de silício com microrressonadores acoplados atuando como nó de atraso não linear;
- Reabertura do diagrama de olho e redução da taxa de erro de bit (BER) abaixo do limiar HD-FEC;
- Latência de processamento na ordem de picosegundos, muito inferior aos chips eletrônicos DSP tradicionais.

Síntese e Referências do Módulo [MOD-NEU06]

Obras Centrais de Consulta

- **Paul R. Prucnal & Bhavin J. Shastri (2017):** *Neuromorphic Photonics*, CRC Press / Taylor & Francis Group, ISBN 9781498725224.
- **Lorenzo Pavesi (2026):** *When Microring Resonators Behave Like Neurons*, Optics & Photonics News (Optica).
- **PNC 2027:** *XIV Winter School on Physical Neuromorphic Computing*, Università di Trento.

Continuidade da Trilha Formativa

Material didático coordenado pelo Prof. Marcelo Segatto para o Portal de Educação do IN-Foton.