

# A Machine Learning Method for Prediction of Multipath Channels

Pedro Emílio Gória Silva

National Institute of Telecommunications  
(*Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel*)

21 de Junho de 2020

- 1 Objetivo
- 2 Canal
- 3 Predição do canal
- 4 Resultados

Um método de aprendizado de máquina para prever a evolução de um canal de comunicação móvel com base em um tipo específico de rede neural convolucional

## Parâmetros de simulação

- 256 espalhadores, cada qual iniciando em uma posição aleatória. 64 desses pontos se moveram em uma velocidade, definida inicialmente por uma distribuição normal  $\mathcal{N}(0, 100)$  e invariante ao longo do tempo.
- A posição inicial do receptor é  $(200, 0)$  e ele se move aleatoriamente com modulo contante, 10 m/s, e direção uniformemente distribuídas.
- O transmissor é fixo na posição  $(-200, 0)$ .
- O passo do canal é de  $T=500\mu\text{s}$ , do qual os primeiros  $20\mu\text{s}$  são dedicados a estimação do canal.

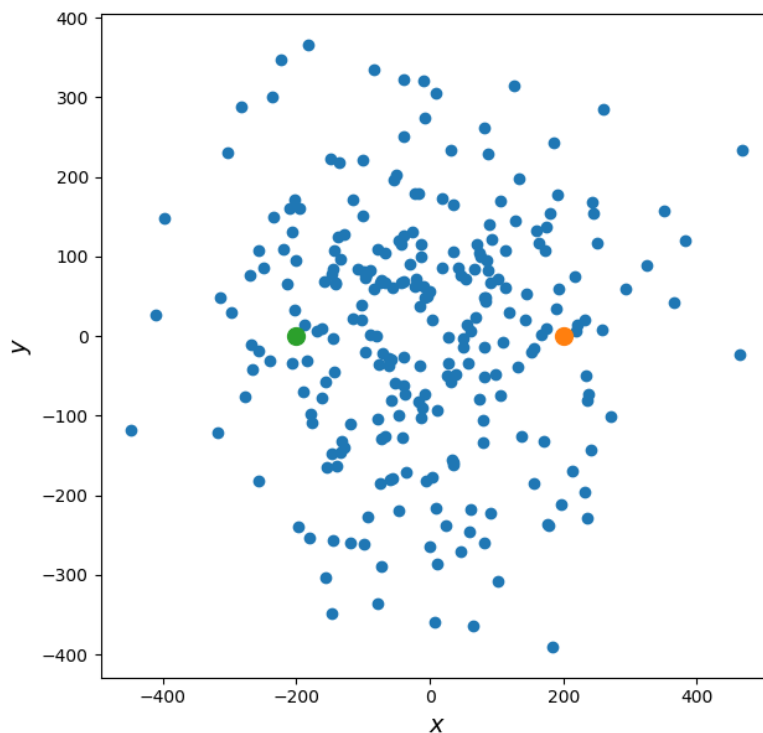


Figura 1: Exemplo de configuração da simulação projetada.

Resposta ao impulso:

$$h(t, \tau) = K \sum_{l=0}^{255} \alpha^{(l)}(t) \exp(i\theta^{(l)}(t) + i2\pi f_D^{(l)}(t)\tau^{(l)}(t))\delta(t - \tau^{(l)}(t)).$$

Estimando a resposta ao impulso do canal:

- no tempo:  $r(t) = h(t, \tau) * s(t)$ ;
- na frequência:  $H(t; f) = R(f)/S(f)$

#	tipo	tamanho do canal	tamanho do Kernel	dilatação parâmetro	função ativação
0	CNN dilatada	$2 \rightarrow 6$	(4,5)	(1,1)	$\tanh()$
1	CNN dilatada	$6 \rightarrow 12$	(4,5)	(4,1)	$\tanh()$
2	CNN dilatada	$12 \rightarrow 12$	(4,5)	(16,1)	$\tanh()$
3	CNN dilatada	$12 \rightarrow 6$	(4,5)	(64,1)	$\tanh()$
4	CNN	$6 \rightarrow 2m$	(1,1)	(1,1)	linear

**Tabela 1:** Layout da CNN 2D para previsão de  $m$  passo à frente

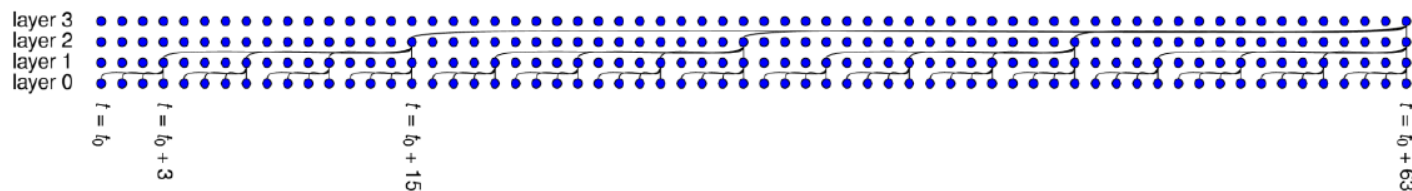


Figura 2: Estrutura das camadas convolucionais dilatadas ao longo do eixo  $t$ .



## Parâmetros para a otimização da rede

- mean squared error (MSE);
- ADAM - stochastic gradient descent (SGD) com taxa de aprendizado  $\gamma = 0.01$ ;
- 30 épocas;
- 32 amostras por batch
- 16 canais independentes
- Cada canal contém 4096 amostras temporais em  $\mathbb{C}^{256}$  para o treinamento e 512 para o teste;

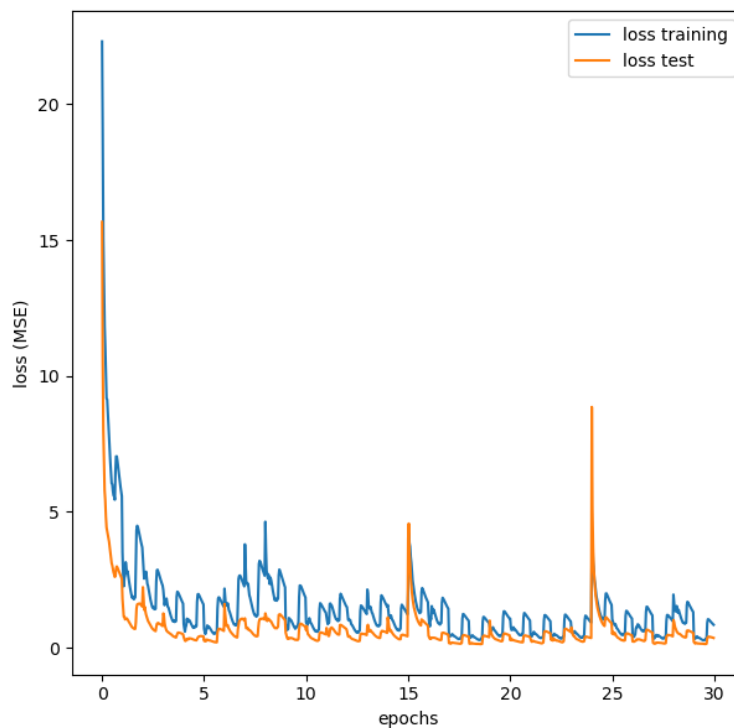


Figura 3: Histórico do processo de treinamento para 30 épocas.

$\Delta t$	Treinamento	Teste	Validação
1	0.1466	0.1460	0.1424
1	0.9122	0.1010	0.2509
2	0.1579	0.1569	0.1538
2	0.9419	0.1068	0.2499
3	0.1753	0.1735	0.1707
3	0.9739	0.1068	0.2491
4	0.2014	0.1988	0.1962
4	1.0089	0.1070	0.2497
5	0.2357	0.2321	0.2298
5	1.0486	0.1091	0.2515

Tabela 2: MSE para o comprimento da previsão  $\Delta t$  de 1 a 5

$\Delta t$	Treinamento	Teste	Validação
6	0.2757	0.2723	0.2704
6	1.0949	0.1138	0.2551
7	0.3249	0.3208	0.3183
7	1.1463	0.1219	0.2614
8	0.3821	0.3763	0.3735
8	1.2093	0.1381	0.2735
9	0.4459	0.4393	0.4354
9	1.2855	0.1653	0.2981
10	0.5133	0.5055	0.5005
10	1.3627	0.1880	0.3227

Tabela 3: MSE para o comprimento da previsão  $\Delta t$  de 6 a 10

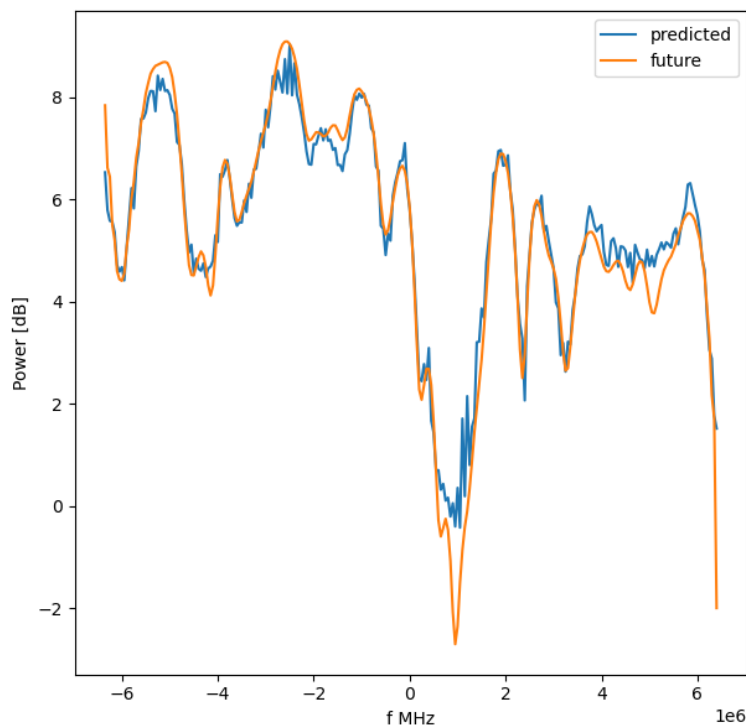


Figura 4: Densidade espectral de potência para  $\Delta t = 1$ .

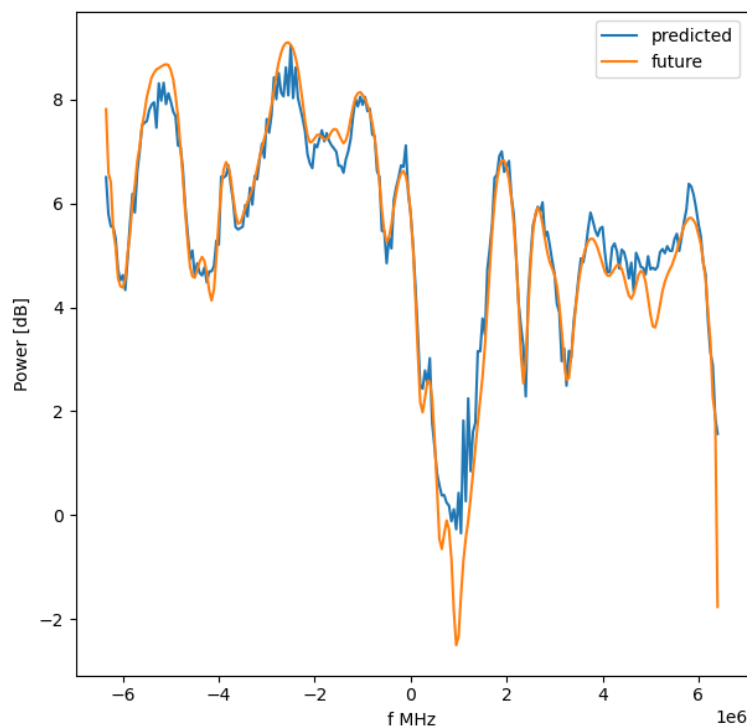


Figura 5: Densidade espectral de potência para  $\Delta t = 3$ .

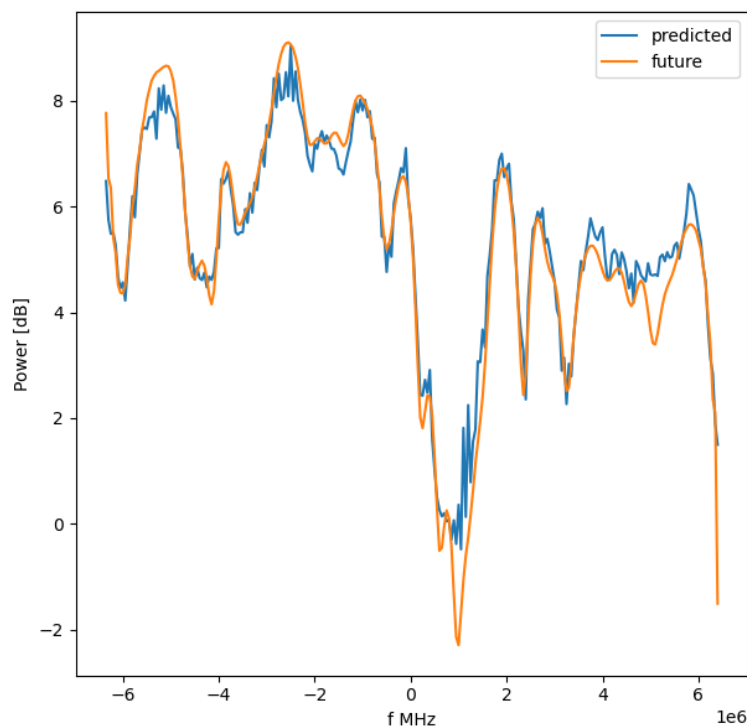


Figura 6: Densidade espectral de potência para  $\Delta t = 5$ .

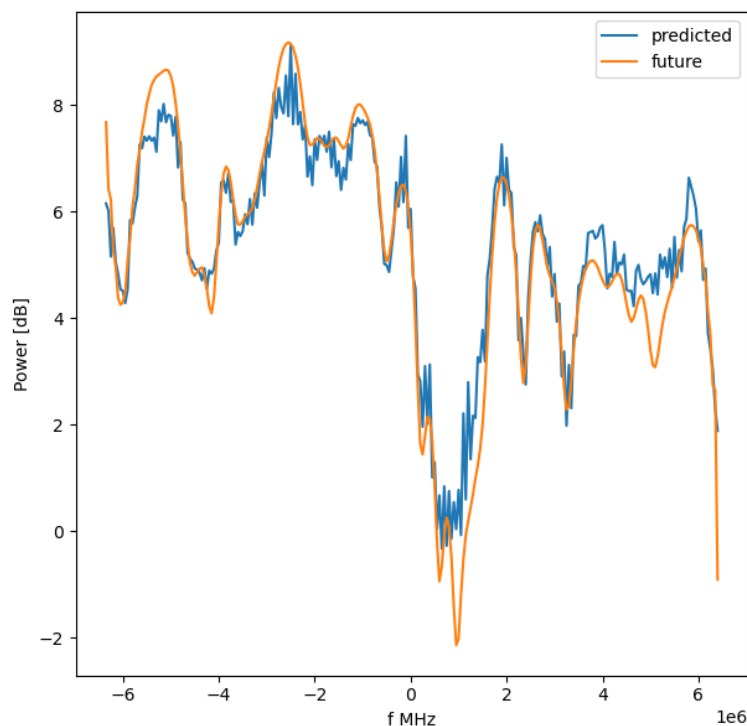


Figura 7: Densidade espectral de potência para  $\Delta t = 10$ .



Obrigado!!