OTIMIZAÇÃO DE ANÁLISE DO SINAL FOTOACÚSTICO UTILIZANDO MACHINE LEARNING: UMA ABORDAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DOS MATERIAIS

Gabriel de Azevedo Zanini (PIBIC/FA), Aloisi Somer (orientador), e-mail: asomer@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa – Departamento de Física.

Física, Física da Matéria Condensada, Propriedades Térmicas da Matéria Condensada.

Palavras-Chave: Efeito Fotoacústico, Difusividade Térmica, Flexão Termoelástica, Redes Neurais Artificiais.

Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação de técnicas de *machine learning* na otimização da análise do sinal fotoacústico, visando a caracterização térmica de materiais. Redes neurais artificiais do tipo *Multilayer Perceptron* foram treinadas com diferentes arquiteturas, variando número de camadas, neurônios e funções de ativação. Os resultados demonstraram que as redes neurais foram capazes de estimar parâmetros físicos, como difusividade térmica e coeficientes termoelásticos, com alta precisão, apresentando erros inferiores a 5% e coeficientes de determinação próximos a 1.

Introdução

O efeito fotoacústico ocorre quando um material absorve radiação e a converte em calor, gerando ondas de pressão (1) . A caracterização térmica por essa técnica é desafiadora devido à complexidade dos mecanismos envolvidos, como difusão térmica e flexão termoelástica. Nesse contexto, o uso de *machine learning* tem se mostrado promissor para otimizar a análise do sinal fotoacústico e reduzir erros em comparação a métodos tradicionais (2).

Materiais e Métodos

Foram desenvolvidas simuladas curvas teóricas do sinal fotoacústico a partir de equações teóricas de difusão térmica e flexão termoelástica por parâmetros conhecidos para serem utilizadas como bases de dados. Esses dados foram utilizados para treinar 12 redes neurais artificiais do tipo *Multilayer Perceptron* com diferentes configurações de camadas, neurônios e funções de ativação. A análise foi realizada considerando amplitude e fase do sinal em função da frequência de modulação para uma curva teórica de teste.

Resultados e Discussão

As redes neurais alcançaram coeficientes de determinação próximos de 1, com erros percentuais pequenos na estimativa dos parâmetros difusividade térmica (α_s), espessura (ls) e parâmetro termoelástico C2). Os melhores resultados foram obtidos quando amplitude (A) e atraso de fase (F) foram utilizadas em conjunto no treinamento ou quando a espessura foi fixada. A análise evidenciou que arquiteturas mais complexas, com maior número de camadas e neurônios, apresentaram melhor capacidade de generalização.

Figura 1. Amplitude e fase da Rede 5 usando os 3 parâmetros.

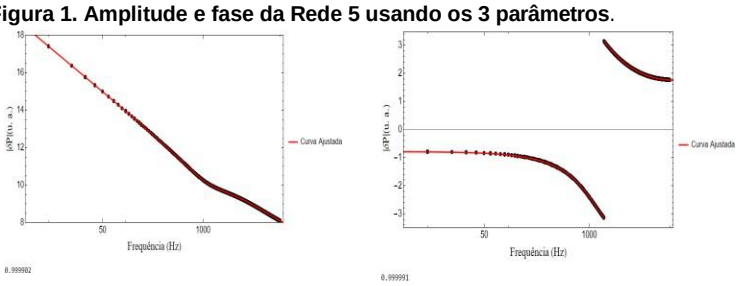


Tabela 1. Estimativa dos Parâmetros $C2$, l_s, e α_s e (R^2).

Rede	*R^2 - A*	*R^2 - F*	*C2*	*E (%)*	*ls*	*E (%)*	*α_s*	*E (%)*
R1	0.999	0.982	5.09	1.83	296.10	1.29	84.50	1.74
R2	0.998	0.964	5.24	4.86	295.90	1.36	84.36	1.90
R3	0.999	0.982	5.14	2.96	295.54	1.48	84.42	1.83
R4	0.998	0.982	5.08	1.75	296.20	1.26	84.59	1.63
R5	0.999	0.999	5.01	0.36	297.12	0.95	85.23	0.89
R6	0.999	0.982	5.09	1.87	297.31	0.89	85.25	0.86
R7	0.999	0.999	5.06	1.36	297.27	0.90	85.19	0.93
R8	0.999	0.999	5.06	1.36	297.27	0.90	85.19	0.93
R9	0.999	0.982	5.09	1.92	297.50	0.83	85.27	0.84
R10	0.999	0.982	5.16	3.36	297.65	0.79	85.44	0.64
R11	0.999	0.982	5.09	1.99	297.96	0.67	85.36	0.73
R12	0.999	0.999	5.05	1.12	298.18	0.60	85.59	0.46

Conclusão ou Conclusões

Observou-se que arquiteturas mais complexas, quando associadas ao uso conjunto da amplitude e fase ou à fixação da espessura, apresentaram melhor desempenho, com erros inferiores a 5% e coeficientes de determinação próximos a 1. Os resultados obtidos confirmam que a aplicação de redes neurais artificiais é uma ferramenta eficiente para a análise do sinal fotoacústico, permitindo estimar parâmetros térmicos e termoelásticos com alta precisão.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Araucária, pelo suporte financeiro por meio de bolsa de iniciação científica e ao PIBIC/UEPG pela oportunidade.

1 - SOMER, A. **Efeitos de modificações estruturais sobre a difusividade térmica efetiva em sistemas com dupla camada medida pela técnica de célula fotoacústica aberta**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências/ Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa - Ponta Grossa, 2016.

2 - DJORDJEVIC, K. LJ., et al. Use Neural Network in Photoacoustic Measurement of Thermoelastic Properties of Aluminum foil. **Measurement**, v. 199, p. 111537, 2022.