



**CONFORME SOLICITAÇÃO DO AUTOR, ESTA
PRODUÇÃO INTELECTUAL POSSUI
RESTRIÇÃO DE ACESSO**

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA

LUCAS MARCON

APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS NO APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA A
APROVAÇÃO DE COMPONENTES ESTRUTURAIS MECÂNICOS

CAXIAS DO SUL

2022

LUCAS MARCON

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS NO APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA A
APROVAÇÃO DE COMPONENTES ESTRUTURAIS MECÂNICOS**

Dissertação apresentada à Universidade
de Caxias do Sul como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Luís Corso
Prof. Dr. Alexandre Vieceli

CAXIAS DO SUL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

M321a Marcon, Lucas

Aplicação de redes neurais no apoio à tomada de decisão para a aprovação de componentes estruturais mecânicos [recurso eletrônico] / Lucas Marcon. – 2022.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2022.

Orientação: Leandro Luís Corso, Alexandre Viecei.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Engenharia mecânica. 2. Método dos elementos finitos. 3. Redes neurais (Computação). 4. Materiais - Fadiga. 5. Inteligência artificial. I. Corso, Leandro Luís, orient. II. Viecei, Alexandre, orient. III. Título.

CDU 2. ed.: 621:517

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

LUCAS MARCON

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS NO APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA A
APROVAÇÃO DE COMPONENTES ESTRUTURAIS MECÂNICOS**

Dissertação apresentada à Universidade de
Caxias do Sul como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Mecânica.

Orientadores: Prof. Dr. Leandro Luís Corso

Prof. Dr. Alexandre Viecei

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leandro Luís Corso

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Alexandre Viecei

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Marcos Alexandre Luciano

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Giovanni de Moraes Teixeira

Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Gustavo Mezzomo

Universidade de Passo Fundo

*A evolução do homem passa
necessariamente pela busca do
conhecimento.*

Sun Tzu

AGRADECIMENTOS

Por fim, esta vem a ser a última parte escrita deste trabalho, agradeço, em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e por ter me conduzido até aqui, sempre com muita sabedoria e força de vontade.

Agradeço a minha família, em especial a minha esposa Tainara Guadagnin Marcon, por seu apoio e paciência incondicional, durante momentos difíceis e momentos felizes. Aos meus queridos pais, Walsir Marcon e Marlene S. S. Marcon, que nunca mediram esforços para com a minha educação. Aos meus queridos sogros, Gilmar A. Guadagnin e Marilene C. Guadagnin por seu carinho e prestatividade para comigo.

Agradeço também aos meus queridos professores orientadores, Prof. Dr. Alexandre Vieceli e Prof. Dr. Leandro Luís Corso, por sua dedicação, disposição e orientação para comigo durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço aos meus queridos amigos, Cassiano e Bruno, que com seus respectivos trabalhos também se desafiaram nessa jornada de busca de conhecimento. Agradeço aos meus queridos colegas de trabalho da empresa Master Sistemas Automotivos, pelo seu apoio e prestatividade durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O Método de Elementos Finitos (MEF) é um recurso de cálculo virtual utilizado no mundo todo para determinar soluções aproximadas para problemas numéricos de engenharia. É comum que uma análise realizada pelo MEF se delongue de acordo com a sua complexidade, tornando um projeto caro e prolongado. Diante deste cenário, o presente trabalho buscou desenvolver uma Rede Neural Artificial (RNA) capaz de prever respostas de elementos finitos e vida sob fadiga para uma aranha de freio, como ferramenta de apoio na tomada de decisão em tempo real para validação estrutural de componentes mecânicos. Para isso, um modelo virtual numérico foi calibrado pelo MEF com base em teorias da mecânica, resultados obtidos de testes de bancada e instrumentações. Embasado por meio da calibração virtual, um banco de dados de elementos finitos foi gerado para aplicação da RNA, contendo 130 dados de um total de 4.800 combinações. O treinamento, validação e teste da RNA foi determinado por meio de um algoritmo de análise de desempenho da RNA. Por fim, os resultados obtidos com a RNA foram comparados com os resultados de elementos finitos e vida sob fadiga computacional, a eficiência do método de predição de respostas em tempo real foi mensurada por meio do *Mean Squared Error* (MSE).

Palavras-chave: Elementos Finitos, Vida sob Fadiga, Redes Neurais Artificiais, Validação Estrutural, Componentes Mecânicos.

ABSTRACT

The Finite Element Method (FEM) is a virtual calculation resource used around the world to determine approximate numerical solutions to engineering problems. It is common for an analysis carried out by the MEF to be delayed according to its complexity, making a project expensive and prolonged. Given this scenario, the present work sought to develop an Artificial Neural Network (ANN) capable of predicting finite element responses and fatigue life for a brake spider, as a support tool in real-time decision making for structural validation of mechanical components. For this, a numerical virtual model was calibrated by the FEM based on theories of mechanics, results obtained from bench tests, and instrumentations. Based on virtual calibration, a finite element database was generated for the ANN application, containing 130 data from a total of 4.800 possibilities. ANN training, validation, and testing were determined using an ANN performance analysis algorithm. Finally, the results obtained with the ANN were compared with the results of finite elements and computational fatigue life, and the efficiency of the real-time response prediction method was measured using the Mean Squared Error (MSE).

Keywords: Finite Elements, Fatigue Life, Artificial Neural Networks, Structural Validation, Mechanical Components.