



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

**CAXIAS DO SUL  
2021**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DE CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**FELIPE ACORDI COSTA**

**MÉTODO PARA A ANÁLISE DE VIDA EM FADIGA EM CHASSI DE  
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS A PARTIR DE DENSIDADES ESPECTRAIS DE  
POTÊNCIA**

**CAXIAS DO SUL**

**2021**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**ÁREA DE CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL**

**MÉTODO PARA A ANÁLISE DE VIDA EM FADIGA EM CHASSI DE  
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS A PARTIR DE DENSIDADES ESPECTRAIS DE  
POTÊNCIA**

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

Área de concentração: Projeto e fabricação

Orientador: Leandro Luís Corso

Coorientador: Alexandre Vieceli

**CAXIAS DO SUL**

**2021**

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

C837m Costa, Felipe Acordi

Método para a análise de vida em fadiga em chassi de implementos rodoviários a partir de densidades espectrais de potência [recurso eletrônico] / Felipe Acordi Costa. – 2021.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2021.

Orientação: Leandro Luís Corso.

Coorientação: Alexandre Veceli.

Modo de acesso: World Wide Web

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

1. Análise estrutural (Engenharia). 2. Metais - Fadiga. 3. Engenharia mecânica. 4. Método dos elementos finitos. I. Corso, Leandro Luís, orient. II. Veceli, Alexandre, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 624.04

**MÉTODO PARA A ANÁLISE DE VIDA EM FADIGA EM CHASSI DE  
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS A PARTIR DE DENSIDADES ESPECTRAIS DE  
POTÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Data de defesa: 25/02/2022.

Área de concentração: Projeto e fabricação

**Banca examinadora:**

---

Me. Eng. Giovanni de Moraes Teixeira  
Dassault Systèmes, UK

---

Prof. Dr. Marcos Alexandre Luciano  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Dr. Vagner do Nascimento  
Universidade de Caxias do Sul

**CAXIAS DO SUL**

**2021**

## RESUMO

Essa dissertação apresenta o desenvolvimento de um método para a análise de vida em fadiga em chassi de implementos rodoviários a partir de densidades espectrais de potência. Para isso foram utilizados sinais de acelerômetros triaxiais e uniaxiais posicionados em dez pontos de um chassi do implemento rodoviário, percorrendo variados tipos de pistas. Também foi utilizado um modelo de elemento finitos do chassi que foi disponibilizado pela empresa patrocinadora para a realização da pesquisa. Dentro do método proposto, três tipos de análises foram realizados: a análise operacional modal; análises harmônica e modal; e análise de vida em fadiga. Para a realização da análise operacional modal, os sinais foram tratados com filtros de passa baixas e de janelas e convertidos para o domínio da frequência. Como resultado, os dados modais referentes ao implemento são inseridos como propriedades de um modelo virtual de chassi em elementos finitos para obter funções de resposta de frequências através das análises harmônica e modal. Também se criou uma matriz de densidades espectrais de potência a partir das acelerações obtidas para que, juntamente das funções de resposta de frequências e, a partir de técnicas de cálculo de tensão (von Mises e Plano Crítico), os momentos espectrais são obtidos. Para obter as funções de probabilidade de densidade foram utilizados métodos de Dirlik ou Tovo-Benasciutti utilizando os momentos espectrais para, a partir das funções de probabilidade de densidade juntamente com curvas S-N, para calcular a vida em fadiga. A vida em fadiga foi calculada no domínio do tempo e da frequência para dois modelos de chassi, um simplificado e um completo. O modelo simplificado apresentou resultados aproximados em ambos os domínios, no domínio do tempo a pior vida se deu em 11.200 km e no domínio da frequência, 8.900 km. O modelo completo houve uma variação nos resultados, no domínio do tempo se obteve 847.000 km e no domínio da frequência 0.05 km. Futuros trabalhos para a obtenção de resultados mais precisos incluem: mais coletas em testes de durabilidade incluindo *strain gauges*; análises experimentais modais em cenários controlados; e avaliações de tensões residuais.

**Palavras-chave:** Durabilidade, Fadiga, Implemento Rodoviário, Chassi, Densidade Espectral de Potência (PSD), Análise Operacional Modal (OMA).

## ABSTRACT

This dissertation presents the development of a method for the fatigue life analysis in chassis of road implements out of power spectral densities. For this, triaxial and uniaxial accelerometer signals were used, which were positioned at ten points of a chassis of a road implement, covering various types of tracks. A finite element model of the chassis was also used, which was made available by the sponsoring company to carry out the research. Within the proposed method, three types of analysis were performed: modal operational analysis; harmonic and modal analysis; and fatigue life analysis. To perform the modal operational analysis, the signals obtained were treated with low-pass and window filters and converted to the frequency domain. As a result, modal data referring to the implement are entered as properties of a virtual finite element chassis model to obtain frequency response functions through harmonic and modal analysis. A power spectral density matrix was also created from the accelerations obtained so that, together with the frequency response functions and, from stress calculation techniques (von Mises and Critical Plane), the spectral moments are obtained. To obtain density probability functions, Dirlik or Tovo-Benasciutti methods are used using the spectral moments so that the fatigue life is calculated from the density probability functions together with S-N curves. Fatigue life was calculated in the time and frequency domain for two chassis models, one simplified and one complete. The simplified model presented approximate results in both domains, in the time domain, the worst life presented itself at 11.200 km and, in the frequency domain, 8.900 km. The complete model showed a variation in the results, 847.000 km in the time domain, and 0.05 km in the frequency domain. Future work to obtain more accurate results includes: more collections in durability tests including strain gauges; modal experimental analysis in controlled scenarios; and residual stress assessments.

**Keywords:** Durability, Fatigue, Road Implement, Chassis, Power Spectral Density (PSD), Operational Modal Analysis (OMA).