



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

**CAXIAS DO SUL
2018**



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS
MATERIAIS**

NORTON HERNANDEZ WILLE

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO DE MATERIAL DE
ATRITO UTILIZANDO A METODOLOGIA DE DELINEAMENTO DE
EXPERIMENTOS DE MISTURAS**

Caxias do Sul

2020

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS
MATERIAIS

NORTON HERNANDEZ WILLE

DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO DE MATERIAL DE ATRITO
UTILIZANDO A METODOLOGIA DE DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS DE
MISTURAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Materiais da Universidade de Caxias do Sul, visando a obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais, sob orientação da Prof. Dra. Maria Cristina Moré Farias

Caxias do Sul

2020

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

W698d Wille, Norton Hernandez

Desenvolvimento de uma formulação de material de atrito utilizando a metodologia de delineamento de experimentos de misturas [recurso eletrônico] / Norton Hernandez Wille. – 2020.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, 2020.

Orientação: Maria Cristina Moré Farias.

Modo de acesso: World Wide Web

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

1. Atrito. 2. Desgaste mecânico. 3. Ciência dos materiais. I. Farias, Maria Cristina Moré, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 62-592

NORTON HERNANDEZ WILLE

“Desenvolvimento de uma formulação de material de atrito utilizando a metodologia de delineamento de experimentos de misturas”

Dissertação apresentada à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Materiais da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais,

Caxias do Sul, 18 de dezembro de 2020.

Banca Examinadora:

Profª. Dra. María Cristina Moré Farias (Orientadora)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Cláudio Antonio Perottoni
Universidade de Caxias do Sul

Profª. Dr. Márcio Ronaldo Farias Soares
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Ney Francisco Ferreira
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelas bênçãos derramadas.

À minha esposa Mônica pelo constante incentivo e aos meus filhos Karen Viviane e Marcus Vinícius pela compreensão dos momentos em que não pudemos estar juntos. Aos meus pais, Maria Nela e Nelson, e à minha irmã Analía que sempre consideraram o estudo como parte essencial da formação pessoal e profissional.

À Profa. Dra. María Cristina Moré Farias, pela orientação e contribuição essenciais a este trabalho.

À empresa Fras-le pela oportunidade profissional e colaboração para com a realização deste trabalho. A todos os colegas do Centro de Pesquisa da Fras-le, em especial aos colegas dos Laboratórios Piloto, Físico e Químico pela ajuda na realização das amostras e ensaios.

À Universidade de Caxias do Sul, por disponibilizar recursos, instalações e equipamentos para a realização deste trabalho de mestrado.

RESUMO

Materiais de atrito são componentes fundamentais no controle de movimento de veículos e por isso possuem requisitos técnicos extremamente complexos. Atualmente não é suficiente desenvolver um produto que tenha estabilidade do coeficiente de atrito, requisitos de alta durabilidade, baixos níveis de ruído, ausência de fumaça e fagulhamento são características comuns nos novos projetos. Além disso restrições de uso de matérias primas – tais como amianto, chumbo e cobre buscam reduzir o impacto ambiental do material de atrito. Esta série de requisitos técnicos e restrições de produtos tem aumentado o ciclo de desenvolvimento de produto. O que se conseguia em períodos de seis meses de trabalho, atualmente chegam a três anos de trabalho. No intuito de se tentar reduzir o tempo de desenvolvimento, este trabalho traz uma abordagem no processo de seleção de matérias primas unindo as práticas do delineamento de experimentos de misturas com os ensaios em dinamômetro, analisando os resultados de atrito e de desgaste. A primeira parte deste trabalho contou com a seleção de matérias primas em três grupamentos de materiais que compõem um material de atrito – cargas, abrasivos e lubrificantes. Através da substituição simples em uma formulação base foi possível determinar quais eram as matérias primas mais promissoras para a segunda fase do trabalho. Na segunda parte do trabalho utilizou-se a ferramenta de delineamento de experimentos de misturas a fim de determinar a melhor relação destes três componentes em uma formulação real de material de atrito avaliando os resultados de eficiência de frenagem e o desgaste do corpo e contracorpo obtidos pelos ensaios de dinamômetro.

Palavras-chave: material de atrito, delineamento de experimentos, atrito, desgaste

ABSTRACT

Friction materials are fundamental components in vehicle motion control and therefore have extremely complex technical requirements. Currently it is not enough to develop a product that has friction coefficient stability, requirements of high durability, low noise levels, absence of smoke and bleaching are common features in new designs. Additionally, restrictions on the use of raw materials - such as asbestos, lead, and copper seek to reduce the environmental impact of friction material. This series of technical requirements and product restrictions has increased the product development cycle. What was accomplished in six month periods of work, currently reach three years of work. In order to try to reduce development time, this work brings an approach in the process of selection of raw materials. , combining the practices of the design of mixture experiments with the tests in dynamometer, analyzing the results of friction and wear. The first part of this work included the selection of raw materials in three groups of materials that make up a friction material - loads, abrasives and lubricants. Through simple substitution in a basic formulation it was possible to determine which were the most promising raw materials for the second phase of the work. In the second part of the work, the mixture experiment delineation tool was used to determine the best relationship of these three components in a real formulation of friction material evaluating the braking efficiency results and the body wear and counterbalance obtained by the dynamometer tests.

Keywords: friction material, experiment design, friction, wear