



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



THIAGO PENEDO DE BRITO AMBROSIO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO
PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS DENTRO DA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

VOLTA REDONDA

2025

THIAGO PENEDO DE BRITO AMBROSIO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO
PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS DENTRO DA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Materiais do Centro Universitário de Volta Redondo – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Materiais, na área de concentração de processamento e caracterização de materiais metálicos, linha de pesquisa de materiais metálicos.

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

VOLTA REDONDA

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

A496d Ambrosio, Thiago Penedo de Brito

Desenvolvimento de um sistema metodológico aplicado para seleção de materiais dentro da indústria automobilística. / Thiago Penedo de Brito Ambrosio. - Volta Redonda: UniFOA, 2025. 84 p. II

Orientador: Prof. Roberto de Oliveira Magnago
Coorientador: Prof. Alexandre Alvarenga Palmeira

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em
Materiais, 2025

1. Materiais - dissertação. 2. Metodologia de Ashby. 3. Ferramenta educativa - software. 4. Seleção de materiais. I. Magnago, Roberto de Oliveira. II. Palmeira, Alexandre Alvarenga. III. Centro Universitário de Volta Redonda. IV. Título.

CDD – 620.1



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
 CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
 PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
 MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



THIAGO PENEDO DE BRITO AMBROSIO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO
 PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS DENTRO DA INDÚSTRIA
 AUTOMOBILÍSTICA

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
 TÍTULO DE
 “MESTRE EM MATERIAIS”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE MESTRADO
 PROFISSIONAL EM MATERIAIS

Roberto de Oliveira Magnago

Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago
 Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Roberto de Oliveira Magnago

Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago
 Presidente / UniFOA

Alexandre Fernandes Habibe

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe
 Examinador interno / UniFOA

Marcela José Gonçalves

Prof. Dr. Marcelo José Gonçalves

Examinador externo / UBG

Junho de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, a minha família e meu professor que muito me apoiou e me incentivou a realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus Pai, a Jesus Filho e ao Espírito Santo por mais uma etapa vencida, por terem nos guiado e nos carregado por todos os caminhos, me aconselhando em todas as escolhas, e por terem designado um Anjo para nos acompanharem por todos os lugares.

A todos parentes e amigos, que direta ou indiretamente me apoiaram e motivaram para o sucesso.

Ao professor Roberto Magnago que me deu todo o suporte necessário para o desenvolvimento e conclusão do trabalho.

EPÍGRAFE

Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.

Marie Curie

AMBBRÓSIO, T. P. B. . Desenvolvimento de um sistema metodológico aplicado para seleção de materiais dentro da indústria automobilística. 2025. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2025.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo desenvolver uma ferramenta educativa, tomando como base a metodologia de Ashby. Esta ferramenta contribuiu para se elaborar vários projetos na área de engenharia utilizando-se de um plano itinerário na Seleção de Materiais (SM) definindo os tipos de materiais, seus dados específicos, dentre outras peculiaridades. Em seguida foi descrita a maneira pela qual se faz a seleção de matérias, bem como os fatores que influenciam, as especificações e critérios os quais se deve levar em consideração. A Metodologia utilizada é sistêmica para escolha do material mais adequado para um determinado projeto. Esta metodologia visa identificar a relação entre as propriedades dos materiais e as necessidades do projeto, facilitando a escolha do material que melhor atende às exigências e foi descrita, apresentando as vantagens, desvantagens e as características da utilização de técnicas de índice de mérito para análise das condições estipuladas pelo projeto. O método de Ashby foi sintetizado utilizando-se de um *software* que foi criado, com interface simples para o usuário. Foi escolhido o Personal Home Page (PHP) que possibilita reproduzir circunstâncias que demonstram como é realizado a SM e por ser de fácil manutenção. Apesar da existência de inúmeras ferramentas que auxiliam o Engenheiro Projetista, buscou-se nesse estudo demonstrar que a metodologia de Ashby possui um diferencial por se tratar de uma ferramenta apropriada para ser utilizada em diversos tipos de projetos.

Palavras-chave: Metodologia de Ashby; Ferramenta educativa; Seleção de Materiais.

AMBBRÓSIO, T. P. B. . Desenvolvimento de um sistema metodológico aplicado para seleção de materiais dentro da indústria automobilística. 2025. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2025.

ABSTRACT

This study aims to develop an educational tool based on the Ashby methodology. This tool contributed to the elaboration of a project in the engineering area using a itinerary plan in Material Selection (MS) defining the types of materials, their crystalline and microscopic structure, among other peculiarities. Then, the way in which the selection of materials is made was described, as well as the factors that influence, the specifications and criteria that should be taken into consideration. The methodology used was described, presenting the advantages, disadvantages and characteristics of the use of merit index techniques to analyze the conditions stipulated by the project. The Ashby method was synthesized using a software that was created, with a simple user interface. The Personal Home Page (PHP) was chosen, which allows reproducing circumstances that demonstrate how the MS is performed and because it is easy to maintain. Despite the existence of numerous tools that assist the Design Engineer, this study sought to demonstrate that the Ashby methodology has a differential because it is an appropriate tool to be used in various types of projects.

Keywords: Ashby Methodology; Educational tool; Selection of materials.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01. Fases de desenvolvimento de produto | 20 |
| Figura 02. Elaboração de produto | 21 |
| Figura 03. Grupos básicos de metais, cerâmicas, vidros, polímeros, elastômeros e híbridos | 23 |
| Figura 04. Metais | 23 |
| Figura 05. Cerâmico | 24 |
| Figura 06. Vidro | 24 |
| Figura 07. Exemplo de materiais polímeros | 25 |
| Figura 08. Exemplo de materiais elastômeros..... | 25 |
| Figura 09. Exemplo de material híbrido..... | 26 |
| Figura 10. Tipos deslocamento da superfície da trinca para materiais isotrópicos.. | 29 |
| Figura 11. Capacitação térmica – energia para alçar em 1º a temperatura de 1 kg de material..... | 30 |
| Figura 12. Condutividade térmica..... | 31 |
| Figura 13. Eficiente de expansão térmica linear quando a amostra é aquecida..... | 32 |
| Figura 14. Resistividade elétrica..... | 32 |
| Figura 15. Constante dielétrica..... | 33 |
| Figura 16. Diagrama E – p os materiais e seus envelopes..... | 42 |
| Figura 17. Métodos de seleção de materiais..... | 44 |
| Figura 18. Fluxograma que ilustra as etapas de desenvolvimento..... | 50 |
| Figura 19. Referência de programação PHP para criar etapa “cadastra material” .. | 52 |
| Figura 20. Amostra da interface phpMyAdmin | 54 |
| Figura 21. Etapas do programa..... | 57 |
| Figura 22. Fluxograma do processo | 58 |
| Figura 23. Tela inicial do programa... .. | 60 |
| Figura 24. Cadastro de novo material. | 62 |
| Figura 25. Banco de dados de materiais cadastrados | 63 |
| Figura 26. Materiais cadastrados: exclusão.. .. | 64 |
| Figura 27. Confirmação de exclusão de materiais cadastrados.. .. | 64 |
| Figura 28. Orientação para preencher o formulário..... | 65 |
| Figura 29. Lista de cadastro de materiais..... | 67 |

| | |
|--|----|
| Figura 30. Batente..... | 68 |
| Figura 31. Tela do programa | 69 |
| Figura 32. Tela do programa | 70 |
| Figura 33. Peneira de fenda | 71 |
| Figura 34. Tela do programa | 72 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Relação das principais características e propriedades utilizadas. | 52 |
| Tabela 2. Relação dos materiais escolhidos..... | 53 |
| Tabela 3. Cadastro de um material..... | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

| | |
|-----|----------------------------------|
| CCC | Cúbica de Corpo Centrado |
| CFC | Cúbica de Face Centrada |
| SM | Seleção de Materiais |
| PDP | Desenvolvimento do Produto - PDP |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 16 |
| 1.2 OBJETIVOS | 17 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 17 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 18 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 18 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 2.1 O PROCESSO DE PROJETAR | 19 |
| 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PROJETOS E ELABORAÇÃO DE PRODUTOS..... | 20 |
| 2.3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NAS INDÚSTRIAS..... | 22 |
| 2.4 MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES..... | 23 |
| 2.4.1 Materiais: unidades e propriedades | 28 |
| 2.5 MATERIAIS METÁLICOS | 35 |
| 2.6 SELEÇÃO DE MATERIAIS | 36 |
| 2.6.1 Fatores que Influenciam na SM..... | 37 |
| 2.6.2 Propriedades quanto ao índice de avaliação | 39 |
| 2.6.3 Normatização técnica..... | 39 |
| 2.7 MÉTODOS DE SELEÇÃO DE MATERIAIS | 39 |
| 2.7.1 Métodos de Análise e Apoio à Decisão | 40 |
| 2.7.2 Vantagens e desvantagens métodos multicritérios | 41 |
| 2.8 METODOLOGIA DE ASHBY | 42 |
| 2.8.1 Diagramas de propriedades de materiais | 42 |
| 2.8.2 A Estratégia de Seleção | 44 |
| 2.8.3 Fatores de mérito | 46 |
| 2.8.4 Seleção com múltiplas restrições | 49 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 50 |
| 3.1 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO | 50 |
| 3.2 CONSTRUÇÃO DO PROGRAMA | 56 |
| 3.3 COMUNICAÇÃO USUÁRIO/ PROGRAMA..... | 57 |
| 4 RESULTADOS ESPERADOS | 60 |
| 4.1 INTERFACE GRÁFICA | 60 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1 Cadastro de novo material | 61 |
| 4.1.2 Lista de materiais | 62 |
| 4.1.3 Seleção de materiais | 64 |
| 4.2 SIMULAÇÃO DE CADASTRO DE MATERIAL | 65 |
| 4.3 Estudo de caso | 67 |
| 4.3.1 Batente da mesa da área de preparação – OP10 linha de usinagem | 67 |
| 4.3.2 Peneira de fenda – centrifuga de cavaco de ferro fundido | 70 |
| 5 CONCLUSÃO | 74 |
| 6 TRABALHOS FUTUROS | 75 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 76 |
| APÊNDICES | 77 |
| ANEXOS | 82 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A seleção de materiais (SM) é muito relevante e em todo o tempo esteve associada ao desenvolvimento da sociedade visando satisfazer suas necessidades de sobrevivência segurança, conforto, melhores condições de vida, dentre outras. A relevância da SM deve-se ao fato de tornar possível transformar, criar, projetar, manipular, processar as matérias. Da mesma forma, as indústrias também estão sempre buscando inovações por meio de novos processos, produtos ou melhorias (EMERICK, SCHNEIDER, CUSSUOL, 2018).

A SM vem evoluindo de acordo com estudos e pesquisas que envolvem inovações tecnológicas, permitindo produzir novos produtos com mais qualidade. Para Ferrute (2000) trata-se de um processo que deve seguir o aspecto de um funil, uma vez que de acordo com a fase do projeto, diminui a quantidade de materiais selecionados ao utilizar critérios de eliminação.

Diante de tantas adversidades, os engenheiros enfrentam determinadas situações tais como: “que tipo de material utilizará nos projetos mecânicos”? Considerando-se os inúmeros tipos de materiais disponíveis no universo, eis a questão a ser pensada, tendo em vista outras adversidades a enfrentar como as restrições presentes no projeto, os tipos e funções do projeto.

De acordo com Ashby (2012) no passado os saberes relacionados ao produto (projeto) eram transmitidos a aprendizes. Portanto, a escolha do material era feita por critérios subjetivos de seleção que eram replicados a partir da experiência. Para o autor, além da escala de tempo que leva à experiência, considerava-se também a mobilidade de empregos, haja vista que o consultor que está na empresa hoje, provavelmente não estará amanhã, além da rápida evolução das informações sobre materiais.

O formato que tinha como base a experiência não era transparente por limitar a escolha do material que seria utilizado, e que atendesse aos diversos objetivos para solucionar infortúnios, o que não inovaria o projeto. A inovação é bem sucedida tendo em vistas as novas ideias, pela estruturação ideal de projeto. Assim, novos produtos podem ser criados pela empresa, visando a manutenção ou expansão de sua participação no mercado (EMERICK, SCHNEIDER, CUSSUOL, 2018).

Nos dias de hoje, diante da variedade de materiais disponíveis os profissionais da área de engenharia enfrentam muitos desafios ao desenvolver seus projetos, devido à existência de uma gama de produtos disponíveis. Levando em conta tais questões, pode-se considerar ainda as restrições que existem no próprio projeto, assim como o tipo, função, os custos envolvidos, dentre outras.

O método de Ashby é visto como um método apropriado para atender às demandas da engenharia. É utilizado pelo engenheiro projetista para identificar as propriedades necessárias ao projeto, permitindo também a SM por meio de alterações nas relações químicas ou no padrão estrutural do material (ROZENFELD et al., 2006).

O engenheiro projetista ao utilizar o referido método, poderá identificar as propriedades a serem utilizadas em seu projeto, selecionar por meio da mudança de relações químicas ou o padrão do material, e adicionar ou remover os elementos químicos. Assim, selecionará os materiais que estão no projeto desde a produção até o encerramento (ROZENFELD et al., 2006).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um produto que possa ser utilizado na área de ensino, aplicar a metodologia na seleção de materiais em uma empresa automobilística, tomando como base a metodologia de Ashby (2012).

1.2.2 Objetivos específicos

Criar um *software* educativo que possibilite a Seleção de Materiais o qual será acompanhado de um manual visando facilitar seu uso.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este estudo se justifica tendo em vista que a metodologia de Ashby pode ser utilizada em conjunto com outro método ou ferramenta, sendo assim, é adequada para desenvolver um sistema metodológico a ser aplicado na Seleção de Materiais em uma indústria automobilística.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O PROCESSO DE PROJETAR

A engenharia enfrenta desafios constantes devido a exigência de mercado que aumenta cada vez mais, sendo assim, torna-se necessário buscar auxílio por meio de métodos que acelere e simplifique o desenvolvimento do produto. O sucesso no processo de projetar produto está relacionado ao uso de métodos sistêmicos (LUCIANO, 2007).

Um produto possui características que são próprias, logo, requer soluções exclusivas. Portanto, é preciso que o projeto passe por fases distintas que integrem uma metodologia referente ao processo na busca de uma solução para um problema (EPPINGER, ULRICH, 2004).

A engenharia é o campo de saber que caminha entre a ciência e a arte, haja vista que os projetos de engenharia visam atender as necessidades ou desejos da humanidade. Observa-se, portanto, que projetar na engenharia é processar de forma iterativa. É um período em que se resolve um projeto fracionado em operações. Cada procedimento resulta um objeto até o produto final (COLLINS, 2005).

Vale destacar que se utiliza as mesmas atividades para se desenvolver diferentes tipos de produtos. A área industrial atua conforme as normas existentes, como a ISO-TS9000, que apresenta uma sequência de etapas para o Processo de Desenvolvimento do Produto - PDP (BRASIL, 2015).

Caso haja algum tipo de falha nos processos de SM, implicará em todo o processo. Diante do exposto pode-se afirmar que a escolha do material alcança diretamente a metodologia utilizada para a produção. Nesse entendimento, é necessário produzir um protótipo e fazer avaliações contínuas do desempenho do produto no mercado, analisando a viabilidade de produção em escala, verificando na diminuição das fraquezas do projeto (ASHBY; JONES, 2007).

Para Scheleski (2015) o resultado prático do problema de seleção inadequada de material é formular a metodologia do projeto. A cada dia que passa, surgem materiais novos, e maiores são as possibilidades de se elaborar um projeto

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE PROJETOS E ELABORAÇÃO DE PRODUTOS

Utiliza-se de diversos fatores para classificar um projeto, os de criação de produtos são classificados de forma útil, baseando-se na dimensão de mudanças referentes a projetos precedentes. Um projeto original compreende uma nova origem de uma ideia inovadora, em que os materiais oferecem uma combinação única de propriedades, promovendo a originalidade. O ato de projetar contribui para a criação de produtos ou serviços de alta qualidade (ROZENFELD et al., 2006).

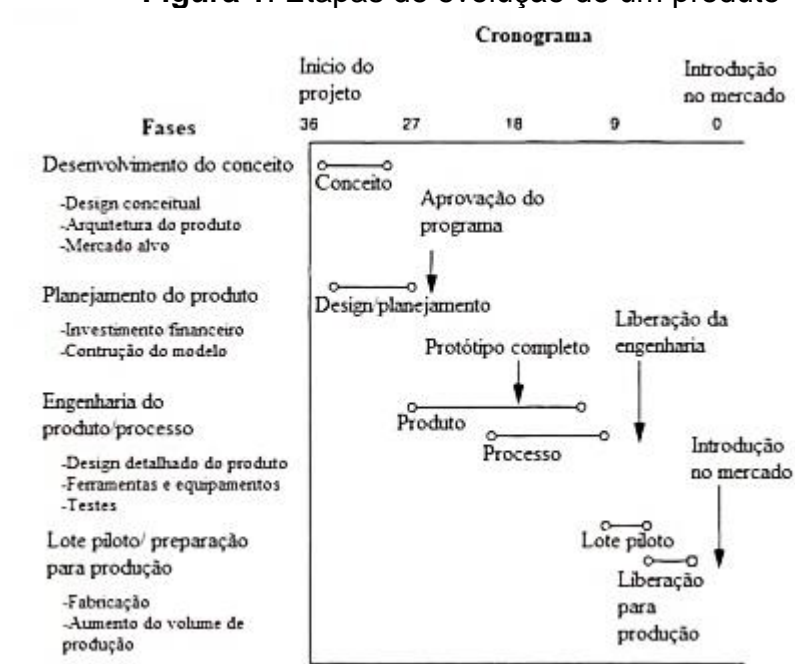
Em relação a elaboração de produtos, significa colher ideias para atingir os padrões do projeto de produto, conforme as necessidades do mercado. Após o lançamento do produto, busca-se informações sobre o mesmo visando fazer melhorias nos processos de desenvolvimento. Assim, considera-se que quando se desenvolve um produto é um projeto a ser feito (ROZENFELD et al., 2006).

O Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) é de grande relevância para promover a competitividade do negócio, levando em conta que a concorrência cresce constantemente. Considerando a exigência dos clientes que aumenta a cada dia, a produção deve ser feita com mais qualidade. (ROZENFELD et al.; 2006; XIN et al., 2008).

É na interface entre a empresa e o mercado que o PDP localiza-se envolve organização, pessoas, serviços, processos, produtos para detectar as necessidades reais e apontar soluções que atendam o mercado. Trata-se de procedimentos que modifica os dados fundamentais para especificar a exigência, a elaboração e a utilização do produto (ROZENFELD et al. 2006; BACK et al., 2008).

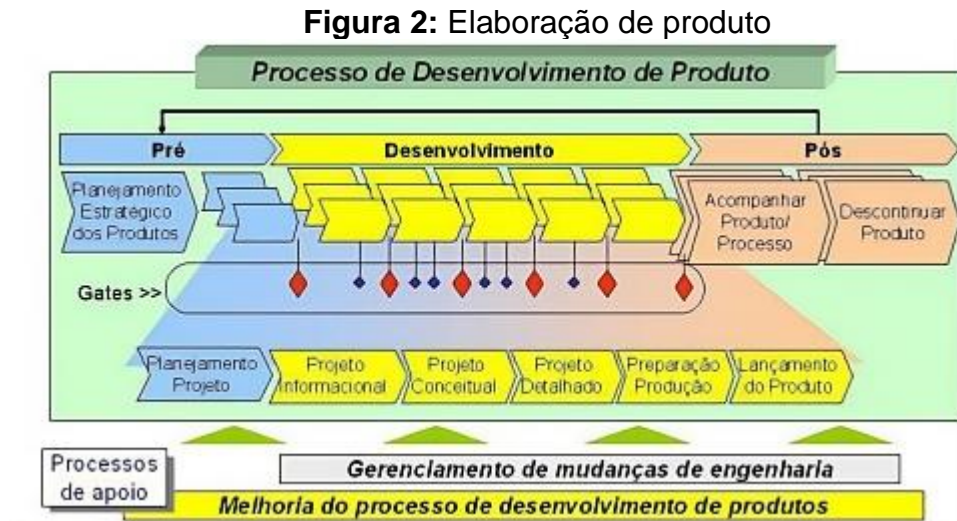
Desenvolver um produto consiste em uma atividade complexa, envolve conhecimentos e preferências de clientes, engenheiros, designers e empresários, dentre outros.. Por esse motivo, a estratégica é muito relevante, visa identificar as necessidades em todas as etapas do processo, explorar possibilidades tecnológicas e assegurar qualidade em sua totalidade e custo concorrente. A figura 1 apresenta as fases de desenvolvimento de um projeto (ROZENFELD et al.; 2006; BAXTER, 2011).

Figura 1: Etapas de evolução de um produto



Fonte: Wheelwright e Clark (1992)

Após aprovação do projeto, inicia a etapa de engenharia, que é desenvolver ferramentas e equipamentos essenciais para a produção e construir protótipos. É feito testes de desempenho, alterações se o exemplar sugerido não atender às especificações do projeto. Em seguida, faz a construção exemplar, testando a eficiência da produção em nível comercial. O modelo de PDP de Rozenfeld et al. (2006) que se fraciona em três macrofases está apresentado na figura 2: (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992).



Para Rozenfeld et al. (2006), a macrofase de pré-desenvolvimento abrange os ciclos de planejamento estratégico dos produtos e do projeto. Na macrofase, define-se as especificações e o ciclo de vida do produto, testando os protótipos até sua preparação para a produção e distribuição e engloba o acompanhamento do processo e do produto.

A metodologia de elaboração de produto tem três macrofases que se decompõem em 8 fases. Ao final de cada fase, avalia-se o resultado obtido, e passa para a próxima fase. Cada fase possui atividades que são desdobradas em tarefas. Avalia-se também ao final de cada fase a equipe de projeto denominada gate (BACK et al., 2008).

2.3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NAS INDÚSTRIAS

As indústrias estão sempre em busca de inovações, visando melhorias nos processos que já estão sendo utilizados, ou mediante novos processos. Inovar exige uma boa estruturação do projeto possibilitando com mais rapidez a criação de produtos e ampliação de seus negócios (ROZENFELD et al, 2006).

Qualquer projeto se refere a diversas decisões, posto isto, é necessário o planejamento e organização do processo decisório. A SM tem papel relevante, a

finalidade é aprimorar produtos e processos. Para isso, é fundamental fazer uma análise minuciosa associando as funções, limitações e características dos materiais em qualquer situação (ASHBY, 2007; FARAG, 2014).

As inovações tecnológicas representam uma evolução da SM, por permitir diversas possibilidades de desenvolvimento na fabricação de produtos mais atuais preservando o meio ambiente. O processo da SM de acordo com Ferrante (2000) deve ser afinado, assim, em cada ciclo do projeto a porção de materiais seletos como escolhas viáveis diminuem por meio de especificações.

Desenvolver um produto requer diversas atividades, portanto, desde sua idealização até chegar ao cliente, a SM e processos devem estar presente. A escolha do material é muito relevante durante o processo de um projeto. Trata-se de uma prática fundamental realizada por engenheiros e projetistas que enfrentam ao realizar uma escolha mediante milhares de materiais disponíveis (FARAG, 2014).

Emerick; Schneider e Cussuol (2018) demonstram que o início do processo se dá com o planejamento do projeto, passando pelas etapas de informação, conceituação e de detalhamento, sendo concluso para a fabricação e projeção do produto.

2.4 MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Ashby; Jones (2007) afirmam que o profissional de engenharia tem a sua disposição muitos tipos de materiais. Muitas propriedades dos materiais são conhecidas e vivenciadas em situações de baixo risco à vida no dia-a-dia. Existe uma grande quantidade de componentes de engenharia que são feitos de metais. A tecnologia evoluiu, portanto os profissionais estão sempre aprendendo a dominar outros tipos de materiais, como o polímero, que substitue os metais.

Ashby (2012) apresenta uma classificação de materiais de Engenharia em seis famílias gerais. A figura 3 traz as famílias em que cada membro possui propriedades, rotas de processamento e são aplicadas de forma semelhantes.

Figura 3: Materiais de engenharia e suas famílias.



Fonte (ASHBY, 2012).

Para Ashby (2012), esses grupos apresentam as seguintes características: Metais, Cerâmicas, Vidros, Polímeros; Elastômeros; e Híbridos.

- a) **Metais:** são materiais rígidos, o módulo de elasticidade é um pouco alto, quando puros, é macio e deforma com facilidade, se for misturados com elementos de liga ou por tratamentos térmicos, podem se fortalecer possibilitando controlar suas características conforme a aplicação e serem conformados por processos de deformação, conforme figura 4.

Figura 4: Metais



Fonte: (GROOVER, 2014).

b) **Cerâmicas:** Ao se comparar com os metais, seus módulos de elasticidade altos, mas são frágeis, sua utilização em projetos apresenta certa dificuldade. Por ser desprovida de resistência à tração, recebem a classificação de materiais que sofrem fratura frágil, apresentam pouco ou nenhum campo de deformação plástica no que se refere à Tensão X Deformação. A figura 5 apresenta alguns exemplos de do material cerâmico.

Figura 5: Cerâmicos



Fonte: (GROOVER, 2014).

c) **Vidros:** A figura 6 apresenta exemplos de vidros, e pode visualizar que se trata de substâncias sólidas e não cristalina (amorfa) a temperatura de transição vítrea. Geralmente são vistos como vidros de cal de soda e de borossilicato em forma de garrafas e utensílios de cozinha.

Figura 06: Vidro



Fonte: (GROOVER, 2014).

- d) **Polímeros:** Considerando-se que os módulos de elasticidade cinquenta vezes mais baixo que os dos metais. São de fácil conformação e tem maiores deflexões elásticas, na figura 7 pode-se visualizar exemplos.

Figura 07: Exemplo de materiais poliméricos



Fonte: (GROOVER, 2014).

- e) **Elastômeros:** Apresenta propriedades elásticas que são obtidas após reticulação, trata-se de polímeros de cadeia cumprida acima da sua temperatura de transição vítrea, T_g . Suportam grandes deformações antes da ruptura, na sua maioria sendo orgânicos. Caso seja necessário o profissional fazer opção por um material e sua opção for o elastômero, enfrentará um grande que é fazer uma comparação com outro material de classe diferente. Exemplos de elastômeros são vistos na figura 8.

Figura 08:- Exemplo de materiais elastômeros



Fonte: (GROOVER, 2014).

- f) **Híbridos:** É configuração pré-determinada de materiais. Essa categoria possui como vantagem a combinação das propriedades que atraem as famílias de materiais que já existem e que reduzem evitam alguma desvantagem. Na natureza, a maioria dos materiais são híbridos como, madeiras, pele, folha, osso. São resistentes e muito leves. Sua maior aplicação acontece em carros de luxo e esportivos. Na figura 9 pode-se visualizar exemplos de materiais híbridos.



Em um projeto, existe um consenso acerca do uso de materiais já conhecidos por se tratar de materiais já experimentados e com maior número de dados. Entretanto, inovar é necessário no desenvolvimento de produtos utilizando novos materiais. O projetista é responsável pela SM e análise dos dados. Em um projeto, a inovação caminha paralelo a novos materiais (ASHBY, 2012).

As informações acerca de novos materiais podem ser organizadas em banco de dados, ficando disponíveis para serem utilizadas em determinado projeto. Apesar disso, é necessário conhecer suas vantagens e desvantagens, como conformá-lo ou uni-lo. Deve buscar informações se esse material já foi utilizado e se houve falhas. Para isso, deve-se buscar manuais e documentadas para direcionar o projeto. (ASHBY, 2012).

2.4.1 Materiais: unidades e propriedades

O material tem muitos atributos que são montados por ensaios sistemáticos os quais caracterizam suas propriedades. As características principais destacam as categorias dos materiais, propriedades, unidades e símbolos (GARCIA, 2000).

Segundo Ashby (2012) o tipo de materiais possuem as seguintes características:

- a) **Propriedades gerais:** a massa por unidade de volume, classifica-se como densidade. É medida da mesma forma que Arquimedes fazia no passado. O preço é um atributo variável conforme o mercado por uma parcela bem vasta, pela quantidade.

- b) **Propriedades mecânicas básicas:** O módulo de Young mostra a curva que carrega a compressão ou tração e tem seus fundamentos através desse módulo, o princípio é a lei de Hook que engloba tensão e deformação, conforme módulo de elasticidade (E)

Em relação ao módulo de elasticidade volumétrica ocorre com a pressão hidrostática em determinadas situações.

Os limites de segurança de um projeto deverão ser avaliados pelo engenheiro. A definição em polímeros é vista como a tensão à que decorre Tensão X Deformação tornando-se não linear, devido ao cisalhamento e que deixa o material plástico deformado definitivamente. Após sofrer elevada tração, pode-se ver quando o material polimérico fica com uma cor esbranquiçada (DIETER, 2025).

A resistência dos cerâmicos e vidros é relacionada à fragmentação sobre carregamento de tração esse refere a compressão. Isso demonstra que a resistência ao esmagamento é superior ao se comparar à tração.

Os materiais que trabalham sob flexão ou são de difícil fixação, como exemplo a cerâmica cuja resistência pode ser medida por flexão. Casos como esse são chamados de resistência à flexão, ou módulo de ruptura. A resistência para os compósitos é mais precisa, tendo em vista a existência de um desvio padrão referente ao comportamento elástico linear que vale 0,5%. Isso quer dizer que a inclinação da reta em 0,5% para a direita, no eixo X, retrata a parcela de deformação plástica no ponto de seu rompimento (GARCIA, 2000).

Na área da Engenharia os materiais são avaliados por ensaio de Flexão, os metais são classificados levando-se em consideração sua função escoamento, que descreve de maneira geral a curva do campo elástico e a do campo plástico. Essa última é a muito relevante por estabelecer o marco de vazamento do material até sua fratura (REDDY, 2008).

A resistência à tração que é na resistência da execução de uma carga de tração uniaxial progressiva em um material típico até a ruptura. O objetivo dessa particularidade é avaliar a variação do comprimento do material na direção axial como função de uma carga (F).

Por meio dos ensaios de tração, é possível analisar aspectos relevantes que envolvem diversos itens deste tópico, como o limite de resistência à tração (σ), limitação de escoamento (σ_0), módulo de elasticidade (E), resiliência (U_r), tenacidade (U_t), ductilidade, coeficiente de encruamento (n) e coeficiente de resistência (k). O ensaio de tração é influenciado por fatores como temperatura, dentre outras (GARCIA, 2000).

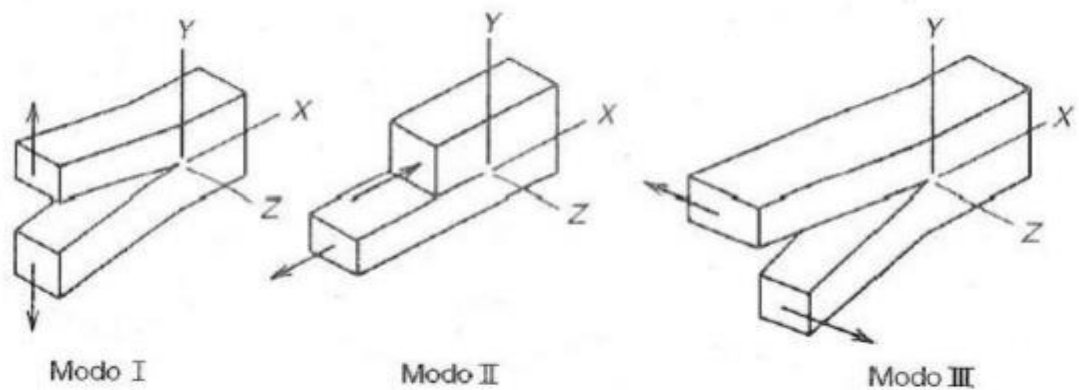
Quanto aos carregamentos de tração destaca-se o seu efeito principal: ao contrário dos carregamentos de compressão para qualquer classe de material, nos esforços trativos pode surgir trincas e em consequência, a propagação das mesmas, ainda que já internas por causa de defeitos ou impurezas, criadas pelo carregamento ocasionando falhas danosas (GARCIA, 2000).

- a) **Tipo alternada:** Sua tração e compressão possui a aplicação de carga (F), são conhecidas devido ao alto risco e pelo tratamento que em um projeto mecânico, requer cautela.
- b) **Tipo flutuante:** São de carga trativa ou compressiva e são responsáveis pelas trincas. Trabalham somente nas zonas trativa e compressiva, ou seja, não há a possibilidade da carga flutuante que são cargas externas aplicadas.
- c) **Tipo Irregular aleatória:** Possui comportamento compressivo ou a carga é trativa, portanto, o projetista precisa ficar atento acerca da quantidade de ciclos de cada máquina ou no projeto.

É necessário realizar o teste de resistência a penetração para registrar a dureza, ou seja, a propriedade superficial do material é devido a sua natureza em qualquer tipo de material, os testes são feitos independentes da forma geométrica. Esta propriedade é caracterizada no ensaio de dureza e podem ser medidos por vários tipos de escala conforme a necessidade.

A tenacidade é definida pela energia total precisa até o surgimento de uma fratura, em condição de solicitação estática. A tenacidade tem como finalidade medir a resistência do material a propagação de uma trinca. A tenacidade à fratura pode ter três peculiaridades de modos de falhas que são: KIC, KIIC e KIIC, tem a finalidade de coletar dados da abertura e direção de propagação da trinca, conforme demonstra a figura 10. Estes testes auxiliam o projetista a definir a aplicação e os critérios de seleção do material (GARCIA, 2000).

Figura 10: Tipos de deslocamento da superfície da trinca para materiais isotrópicos



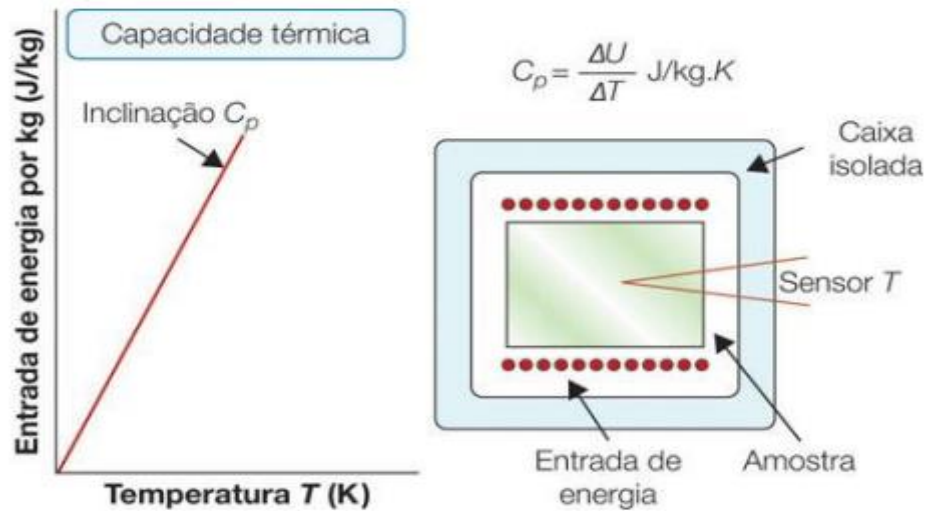
Fonte: (GARCIA, 2000).

- d) **Propriedades térmicas básicas:** A resistência das ligações nos sólidos está diretamente relacionada às temperaturas de fusão e de transição. Apenas os sólidos cristalinos possuem um ponto de fusão bem definido, enquanto os sólidos não cristalinos, apresentam uma temperatura caracterizada pela transição de sólido para líquido. Para aquecer um material, é necessário fornecer energia; para cada 1 kg, é preciso 1 K de energia, e essa medição é realizada por meio de pressão (ASHBY, 2012).

De acordo com Dieter (2025) a temperatura e serviço máxima e mínima são tão importantes quanto as supracitadas. A máxima que indica alterações químicas, fluência excessiva e a mínima representa o comportamento do material em baixa temperatura, influenciado de forma direta na transição dúctil frágil.

A capacidade térmica (calor específico) equivalente a energia para esquentar 1kg de um material, por meio da pressão atmosférica e com iconografia C_p . Usa-se a simbologia C_v quanto aos gases, pois permite medir através da destreza térmica a volume contínuo, mede-se capacidade térmica por meio da transição vítrea, que é através de calorimetria. É fornecida uma quantidade medida de energia a uma amostra de material com massa conhecida, daí, afere-se a elevação de temperatura no material admitindo-se o cálculo de energia/kg.K, figura 11 (ASHBY, 2012).

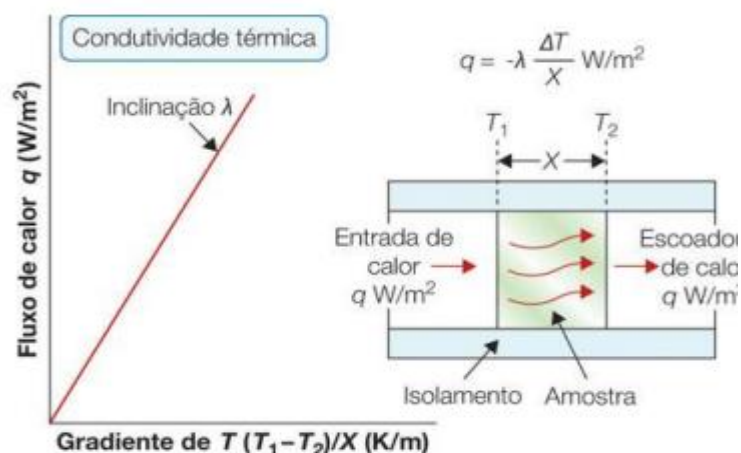
Figura 11: Capacitação térmica - energia para alçar em 1°C a temperatura de 1kg de material.



Fonte: (ASHBY, 2012).

Um material para ser aquecido exige tempo e energia, onerando o financeiro. A condutividade térmica é outra propriedade, identifica-se essa exigência ao calcular a taxa que conduz o calor por meio de um sólido de forma permanente. A figura 12 apresenta a maneira pela qual se realiza esta medição, onde se registra o fluxo de calor, que é continuamente transmitido da superfície de temperatura mais elevada para a superfície de temperatura mais baixa, podendo ser calculada pela lei de Fourier (ASHBY, 2012).

Figura 12: Condutividade térmica

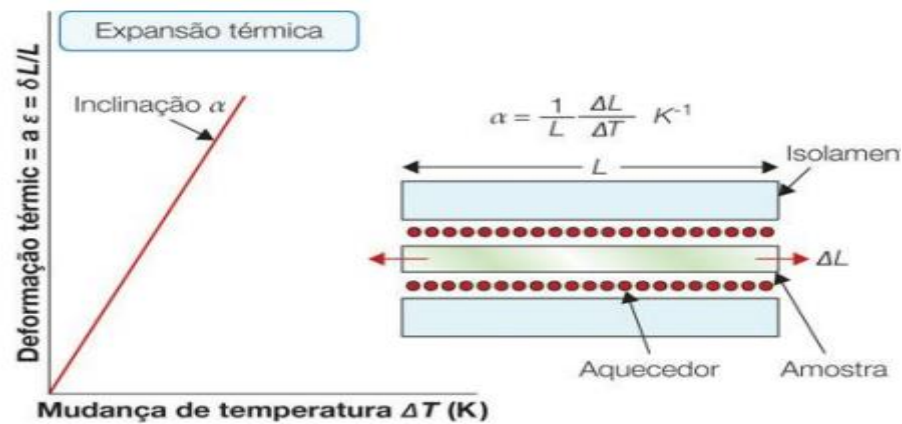


Fonte: (ASHBY, 2012).

Grande parte dos metais ao serem aquecidos ocorre a térmica linear (α), o que possibilita medir a deformação térmica por grau de mudança de temperatura. Sendo o material isotrópico, o volume de expansão é exibido por 3α , em relação aos

materiais anisotrópicos precisa de dois ou mais coeficientes para avaliação, transformando o volume de expansão a soma das principais deformações térmicas, conforme pode ser observado na figura 13(ASHBY, 2012).

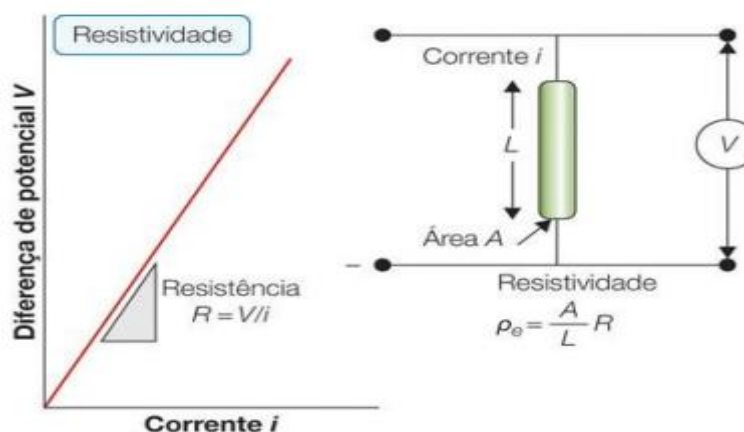
Figura 13: Coeficiente de expansão térmica linear quando a amostra é aquecida.



Fonte: (ASHBY, 2012).

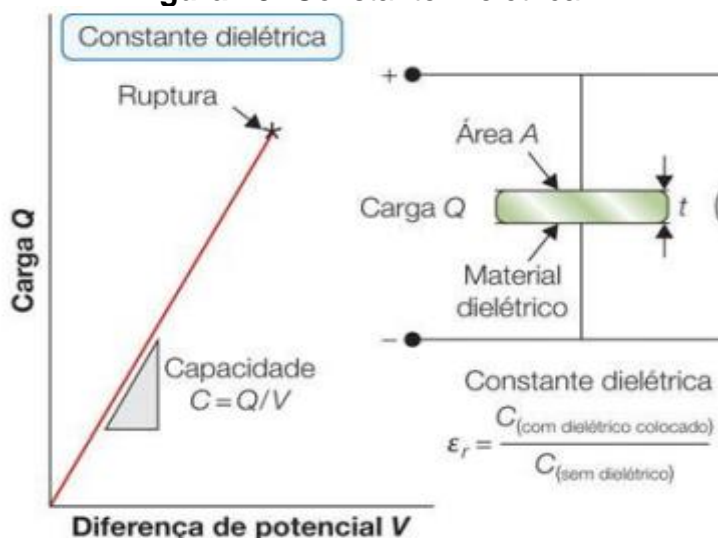
A resistência ao choque térmico ΔT mede a máxima diferença de temperatura, podendo o material ser resfriado com água e de forma repentina, não causando dano. Tal propriedade caminha em conjunto com a resistência a fluência (ASHBY, 2012).

- **Propriedades elétricas:** Define-se a resistividade elétrica como resistência de um cubo unitário com distinção de potência unitária entre um par de suas faces, figura 14. Pode ainda ser fixada como o contrário a condutividade elétrica. Alguns projetos necessitam de materiais com alta condutividade, cita-se como exemplo o caso de luvas para manipulação (ASHBY, 2012).

Figura 14: Resistividade elétrica.

Fonte: (ASHBY, 2012)

Falando ainda de propriedade de medição relativa com a anterior é a constante dielétrica, figura 15, conferida a materiais isolantes, que mede a tendência à polarização de um isolante (ou dielétrico) no momento em que é colocado em um campo elétrico, que é polarizado e surgem em sua superfície cargas que protegem o interior contra o campo elétrico. Trata-se da relação entre a quantidade de eletricidade armazenada em presença de um isolante e a quantidade de eletricidade armazenada na presença de vácuo. Um tipo de aplicação são os capacitores que servem para armazenar energia (ASHBY, 2012).

Figura 15: Constante Dielétrica.

Fonte: (ASHBY, 2012).

Diante do exposto, conclui-se que as propriedades elétricas básicas, tem-se o potencial de ruptura (MV/m) é o gradiente de potencial elétrico em que um isolante sofre ruptura e um surto prejudicial de corrente o atravessa.

2.5 MATERIAIS METÁLICOS

Estão presentes no cotidiano do homem, é utilizado na fabricação de produtos simples como uma chave de roda para carro e em projetos mais complexos. Existem muitos tipos de metais e com diversas denominações e propriedades, porém, a maioria deriva do aperfeiçoamento das formulações básicas. Dessa forma, conhecendo os metais genéricos, conhecerá a maioria de materiais metálicos (COLLINS, 2005).

Os materiais metálicos com formação ferrosa, o principal elemento é o ferro. A produção das ligas é maior em relação a qualquer outro tipo de metal, onde se incluem os aços inoxidáveis, os aços carbono comuns, aços-ferramentas e os ferros fundidos. Geralmente na composição dos ferros fundidos contem teores de carbono acima de 2% em peso e aços são as ligas de ferros e teores de carbono de até 2% em peso (PADILHA, 2000).

O ferro não é encontrado puro na natureza, e sim se apresenta combinado com outros elementos, formando diversos compostos, como a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), que são os mais importantes. A oxidação, que é perda de elétrons é uma das desvantagens de se utilizar materiais ferrosos por causa das composições químicas. As três formas que levam à oxidação são: a adição de oxigênio à substância; a perda de hidrogênio em uma substância e quando a substância perde os elétrons (CHIAVERINI, 2002).

Já os materiais metálicos não ferrosos, utilizam-se os metais não ferrosos para fabricar equipamentos que não podem oxidar e necessitam ter um peso considerado leve. Geralmente são metais utilizados em projetos mecânicos, ligas metálicas que não têm ferro e se tiver, a quantidade é pequena (PADILHA, 2000).

As ligas metálicas são raras serem utilizadas em seu estado puro, geralmente engloba elementos que são transformados em ligas, passando a ter propriedades mecânicas melhores. Os elementos de liga se dissolvem no metal base, transformando-o em uma solução sólida (ASHBY; JONES, 2007).

Os materiais metálicos com estrutura cristalina são tudo aquilo que se emprega na confecção de bens materiais como habitações, veículos, máquinas, utensílios, dentre outros. Na área de os materiais são classificados em três classes: Metais, Cerâmicas e Polímeros e uma classe de Compósitos (FERREIRA, 1986).

Quanto aos cristais, formam contornos irregulares em razão dos pontos de contato de cada conjunto, à vista disso, formam os grãos que são ligados por uma película denominada contorno de grão. Desse modo, os planos de maior densidade atômica têm uma menor resistência ao escorregamento dos planos dependendo de seu formato alotrópico (CHIAVERINI, 2002).

2.6 SELEÇÃO DE MATERIAIS

A importância da SM sempre esteve vinculada ao desenvolvimento da sociedade visando satisfazer suas necessidades de sobrevivência, segurança, conforto, melhores condições de vida, dentre outras. Essa temática é tratada em livros, como a capacidade do homem em transformar, elaborar, projetar. Da mesma forma, as indústrias também estão sempre buscando inovações por meio de novos processos, produtos ou melhorias (EMERICK, SCHNEIDER, CUSSUOL, 2018).

O profissional de engenharia se depara com um grande desafio, “que tipo de material utilizará nos projetos mecânicos”? Considerando-se os inúmeros tipos de materiais disponíveis no universo, eis a questão a ser pensada, tendo em vista outras adversidades a enfrentar como as restrições presentes no projeto, os tipos e funções do projeto. Diante desse cenário, qual o custo dos materiais envolvidos no projeto e do processo de fabricação do projeto?

Anteriormente as informações referentes ao produto (projeto) apresentavam-se a principiantes que a posteriori poderiam exercer o cargo de mentor dos materiais nas organizações onde prestavam serviços. A escolha do material era feita por critérios subjetivos de seleção que eram replicados a partir da experiência este modelo que teve como base a experiência, ocultava complicações originárias da limitação referentes à escolha final do material, porque não existia um banco de dados (ASHBY, 2012; EMERICK; SCHNEIDER; CUSSUOL, 2018).

Collins (2005) nos diz que as etapas fundamentais da SM que poderão ser aplicadas são: analisar os requisitos dos materiais metálicos para aplicação; montar uma relação de materiais apropriados com dados da avaliação de desempenho, como o “melhor” material; ajustar a relação dos materiais exigidos para a aplicação visando selecionar os “melhores” materiais candidatos para o projeto.

A metodologia de Ashby é considerada como um método ideal para atender às demandas enfrentadas pela área da engenharia. Sua utilização pelo engenheiro projetista ocorre para identificar as propriedades que serão usadas no projeto e ainda pode fazer a seleção mudando o padrão do material. (ROZENFELD et al., 2006).

O engenheiro projetista ao utilizar o método de Ashby poderá identificar as particularidades a serem usadas no projeto, selecionar por meio da mudança de relações químicas ou o padrão do material, e ainda adicionar ou remover os elementos liga em geral ou elementos químicos (ROZENFELD et al., 2006).

2.6.1 Fatores que influenciam na seleção de materiais

Ao elaborar a relação de materiais, a condição mais importante para sua seleção atenda as exigências do projeto, deve-se considerar: viabilidade; gasto; especificidades mecânicas, físicas, químicas e dimensionais do material; processos de fabricação, usinabilidade, formabilidade, potencial de união, acabamento e revestimento (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

- a) **Disponibilidade:** mesmo que se encontre um material adequado para aplicação em um projeto, deve também está disponível. O projetista deve ficar atento quanto ao tempo total necessário para se obter o material; organizações que podem prover; se a disponibilidade do material está com configuração geométrica necessária; a quantidade de material disponível; a possibilidade do material está à disposição futuramente; se algum material é específico e limitada sua disponibilidade do material.
- b) **Custo:** as características econômicas é uma das causas iniciais na análise dos materiais, o custo X benefício devem ser alinhados, ajustando qualidade, atendimento e preço. Deve-se considerar o custo referente ao ciclo total de vida do componente, o que inclui os custos iniciais do material, de processamento e fabricação, de instalações e o custo de operação / manutenção.
- c) **Tempo disponível:** reporta-se ao momento em que se faz a seleção de materiais;
- d) **Especificações mecânicas:** ao fazer a seleção do novo material, deve observar características físicas, químicas e dimensionais do material;
- e) **Processos de fabricação:** ao selecionar um novo material é necessário observar se tem bom acabamento, boa usinabilidade ou algum tipo de revestimento.

Devem-se levar em consideração as propriedades mecânicas, processos de fabricação, e outros fatores, tais como: previsão de vida em operação, despesas com transportes e manuseio, reciclabilidade e descarte.

Collins (2005) afirma que ao conhecer as peculiaridades gerais de aplicação, elas podem ser utilizadas conforme exigências de desempenho e serviços. Como exemplo, podemos citar a aplicação em temperaturas altas, até mesmo em um ambiente oxidante com a finalidade de analisar quais serão os resultados do material, ou seja, observar o comportamento do material no momento da aplicação.

Salienta-se que essa demanda é relevante, visto que as propriedades dos materiais são indicadores de desempenho e serviços. O desgaste é referente à

dureza, a rigidez está relacionada ao modo de elasticidade, facilitando, a tradução dessas características específicas descrita em como forças aplicadas, tensões etc, para as peculiaridades mecânicas de um material (COLLINS, 2005).

Podem-se elaborar padrões de SM materiais de inúmeras maneiras. Como os mais representativos que oferecem resultados os quais se deseja obter, relacionando com outros processos de fabricação, custo benefícios, previsão de vida em operação dentre outros (ASHBY; JONES, 2007).

2.6.2 Propriedades quanto ao índice de avaliação

As constantes de ajuizamento de performance com intuito de comparar materiais candidatos para serem utilizados, é preciso encontrar quantitativos dos materiais para cada um dos parâmetros-chave que engloba os índices de avaliação pertinentes. As propriedades usadas como parâmetros na SM devem ser caracterizadas para que o projetista possa relacionar o nível de desempenho com as peculiaridades pleiteadas do material apropriado (COLLINS 2005).

2.6.3 Normalização Técnica

No que se refere aos materiais, a norma técnica tem como objetivo estabelecer as características mínimas exigidas que constituam as especificações. Apresenta métodos de ensaios, classificações, terminologias e padronizações necessárias e simplificação dos trabalhos de SM no projeto e controle de qualidade dos materiais para fabricar peças (BRASIL, 2015).

A padronização dos materiais metálicos aponta se os requisitos de composição química, de microestrutura e as propriedades mecânicas se encontram de acordo com o padrão de qualidade e deve estar conforme as normas. O método de ensaio institui os mecanismos para fazer ensaios físicos, químicos, mecânicos e mecanográficos. A classificação possibilita ordenar, designar e agrupar materiais metálicos e a simbologia introduz os sinais precisos ao entendimento de expressões matemáticas e desenhos técnicos (BELDERRAIN, 2005).

2.7 MÉTODOS DE SELEÇÃO DE MATERIAIS

Ashby (2012) nos diz que SM tem como objetivo optar por um único material que seja o melhor para o momento. Na área de engenharia, a SM está relacionada a aspectos técnicos de resistência e desempenho. No meio ambiente a seleção converge para o desenvolvimento sustentável, energia incorporada, emissão de poluentes, proteção das fontes de insumo, dentre outras. Considerando-se a preocupação com a preservação do meio ambiente, tais requisitos caminham lado-a-lado.

O método de Multicritérios no processo de tomada de decisão visa analisar os diversos tipos já elaborados, o que possibilita comparar os critérios, definindo os mais assertivos para auxiliar a decidir. Desenvolver possibilidades de decisão e optar pela melhor é complexo por causa da insegurança, estruturação do problema inexistente, inviabilizando aplicar qualquer metodologia de decisão e caótico porque os indivíduos não visualizam claramente os propósitos. Para tanto, deve seguir o modelo que envolva multicritérios, de modo especial frente a complexas decisões (SHIMIZU, 2006).

Esse processo de decisão em um ambiente complexo, geralmente envolve dados não precisos e/ou incompletos devido a presença de diversos critérios associados a inúmeros agentes de decisão e múltiplos objetivos. Na maioria das vezes ocorre conflitos entre si. Sendo assim, a tomada de decisão deve optar por aquela que atenda melhor às expectativas do “decisor” e disponibilidade em adotá-la levando-se em consideração a associação entre os elementos objetivos e subjetivos (BELDERRAIN, 2005).

Os atores que criaram este processo são vistos como “facilitadores” e “decisores”. O “facilitador” visa esclarecer o processo de avaliação e/ou negociação construindo um exemplar levando em conta os pontos de vista dos atores. Os “decisores” são aqueles a quem se delega o poder de decidir permitindo intervir na produção e na utilização do modelo como instrumento de apreciação (BELDERRAIN, 2005).

2.7.1 Métodos de análise e apoio à decisão

As análises de multicritérios moldam os processos de decisão que envolve uma decisão a ser tomada, eventos desconhecidos e possíveis cursos de ação e resultados que irão refletir o juízo de valores dos decisores. Tais análises foram elaboradas para contratempos que compreendem perspectivas qualitativas e/ou quantitativas. Ao tomar uma decisão, o saber das pessoas são tão importantes quanto aos dados utilizados na tomada de decisão (BELDERRAIN, 2005).

Os métodos multicritérios de apoio à decisão possibilitam a avaliação de critérios que não podem ser convertidos em valores financeiros, permitindo estimar as possíveis implicações de cada curso de ação e proporcionando uma melhor compreensão das relações entre ações e objetivos. Soares (2003) afirma que os resultados obtidos através de multicritérios precisam de um composto de ações de qualidade dos dados, escolha e estruturação dos critérios, valores de ponderação atribuídos a esses critérios do método de agregação utilizado e da participação dos envolvidos.

2.7.2 Vantagens e desvantagens métodos multicritérios

Os métodos multicritérios de análise de decisão evidenciam duas vantagens decisivas tais como: estabelecer e apresentar a atribuição do “decisor”; melhorar a transparência do processo de decisão. Citam-se ainda outras vantagens que são elaborar um suporte para o diálogo entre analistas e decisores que usam pontos de vista comuns; facilitar e incorporar incertezas aos dados acerca do ponto de vista; interpretar cada alternativa como um ajuste entre objetivos e conflito (ROSSONI, 2011).

As abordagens multicritérios possibilita uma melhor adaptação aos contextos decisórios presentes na prática. Elas contribuem para que diversos dados, interações e objetivos sejam avaliados integralmente (BELDERRAIN, 2005; ROSSONI, 2011).

Em contrapartida, a maior desvantagem dessas abordagens é a inexistência de uma metodologia única que supera os entraves específicos dos métodos. Outra desvantagem é que no Método de Multicritérios são estabelecidas metas para cada objetivo com a finalidade de minimizar a soma dos desvios. O problema é que a minimização ocorre com várias restrições que refletem a demanda por recursos, gerando divergências entre a maximização e minimização das finalidades (ROSSONI, 2011).

2.8 A METODOLOGIA DE ASHBY

Michael Farries Ashby, engenheiro de materiais, britânico, professor da universidade de Cambridge, em 1992 revolucionou a forma de selecionar materiais. Sua abordagem considerava os princípios da SM através dos robustos Handbooks que tinham as informações possíveis do último material desenvolvido. Ele levantou características, material, geometria e processo e resolveu trabalhar com a divisão de classes e subclasses. As análises as quais realizou, foram associadas funções matemáticas (ASHBY, 2012).

Esses índices possibilitam a avaliação e a listagem de todas as propriedades necessárias de um material, como a consistência que correlaciona o módulo de Young com a densidade, em vez de analisar o módulo e a densidade de forma isolada. Isso ajuda a garantir as características desejáveis do projeto, considerando, no mínimo, duas das principais propriedades exigidas.

Na prática, começa identificando o índice de desempenho com base na função que o material irá desempenhar juntamente com a geometria aplicada. A partir daí, é possível estabelecer limiares para certas propriedades dos materiais, escolhendo aqueles que são comumente utilizados e oferecidos por Ashby em uma base de dados.

Por fim, os materiais pré-selecionados são apresentados em um gráfico bidimensional, conhecido como diagrama de Ashby, que exhibe a gama de materiais conforme seus índices de mérito. Os gráficos são feitos baseando-se nas peculiaridades dos materiais.

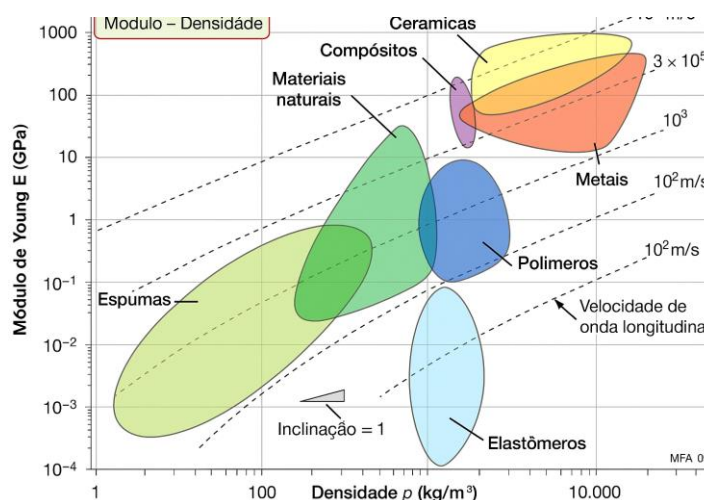
2.8.1 Diagramas de propriedades de materiais

De acordo com Ashby (2012) as propriedades de materiais estabelecem o desempenho. A vista disso, as combinações de propriedades em um projeto definem interesses como rigidez com baixo peso, condução térmica acoplada à resistência e à corrosão ou resistência combinada com tenacidade. Surge a intenção de se construir os gráficos de Ashby que adensam muitas informações em uma forma consistente.

Cada propriedade tem uma escala de valores para cada material, ofertando para alguns materiais uma abrangência excessivamente elevada, englobando cinco ou mais potências de dez. Os diagramas de Ashby sempre são apresentados de maneira que uma propriedade do material esteja associada à outra por meio dos eixos X e Y do gráfico. Escolhe-se a faixa desses eixos incluindo todos os materiais que existem na face da terra, o que exige a escala logarítmica para essa condensação.

Os dados de uma subclasse como os metais, se agregam e criam as famílias de materiais. Para essa família os dados são compreendidos em um envelope de propriedade, presente na figura 16, em que associa o módulo de Young E (GPa) com a Densidade ρ (kg/m^3).

Figura 16: Diagrama E - ρ os materiais e seus envelopes.



Fonte: (ASHBY, 2012).

As linhas tracejadas que cortam de ponta a ponta do gráfico, podem ser explicadas na equação 1 que apresenta a velocidade do som no sólido.

$$v = \left(\frac{E}{\rho} \right) \quad (1)$$

Na forma logarítmica:

$$\log E = \log \rho + 2 \log v \quad (2)$$

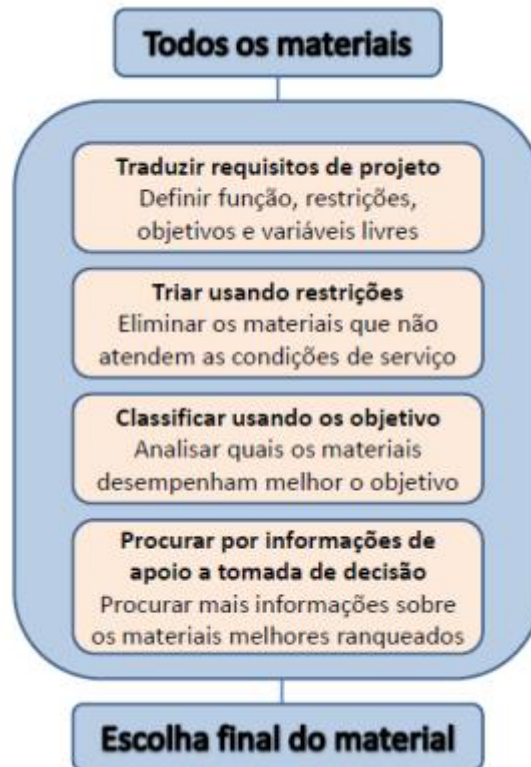
Desse modo, para um valor fixo de v , o gráfico da equação será uma linha reta de inclinação 1. A inclinação mostra que todos os materiais que cortam essa linha, terão o mesmo valor de v . Admite adicionar contornos de velocidade de onda contínuas ao diagrama, que são retas paralelas que têm o mesmo princípio. Devem-se observar ainda as outras inclinações dessa reta, que dependerão do índice de mérito a ser usado.

Para Ashby a reta que corresponde ao índice de mérito deverá passar sobre um material já conhecido e aplicado no projeto que se deseja que contenha o menor índice de mérito. Essa reta indicará que todos os materiais sobre a reta são melhores, aqueles que ficarem abaixo da linha são os piores e aqueles que cortam a reta têm o mesmo nível de merecimento.

2.8.2 A Estratégia de Seleção

Ashby (2012) desenvolveu a estratégia de seleção que sintetiza em interpretar quesitos do projeto; escolher com restrições; classificar objetivos; buscar esclarecimentos que apoie a tomada de decisão de acordo com o demonstrado na figura 17.

Figura 17:Método de seleção de materiais



Fonte: (Adaptado de ASHBY, 2012).

As etapas apresentadas se caracterizam como:

- a) **Tradução:** perguntasse: em que se define como os requisitos de um projeto para um componente são traduzidos em uma prescrição para um material? Quais serão as funções desse componente e quais cargas estarão sujeitos? Quais restrições em relação às dimensões, resistência às solicitações sujeitas, deve ser isolante ou condutor? Quais serão seus objetivos em relação ao mercado consumidor e concorrência? Esses parâmetros são adicionados as variáveis livres para que o projetista possa construir da melhor maneira possível.
- b) **Triagem:** ocorre a eliminação dos materiais que conforme a tradução e de algum modo não atenderá as necessidades do produto. A seguir a observar os limites de elaboração, projeto e resultado, uma série de materiais estará reduzida a aplicação, cabendo ao projetista avaliar quais.

- c) **Classificação:** Ashby usa as ligações que contêm os índices de mérito e os valores das propriedades dos materiais para ajudar na escolha dos materiais que melhor fazem o serviço.

Segundo Ashby (2012), a busca é por materiais que potencializa o desempenho por meio da linearização logarítmica dos índices de mérito para cada propriedade que nos fornece retas com inclinações que são chamadas de diretrizes de seleção. Cada reta contém um conjunto de retas paralelas acima ou abaixo que têm valores diferentes e cortam diferentes conjuntos de materiais.

- d) **Documentação:** Após análise dos resultados, a pessoa incumbida pela SM deverá recolher todos os documentos que tratam dos materiais que poderão ser utilizados. Não basta somente ordenar do melhor para o pior material, pois pode ter alguma necessidade especial mesmo depois dessa ordem. Para sanar esta e outras dúvidas, utiliza-se de documentação gráfica, descritiva ou verificação de falhas e detalhes sobre corrosão, disponibilidade e preço.

As definições das condições de contorno de determinado problema para alcançar a melhor relação entre os atributos do material e objetivo final deverão fazer através das respostas às perguntas feitas por Ashby: **Função:** o que o componente faz? **Restrições:** Quais as condições não são negociáveis no projeto? E quais são negociáveis, mas não desejadas no projeto? **Objetivo:** O que deve ser maximizado ou minimizado? **Variável livre:** Quais são os indicadores do problema que o projetista tem liberdade de alterar?

2.8.3 Fatores de mérito

Utilizam de equações e buscam conectarem as propriedades que maximizarão o desempenho do material para uma função específica. As restrições dos projetos apontam os limites de propriedades que são modificados nos índices do material tendo sua origem no ajuste ou não de carregamentos de tensão axial, flexão, torção e compressão (ASHBY, 2012).

Em geral, uma única forma de carregamento domina a aplicação, portanto, ao refletir sobre tirante, viga, eixo e coluna pressupõem-se a sua função essencial. A premissa em um projeto de engenharia é reduzir a massa, mantendo as peculiaridades favoráveis do material.

O método para extrair o índice de mérito começa pela busca de uma equação que detalhe a quantidade a ser maximizada ou minimizada. Em um tirante por exemplo, busca-se a massa mínima, tem-se a equação função objetivo.

$$m = A L \rho \quad (3)$$

Em que A é a área da seção transversal e ρ a densidade do material. O Comprimento L e a força F são catalogados e vistos como fixos tendo como variável livre a seção transversal. Restringir a massa do a seção transversal é uma possibilidade, mas essa redução deve ser suficiente para suportar uma carga qualquer F^* .

$$\frac{F^*}{A} \leq \sigma_f \quad (4)$$

Onde σ_f é a resistência à falha. Suprimindo A entre as duas equações tem-se:

$$m = (F^*)(L)\left(\frac{\rho}{\sigma_f}\right) \quad (5)$$

Onde o primeiro termo depois da igualdade significa a restrição funcional, o segundo a Restrição geométrica e o terceiro é aquele referente a Propriedades do material.

É permitido utilizar a peculiaridade do material como o índice de mérito, porém, ao tratar com propriedades específicas, é normal figurá-lo em uma forma na qual um máximo é procurado. Assim, é criado o índice de mérito ao inverter as propriedades do material na equação.

$$M_{t1} = \frac{\sigma_f}{\rho} \quad (6)$$

O mesmo princípio para uma restrição em que o projeto deve ser leve e rígido que traz como resultado um índice de mérito.

$$M_{t2} = \frac{E}{\rho} \quad (7)$$

Logo, o procedimento se repetirá para outras finalidades como reduzir massa em um painel leve e rígido ou em uma viga leve e rígida ou ainda, minimizar custo de material. A diferença será no equacionamento usado para avaliar esses índices.

De acordo com Ashby (2012) toda função possui um índice de mérito associado e os materiais com valores altos de índice de mérito conforme a propriedade avaliada maximiza o aspecto de desempenho do componente.

Substituir em um projeto ou criar um material, entre um e outro os valores dos índices de mérito variam sempre. Deste modo, os índices baseiam na finalidade de minimizar massa em que a relevância for minimizar custo ou energia incorporada no material, substitui-se dos índices de massa mínima, substituindo a densidade ρ , pelo custo por unidade de volume, C_{mp} onde C_m é o custo por kg, ou substitua no mesmo lugar de ρ , o CO_2 por $CO_2 \cdot \rho$ ou por $H_p \alpha \cdot \rho$, onde CO_2 é a carga de CO_2 por kg e H_p é a energia de produção.

Frequentemente esbarra-se com a necessidade de aumentar o tamanho de estruturas em função do projeto estabelecido. Casos como esse, é discutido em livros para projetos de estruturas, que evidenciam que a eficiência para o uso de materiais em componentes que sustentam cargas mecânicas depende do produto de três fatores tais como: nível de material, fator de forma e o índice estrutural que correlacionam G e F em equações (ASHBY, 2012).

2.8.4 Seleção com múltiplas restrições

De acordo com Ashby (2012) outra realidade existe na SM que geralmente o projetista se depara com fatos conflitantes, haja vista que todos os problemas de SM possuem excesso de restrições e poucas variáveis livres. Cita-se como exemplo as restrições de rigidez, resistência à fadiga, tenacidade e geometria quando combinadas elevam a dificuldade da SM e solicitam auxílio de ferramentas de apoio à várias decisões. Em alguns casos existe somente um objetivo final no projeto e outros em que o mesmo número de restrições é igual ao de objetivos que conflitam entre si.

A literatura apresenta várias maneiras para se lidar com as múltiplas restrições. De modo geral, podem-se classificar ainda essas ferramentas por métodos, como o método analítico e o método gráfico.

Objetivos compostos exigem ferramentas intitulada Estratégias de Permuta, Funções Penalidade e/ou Funções Penalidade Relativa, auxiliando para que a seleção seja a mais óbvia possível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo metodológico foi realizado utilizando-se de um programa que foi desenvolvido. Foi demonstrado a elaboração, a linguagem utilizada, o funcionamento do sistema e suas respectivas aplicações e função para chegar ao produto final. Neste estudo foram descritos os métodos os quais serviram como o caminho a seguir para alcançar os resultados desejados.

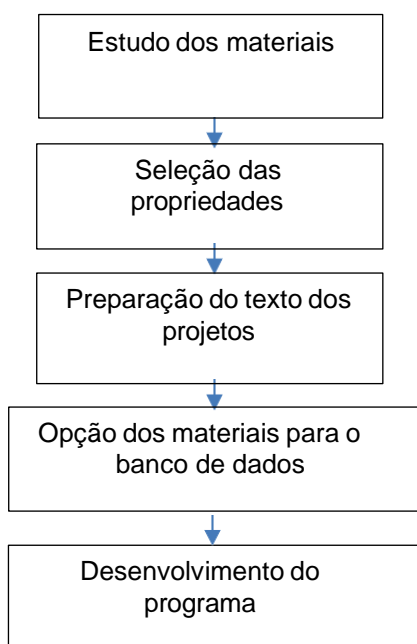
Para tal finalidade, a metodologia desenvolvida neste estudo teve como finalidade verificar e praticar a metodologia de Ashby na SM e seu potencial valor na engenharia. Com esse intuito, utilizou-se de gráficos e teoria para aplicar em um estudo de caso relacionado a materiais metálicos que irão verificar o funcionamento e coerência.

Todavia, a metodologia sugerida, não visa ostentar que a melhor escolha seja os materiais. O estudo teve como finalidade produzir um mecanismo que viabilize analisar a família de materiais utilizada, suas propriedades que se tenciona maximizar, tipo de projeto e o índice de mérito equivalente, em conjunto com a organização dos dados, informações e criação de uma correlação por pontos entre as peculiaridades do eixo X e do eixo Y no gráfico de Ashby.

Para tanto, foi criado um *software* educativo que possibilitou a SM de forma conjunta. Foi produzido um manual para que o usuário não tenha dificuldades para operar e disponibilizado em telas didáticas. Assim, o usuário poderá operar de forma plena, mesmo não tendo conhecimentos dos princípios os quais foram apresentados como exemplos em um ambiente fictício, podendo ser industrial ou comercial para a SM.

3.1 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

Foi necessário passar por diversas etapas de desenvolvimento para que o referido produto apresentasse o conceito proposto. Tais etapas foram ordenadas e as ideias direcionadas para chegar ao objetivo final. Para esse intuito, a figura 18 ilustra o percurso tomado antes da introdução de ferramentas computacionais para gerenciar a SM, contribuindo para dar início a concepção do programa.

Figura 18: Fluxograma que ilustra as etapas de desenvolvimento

Fonte: o autor (2024)

O estudo sobre materiais, primeira etapa, por meio de um estudo bibliográfico, buscou-se conhecimentos acerca de determinados materiais para a primeira versão do programa. Tais informações compõem a biblioteca de dados do sistema, tendo sido utilizadas: físicas, químicas, óticas, ambientais, etc., constituindo os materiais nas classes sugeridas por Ashby e em ordem alfabética.

A segunda etapa, seleção de propriedades, foi feita a opção de todas as propriedades necessárias de cada material que estão à disposição, para que o programa viabilizasse a melhor seleção. Assim sendo, foram incluídos diversos tipos de combinações de características e propriedades. Todas as características e propriedades que foram usadas na versão beta do projeto estão apresentadas na Tabela 1, tendo o sistema internacional de unidades (SI) como parâmetro para a maioria.

Tabela 1: Relação das principais características e propriedades utilizadas.

| |
|----------------------------------|
| Custo aproximado |
| Densidade |
| Módulo elástico |
| Coefficiente de Poisson |
| Limite de escoamento |
| Dureza em HC |
| Limite de resistência |
| Deformação |
| Tenacidade à fratura |
| Resistência à fadiga |
| Coefficiente de expansão térmica |
| Condutividade térmica |
| Calor específico |
| Resistência ao choque térmico |
| Parâmetro de Fluência |
| Parâmetro de Fluência |
| Taxa de oxidação |
| Taxa de corrosão |

Fonte: o autor, (2024)

Na terceira fase foi elaborado os textos explicativos os quais estão nas páginas do programa, com a finalidade de dar suporte ao usuário e sugerir o preenchimento. Foi necessário criar textos curtos e diretos visando melhor interpretação ao operar o programa, as telas possuem legenda para facilitar o uso.

Como exemplo de dicas no topo da tela “NOVO” e as legendas da tabela de materiais que estão na tela “LISTA DE MATERIAIS”. As escalas de valores também foram inseridos nas “caixas suspensas” como escolha de preenchimento do programa.

Na quarta etapa, escolha dos materiais para o banco de dados, foi feita a escolha dos materiais que foram vistos como referência para serem cadastrados no banco de dados piloto do programa. Os materiais usados são da categoria dos

metais, mas estão misturados entre metais ferrosos, não ferrosos e ligas, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Relação dos materiais escolhidos

| |
|---------------------------|
| Aço Carbono |
| Aço Baixo Carbono |
| Aço Carbono Médio |
| Zinco Puro |
| Aço Inoxidável |
| Cobre |
| Latão |
| Liga de Al Fundida |
| Liga de Magnésio Forjada |
| Liga de titânio |
| Níquel |
| Bronze |
| Ferro Cinza |
| Liga de Aço Baixo Carbono |

Fonte: o autor, (2024)

O desenvolvimento do programa se deu na quinta etapa, onde se observará a linguagem e as ferramentas usadas em ambiente Linux para criação do programa, serão apresentadas com uma breve explicação da sua função.

Este programa permanecerá *on-line* em uma biblioteca de dados com informações armazenadas, para que um servidor passa fazer consultas, buscar informações de forma *on-line*, e outras utilidades. Foram utilizadas as seguintes ferramentas que condensa todos os seus objetivos finais, das quais são: Algoritmos genéricos; Programação Orientada a Objetos (POO); PHP+mySQL e Framework Bootstrap, figura 19.

Figura 19: Referência de programação PHP para criar a etapa “cadastra_material”.

```
<?php
// ini_set('display_errors',1);
// ini_set('display_startup_erros',1);
// error_reporting(E_ALL);

?>

<?php include("config.db.php");?>
<?php include("class_material.php");?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="pt-br">
<head>
  <meta charset="ISO-8859-1">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Metal Select Easy</title>
  <link href="https://cdn.jsdelivrivr.net/npm/bootstrap@5.3.0/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
  <link href="//netdna.bootstrapcdn.com/twitter-bootstrap/2.3.2/css/bootstrap-combined.no-icons.min.css" rel="stylesheet">
  <link href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/6.6.0/css/all.min.css" rel="stylesheet">
  <link href="index.css" rel="stylesheet">
```

Fonte: O autor (2024).

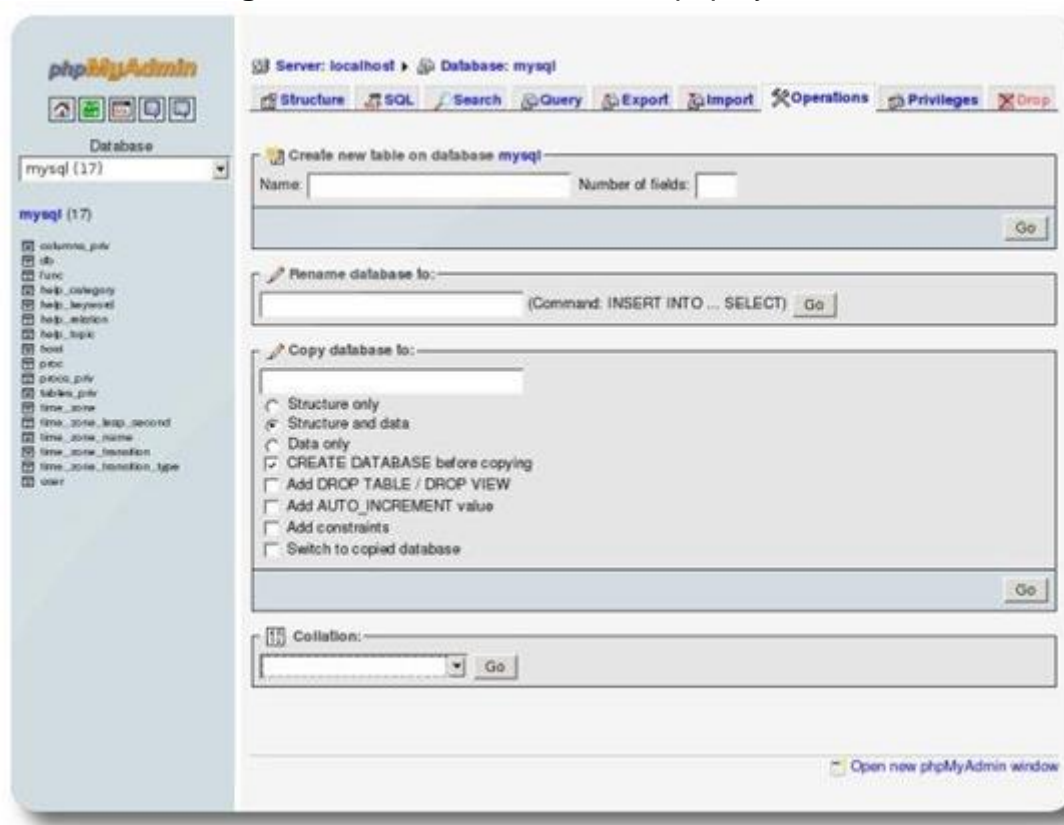
O PHP tem como vantagem suportar a um número de banco de dados enorme, como de código aberto MySQL. O MySQL que gerencia um banco de dados (SGBD), usando a linguagem SQL. Trata-se de uma linguagem simples em que o usuário pode gravar com facilidade, alterar e recuperar informações de uma aplicação *web* com de maneira segura e rápida.

A integração e a implementação da PHP e o MySQL foi considerada uma programação basilar com aplicação na elaboração de banco de dados pelo usuário. Isto é, sua estrutura de códigos permite ao usuário ampliar o programa inserndo e atualizando materiais e suas peculiaridades.

O acesso e gerenciamento do banco de dados, como criar e remover a base de dados e tabelas, inserção e execução de códigos SQL, manipulações, dentre outras, foi feita por meio das funcionalidades da aplicação phpMyAdmin, conforme figura 20.

Sua utilização propicia e automatiza a criação dos bancos de dados e códigos SQL, assim, a ferramenta se torna simples e popular. Para outras funções simples, o mesmo foi feito por meio de linhas de códigos escritas no próprio script PHP.

Figura 20: Amostra da interface phpMyAdmin.



Fonte: O autor (2024).

O armazenamento e acesso de todas essas informações, para que ocorra, utilizou-se do servidor Nginx, que tem a responsabilidade pela transmissão dos códigos compilados no servidor para o navegador do usuário. Tal escolha desse servidor se deu devido ao fato de o mesmo ser considerado de excelente performance, segurança e compatibilidade com inúmeras plataformas e ainda é livre e gratuito.

O uso da ferramenta Bootstrap teve como finalidade organizar melhor a estrutura visual como os componentes da página, utilizar recursos que ajudam na exibição do programa elaborado em todas as telas de dispositivos móveis ou em PC e compatível com os sistemas operacionais.

O Bootstrap é um *framework* que fornece diversas ferramentas para projetos *web* de maneira fácil, produtiva e padronizada, organiza os elementos da página *web* de forma eficiente. Sua aplicação que pode ser relacionada ao jQuery, evidencia o uso da linguagem Java para produzir dados na página *web* deixando-se mais dinâmica, animada ou personalizada de acordo com o desejo do desenvolvedor.

3.2 CONSTRUÇÃO DO PROGRAMA

Todo o sistema foi desenvolvido em ambiente Linux. O PHP é interpretado diretamente nesse ambiente de execução, sendo essa uma etapa obrigatória após a compilação, o que significa que não é gerado um arquivo executável separado. Quando o PHP está instalado, o servidor *web* processa os scripts PHP e os envia para o navegador do usuário em formato HTML, funcionando assim como em qualquer página da *web* que acessamos no dia a dia.

Para a nossa aplicação, o processo de compilação foi projetado para leitura e gravação de dados no servidor *web*. Para isso, utilizamos as ferramentas mencionadas anteriormente, com o MySQL fornecendo a estrutura de dados e os mecanismos de programação, acessados por meio de comandos inseridos no código PHP. As consultas SQL são armazenadas em variáveis e a conexão é estabelecida através dos protocolos SQL, que exigem um nome de usuário e senha para acesso.

Como exemplo de cadastro, temos a seguinte linha de comando com os principais comandos:

```
<?php
```

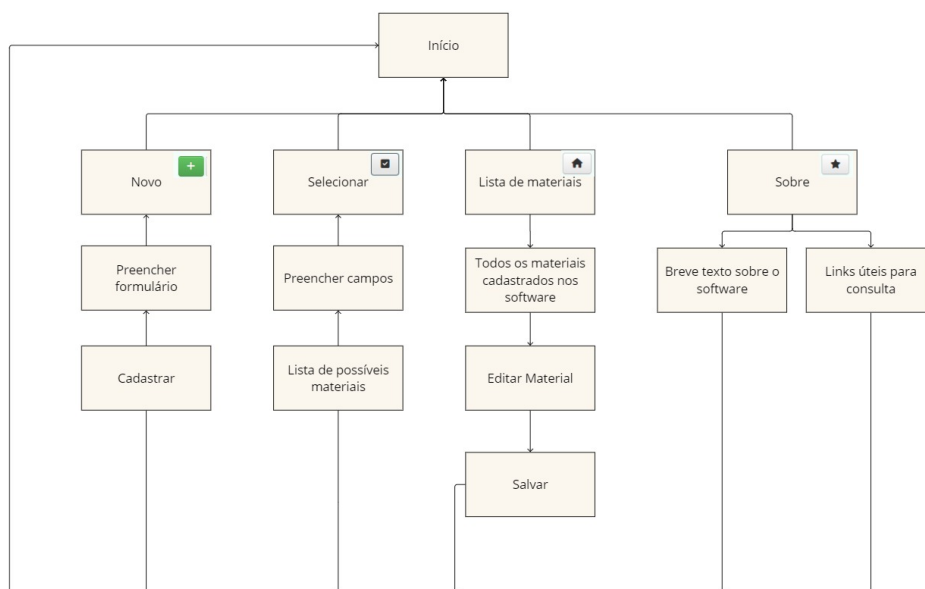
```

if($enviou and !$edita_){
    $meta_dados_ = str_replace("\r\n", "", $meta_dados_);
    $meta_dados_ = str_replace("'", "", $meta_dados_);
    $meta_dados_ = json_encode($meta_dados_,
JSON_UNESCAPED_UNICODE);
    $Metal -> setmaterial($codigo_, $nome_, $meta_dados_);

```

A estrutura inicial do banco de dados foi criada utilizando o bloco de notas. As alterações posteriores são realizadas diretamente no código, a partir das ações do usuário na aplicação por meio de formulários HTML. Esses formulários geram código PHP, que executa a consulta SQL, como demonstrado anteriormente. De modo igual, as leituras dos dados armazenados no banco de dados são feitas através dessas consultas. A figura 21 apresenta as fases do programa.

Figura 21: Etapas do programa.



Fonte: O autor (2024).

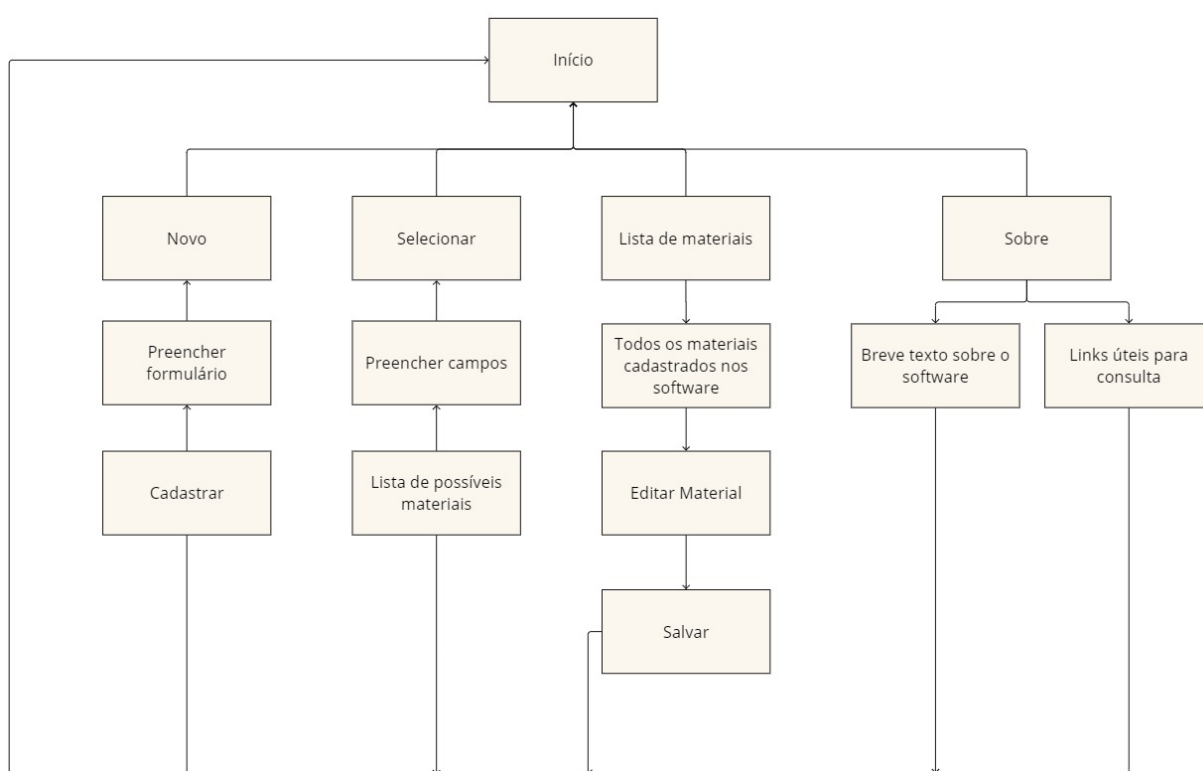
3.3 COMUNICAÇÃO USUÁRIO / PROGRAMA

Neste tópico, será detalhada a estrutura de comunicação entre o usuário e o funcionamento do programa. Para definir sua arquitetura, foi necessário,

primeiramente, identificar os requisitos que o sistema deveria atender, com base nas necessidades dos usuários. Todas as informações coletadas, estruturada e descrita no item 3.7 (arquitetura do programa), para que sejam adequadamente estruturadas nas páginas do sistema, conforme ilustrado na Figura 22.

Esse fluxograma, figura 50, representa as ações realizadas pelo usuário, que serão exibidas como resultados da construção e implementação das ferramentas mencionadas anteriormente.

Figura 22: Fluxograma do processo.



Fonte: O autor (2024)

A finalidade é que o usuário ao acessar o programa, encontre a tela de início, onde vai deparar com três opções para escolher, são elas: “Cadastrar novo material”, apresentada no fluxograma pelo bloco “CADASTRA MATERIAL”, neste momento o usuário poderá inserir todo material, conforme as necessidades de projeto. no fluxograma pelo bloco CADASTRA MATERIAL, parte essa que deve dispor ao usuário um

O usuário ainda terá a segunda opção que é o acesso a uma relação de materiais, presentes no fluxograma, figura 50 como “LISTA DE TODOS OS MATERIAIS”. O usuário terá a capacidade de perceber uma tabela com todos os materiais e suas propriedades, e as unidades.

Foi criada ainda a viabilidade de o usuário fazer exclusão de forma direta o material da tabela principal que apresenta todos os materiais do banco de dados. A ação do usuário tem que ser confirmada ou não, ou que vá para a primeira opção de cadastro um novo material.

A terceira opção é a SM de materiais está caracterizada no fluxograma no bloco “EXECUTA”. Nesta seção do programa, foi feita a opção de permitir que o usuário preencha um formulário inserindo os dados sobre as propriedades descritas na relação das propriedades usadas, como as mecânicas, térmicas, elétricas, ópticas, ecológicas, de processabilidade e durabilidade, junto dos subitens de avaliação para cada uma das propriedades.

Posteriormente, o programa deve responder de acordo com o bloco “RESULTADO LISTA MATERIAIS”, que fornecerá uma relação com os materiais aplicáveis e que interesse do usuário.

Finalmente, se o usuário tiver alguma dúvida em relação aos materiais selecionados, foi disponibilizada na internet uma pesquisa sobre o material, de acordo com a mostra o bloco “CONSULTA WEB CADA MATERIAL”, onde é suficiente que o usuário clique nas opções oferecidas pelo programa para que se inicie por meio do navegador da web, uma procura de mais esclarecimentos sobre os materiais selecionados.

Foi elaborado um Manual de Instruções e Operações visando facilidade no acesso do usuário. Esta ferramenta educacional será anexada (Anexo 2) a este estudo e todos poderão acessar o *software*. O manual é explicativo, com o passo-a-passo como utilizar cada item dos menus que estão no *software*.

4 RESULTADOS ESPERADOS

4.1 INTERFACES GRÁFICAS

Neste item, são apresentados os protótipos da versão 1 das telas do programa Easys select (Seleção fácil), incluindo suas funcionalidades e os objetivos alcançados por meio das ferramentas de programação descritas no capítulo 3. As ferramentas utilizadas possibilitaram a criação de uma interface gráfica simples e intuitiva, que exige do usuário apenas duas ações principais: a busca, cadastro e/ou o preenchimento de informações sobre os materiais que ele deseja utilizar. O acesso ao programa será feito por meio de um link disponível no portal da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

O programa inicia com uma tela exibindo as três principais funcionalidades, conforme ilustrado na figura 23. Ao selecionar uma das opções, o usuário é direcionado de forma objetiva para a tela correspondente. Por exemplo, ao fazer a escolha na "lista de materiais", sinalizada pelo bloco verde, o usuário será direcionado para o banco de dados que contém informações sobre todos os materiais cadastrados.

Figura 23: Tela inicial do programa.



Fonte: O autor (2024)

A adoção das ferramentas Bootstrap e jQuery conferiu à interface gráfica maior dinamismo, garantindo que cada página do programa tenha seu layout adaptado de forma proporcional, independentemente do dispositivo utilizado, seja ele Desktop, Notebook, Smartphone ou Tablet. Isso confere ao produto final uma característica de flexibilidade e mobilidade durante o dia a dia.

4.1.1 Cadastro de novo material

Nesta tela, figura 24 o usuário poderá cadastrar um novo material, concedendo as informações que o programa solicita, como demonstra a figura 52. A tela de cadastro funciona como um formulário, no qual o usuário deve seguir duas orientações apresentadas no início. A primeira diz respeito à notação que deve ser utilizada para que o programa reconheça corretamente os caracteres inseridos. Ao escolher o sistema internacional de unidades e grandezas para as propriedades de qualquer material a ser registrado, o usuário usará notação científica para caracterizar números grandes, com o caractere "e" indicando a potência de base 10, ou pode optar por inserir os valores de forma convencional, conforme exemplificado pela dica.

A segunda orientação trata das propriedades que não se aplicam ao material sendo cadastrado. Nesse caso, o usuário pode deixar o campo em branco para indicar que a propriedade mencionada no formulário não é relevante para o material em questão.

Figura 24: Cadastro de novo material

Metal Select Easy

Seleção de Material

| | | |
|-------------------------|---|------------------|
| Custo | > | Valor de seleção |
| Densidade | > | Valor de seleção |
| Módulo de Elasticidade | > | Valor de seleção |
| Coefficiente de Poisson | > | Valor de seleção |
| Limite de Escoamento | > | Valor de seleção |
| Dureza | > | Valor de seleção |

Fonte: O autor (2024)

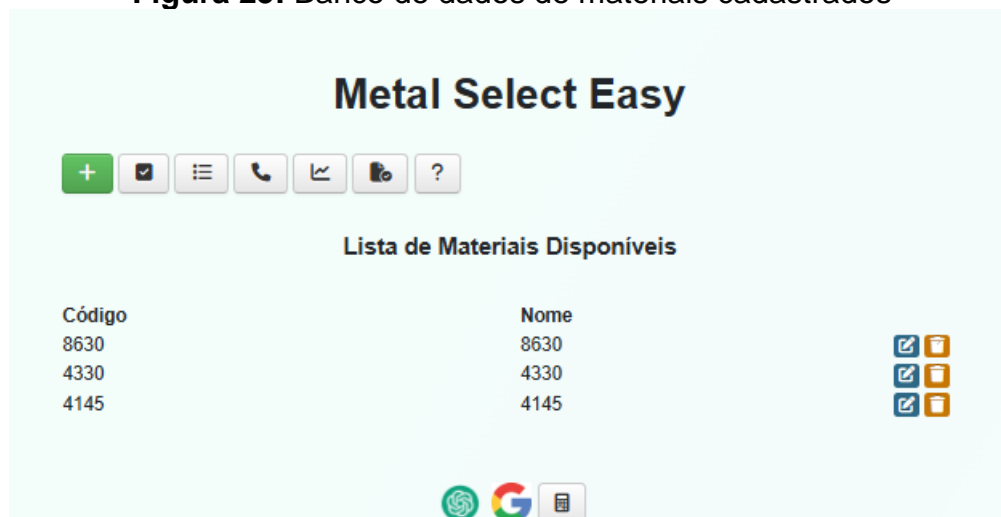
Depois de preencher todos os campos conforme as informações do material a ser cadastrado, o usuário só precisa clicar no botão "Cadastrar" no final da página do programa. O programa redirecionará o usuário para a lista de materiais, onde o novo material estará registrado no banco de dados do sistema, disponível para consulta por meio da tela "Lista de Materiais".

4.1.2 Relação de Materiais

O usuário visualizará nesta tela o banco de dados com todos os materiais já cadastrados. A figura 25 ilustra essa tela, mostrando um exemplo parcial. As informações são organizadas em tabelas, nas quais cada linha representa um material armazenado e exibem os valores de todas as propriedades registradas para cada material no banco de dados. Há também um botão nessa mesma tela que permite o cadastro de um novo material, edição ou visualização em maiores detalhes caso o usuário não encontre o item desejado.

Na versão 1 do programa, optou-se por classificar os materiais em apenas uma categoria: materiais metálicos. No entanto, essa estrutura não impede a expansão das classes nem de outras funcionalidades futuras do programa. Assim, ao consultar ou cadastrar um material, o usuário deverá inicialmente verificar a classe do material desejado, como indicado na tela de lista de materiais.

Figura 25: Banco de dados de materiais cadastrados



Fonte: O autor (2024)

Na tela "Lista de Materiais", ao lado do nome de cada material, estão disponíveis dois botões, conforme ilustrado na figura 54. O primeiro botão, representado em azul com o símbolo de um lápis, permite que o usuário edite ou corrija as informações de um material já cadastrado no banco de dados. Ao clicar nesse botão, o usuário será direcionado para a página de cadastro de material, mas com o formulário já preenchido com as propriedades e características existentes. Após revisar e confirmar as informações, o usuário poderá clicar no botão "Cadastrar" para salvar as alterações.

Ao clicar no botão laranja com um símbolo de lixeira, o usuário exclui o material da lista. Já ao selecionar o botão em formato de lupa azul, o usuário é direcionado a uma página da web com o mecanismo de busca do Google, onde é realizada automaticamente uma pesquisa sobre o material em questão.

Ao clicar no botão indicado na figura 526 para excluir um material da lista cadastrada no banco de dados, o usuário é direcionado a uma tela de confirmação, como mostrado na figura 26. Esta tela existe exclusivamente para confirmar a intenção do usuário, prevenindo assim a exclusão acidental e a consequente perda de dados armazenados.

Figura 26: Materiais cadastrados: exclusão
Tem certeza que deseja apagar os dados do material Aço Carbono?



Fonte: O autor (2024)

Por exemplo, se o usuário responder à pergunta "Tem certeza que deseja apagar os dados do material?" Se escolher o "NÃO", o programa retornará à tela "Lista de Materiais" e nenhuma ação será feita. Por outro lado, se o usuário optar por "SIM", o programa excluirá todos os dados do material Aço Carbono e exibirá uma mensagem confirmando a exclusão na tela do dispositivo, conforme ilustrado na figura 27. Em seguida, o sistema retornará automaticamente à tela "Lista de Materiais".

Figura 27: confirmação de exclusão de materiais cadastrados



Fonte: O autor (2024)

4.1.3 Seleção de materiais

Nesta tela o usuário é orientado a preencher o formulário para a seleção de materiais, conforme mostrado na figura 56. Esse formulário apresenta identificações claras das propriedades e características, facilitando e agilizando o preenchimento, especialmente ao seguir as mesmas orientações mencionadas na tela de cadastro de materiais.

Figura 28: Orientação para preencher o formulário

The image shows a software interface titled "Metal Select Easy". At the top left, there are four icons: a green plus sign, a square, a house, and a star. Below these icons is the title "Metal Select Easy". Underneath the title is the heading "Seleção de Material". The form consists of six rows, each representing a material property. Each row has a label on the left, a text input field in the middle, and a "Valor de seleção" button on the right. The properties listed are: Custo, Densidade, Módulo de Elasticidade, Coeficiente de Poison, Limite de Escoamento, and Dureza. Each input field contains a greater-than sign (>).

| Propriedade | Valor de seleção |
|------------------------|------------------|
| Custo | > |
| Densidade | > |
| Módulo de Elasticidade | > |
| Coeficiente de Poison | > |
| Limite de Escoamento | > |
| Dureza | > |

Fonte: O autor (2024)

4.2 SIMULAÇÃO DE CADASTRO DE MATERIAL

Neste item, será apresentada a utilização do programa para o cadastro de um material. O material escolhido é o SAE 1045, e suas informações foram coletadas em livros e na internet, sempre buscando valores para cada propriedade e as classificações das características físicas, conforme a tabela. O cadastro foi feito seguindo o procedimento e a tela descritos no item 4.1.1, tabela 3.

Tabela 3. Cadastro de um material

| |
|----------------------------------|
| Custo aproximado |
| Densidade |
| Módulo elasticidade |
| Coefficiente de Poisson |
| |
| Limite de escoamento |
| Dureza em HC |
| Limite de resistência |
| Deformação |
| Tenacidade à fratura |
| Resistência à fadiga |
| Coefficiente de expansão térmica |
| Condutividade térmica |
| Calor específico |
| Resistência ao choque térmico |
| Parâmetro de Fluência |
| Parâmetro de Fluência |
| Taxa de oxidação |
| Taxa de corrosão |

Fonte: O autor (2024)

Com as informações em mãos para alimentar o programa, o usuário deve preencher a lista de cadastro de materiais, inserindo os valores exigidos, conforme ilustrado na figura 29. Após inserir todos os dados, o usuário deve selecionar a opção "Cadastrar".

Figura 29: Lista de cadastro de materiais

Metal Select Easy

+ [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Código: M002 Nome: 1045

Tipo: Metal

Custo: 7 Densidade: 7,850 Módulo de Elasticidade: 200

Coeficiente de Poisson: 0,27 Limite de Escoamento: 350 Dureza: 55

Fonte: O autor (2024)

4.3 Estudos de caso

Com o propósito de apresentar cenários reais de seleção de materiais a metodologia sugerida pelo programa é utilizada como um fator distintivo para fazer a melhor opção do material ideal a serem utilizados nos projetos. Para tanto, na aplicação prática da referida metodologia foi apresentada dois estudos de caso que exemplificam situações reais em que a escolha do material mais apropriado foi orientada por critérios técnicos definidos por essa abordagem metodológica, são eles: Batente da mesa da área de preparação – OP10 linha de usinagem e Peneira de fenda – centrífuga de cavaco de ferro fundido.

4.3.1 Batente da mesa da área de preparação – OP10 linha de usinagem

No primeiro estudo realizado, foi demonstrado que o material selecionado para o batente da área de preparação de usinagem, peça demonstrada na figura 30, é a guia da peça no momento da fixação e tem suma importância em outras operações.

Figura 30: Batente

Fonte: O autor (2024)

Ações realizadas para se obter os dados de entrada para seleção do material correto para tal aplicação:

1. Medir dureza em pelo menos 2 pontos diferentes,
2. Unir informações sobre o uso e características necessárias,
3. Coletar informações do tempo disponível para usinagem e forma de trabalho da peça.

O Mitutoyo DTR-10 é um equipamento portátil utilizado para medição de dureza de materiais metálicos por meio do método de rebote. O DTR-10 foi projetado para medir a dureza de metais de forma rápida, portátil e confiável. É ideal para inspeções em campo, em peças grandes, montagens ou locais de difícil acesso, onde não é viável usar durômetros de bancada tradicionais.

Após todo o processo obteve-se os seguintes dados de entrada para utilização do software:

- a) Dureza – 170hb,
- b) Custo – R\$20,00/kg,
- c) Especificações – resistência mecânica e boa usinabilidade.

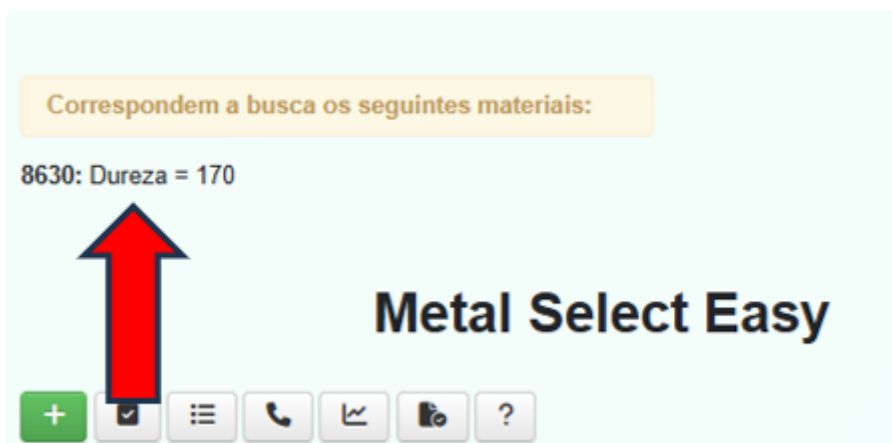
Com os dados de entrada responsáveis pela seleção do material seria possível uma busca na biblioteca de materiais do software ou por um material que apresenta um valor de dureza 170hb, custo de R\$20,00/kg e especificações de resistência mecânica e boa usinabilidade. Para isto, na tela principal do programa, o usuário selecionará o botão Seleção de Materiais, e digitar no campo correto os seguintes dados presentes na figura 31:

Figura 31: Tela do programa

The screenshot displays the 'Metal Select Easy' interface. At the top, there is a title bar with the text 'Metal Select Easy' and a set of navigation icons including a plus sign, a square, a telephone, a speech bubble, a mail icon, a person icon, and a question mark. Below the title bar, the section is titled 'Seleção de Material'. It contains four rows of input fields, each with a label on the left and two input boxes on the right separated by a less-than sign (<). The rows are: 1. 'Custo' with 'Valor de seleção (R\$/Kg)' and 'Valor de seleção (RS)'. 2. 'Densidade' with 'Valor de seleção (g/m³)' and 'Valor de seleção (mB)'. 3. 'Módulo de Escoamento' with 'Valor de seleção (Pa)' and 'Valor de seleção MPa'. 4. 'Dureza' with 'Valor de seleção (HB)' and 'Valor de seleção (HB)'.

Fonte: O autor (2024)

Na tela seguinte, figura 32, o software exibe uma lista dos materiais dos quais possuem os dados solicitados:

Figura 32: Tela do programa

Fonte: O autor (2024)

A partir da análise do estudo de caso, foi possível observar que o software é capaz de fazer a seleção de materiais tendo como base as propriedades ou requisitos inseridos pelo usuário, atendendo às exigências específicas de uma determinada aplicação ou projeto mecânico. Ademais, conforme demonstrado em um dos casos apresentados, essa busca pode ser efetivada mesmo com a inserção de apenas duas informações principais.

4.3.2 Peneira de fenda – centrífuga de cavaco de ferro fundido

O estudo de caso demonstra a seleção de material para o 4.2.1 Peneira de fenda – centrífuga de cavaco de ferro fundido, a figura 33. É fundamental para o processo produtivo e tem um grande impacto ambiental.

Figura 33: Peneira de fenda



Fonte: O autor (2024)

Ações realizadas para obter os dados de entrada para seleção do material correto para tal aplicação:

- a) Medir dureza em pelo menos 2 pontos diferentes,
- b) Unir informações sobre o uso e características necessárias,
- c) Coletar informações do tempo disponível para usinagem e forma de trabalho da peça.

Após todo o processo obteve-se os seguintes dados de entrada para utilização do software:

1. Dureza – 150hb,
2. Especificações – resistência mecânica e boa usinabilidade.

Com os dados de entrada responsáveis pela seleção do material, seria possível uma busca na biblioteca de materiais do software ou por um material que

apresenta um valor de dureza 150hb e especificações de alta resistência a corrosão, boa conformabilidade e durabilidade. Para isto, o usuário na tela principal do programa, selecionar o botão Seleção de Materiais, deve-se digitar no campo correto os dados, figura 34:

Figura 34: Tela do programa

The screenshot displays the 'Metal Select Easy' application interface. At the top, the title 'Metal Select Easy' is centered. Below it is a navigation bar with icons for home, list, call, back, forward, and help. The main section is titled 'Seleção de Material' and is divided into three horizontal panels. The first panel, 'Custo', shows two input fields for 'Valor de seleção (RS/Kg)'. The left field contains '40' and has a red arrow pointing to it from the right. The right field contains '45'. A less-than sign (<) is between them. The second panel, 'Dureza', shows two input fields for 'Valor de seleção (HB)'. The left field contains '150' and has a red arrow pointing to it from the right. The right field contains '151'. A less-than sign (<) is between them. The third panel, 'Característica 1', shows an input field for 'Valor de seleção' containing 'Resistência à corrosão', with an equals sign (=) to its left. Below this is a large blue button labeled 'Selecionar Material'. At the bottom, a yellow box contains the text 'Correspondem a busca os seguintes materiais:'. Below that, the text 'AISI 304: Custo = 41' is displayed next to a magnifying glass icon.

Fonte: O autor (2024)

Os resultados obtidos indicam que dentre os materiais avaliados, o AISI 304 foi o único que apresentou compatibilidade plena com os requisitos especificados, atendendo de forma satisfatória a todos os critérios estabelecidos pelo usuário.

Essa convergência evidencia a adequação do material à aplicação proposta, reforçando a eficácia da metodologia utilizada no processo de seleção.

5 CONCLUSÃO

A realização desse trabalho permitiu observar que é possível fazer uma melhor opção de materiais a serem utilizados em um determinado projeto de engenharia. Para isso, torna-se necessário utilizar-se de alguns parâmetros como analisar, apreciar e avaliar de maneira cautelosa da aplicabilidade relacionada ao funcionalismo e desempenho final do produto. Para esse intuito, devem-se considerar as características que variam conforme a multiplicidade de materiais disponíveis no mercado.

Vale salientar que a metodologia de seleção de materiais, de autoria de Ashby (2012), apresentada neste estudo, dentre outras já existentes, é a que mais se adequa às necessidades do usuário na seleção de materiais, uma vez que auxilia a definir o material nos projetos de produtos em conformidade com os objetivos pretendidos. Na literatura o método e seleção de materiais do referido autor pode ser visto como o mais apropriado para o uso em diversos projetos de fabricação, trazendo benefícios ao processo, como um menor custo.

Para tanto, aspirando uma melhor maneira de aprendizado da metodologia de SM de Ashby por acadêmicos e afins, está sendo criado um *software* tomando como base a plataforma PHP, o que permitirá executar de forma dinâmica e interativa, que junto ao manual de instruções facilitará o uso e tornará auto sugestivo a utilização do produto.

Nessa perspectiva pode-se afirmar que ferramentas como um *software* auxiliam o engenheiro projetista a definir entre os materiais sugeridos, aquele que minimiza os danos quantitativos e qualitativos e as falhas no processo de tomada de decisão. Além disso, o uso de ferramentas contribui com a redução de falhas e danos quantitativos e qualitativos no processo ao tomar decisão.

6 TRABALHOS FUTUROS

Este software tem potencial para ser melhorado, incluindo um banco de dados mais extenso com mais informações de materiais variados, que oferecem mais opções de seleção, ajustando-se às exigências do produto a ser desenvolvido.

Além de ser usado por estudantes de Engenharia, pode ser melhorado para ser aplicado nos cursos de Design, pois tem como objetivo escolher os materiais mais adequados para a produção ou desenvolvimento de um produto específico, uma atividade bastante frequente para os estudantes deste curso.

O uso de métodos de análise por algoritmo genético tem como objetivo potencializar a inteligência artificial do software, permitindo que ele se aperfeiçoe com os conhecimentos introduzidos, reduzindo assim o tempo de inserção de dados para resposta.

O software já vem sendo utilizado para desenvolvimento de novos projetos relacionados a chapas de montagem de veículos, essa correlação pode possibilitar reduções de custo no processo de fabricação e ganhos em desempenho e estabilidade nos veículos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBY, M. F.; JONES, D. R. H. **Engenharia de Materiais**: uma introdução a propriedades, aplicações e projeto. Vol. 1. 3ª. ed. CAMPUS, 2007.

ASHBY, M. F. **Engenharia de Materiais**: uma introdução a propriedades, aplicações e projeto. Vol. 2. 3ª. ed. CAMPUS, 2007.

ASHBY, M. F. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ASHBY M. F. **Seleção de materiais no Projeto Mecânico**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier 2012. Baxter M, 1995, "Projeto de produto". São Paulo: Edgard Blücher.

BACK, N. **Metodologia de Projetos de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara dois, 1983.

BELDERRAIN, M. C. N.; SILVA, R. M. **Considerações sobre Métodos de Decisão Multicritério**. In: XI Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA 2005, 2005, São José dos Campos. Anais do XI ENCITA, 2005. v. 1. p. 1-7

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. p. 601.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. p. 344.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000**. Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário. 2015.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos**. 7.ed. SÃO PAULO: ABM, 2002.

WHEELWRIGHT, S. C, CLARK, K. B; **Managing new product and process development**: text and cases. New York: The Free Press, 1995.

COLLINS, J. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. 1ª. ed. LTC, 2005.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 2ª. ed. Guanabara Dois, 1988, atualizado em 2025.

EMERICK, G. A.; SCHNEIDER, B. O.; CUSSUOL, J. D. **Seleção de materiais para produtos inovadores**. Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales Volumen 19(6), Noviembre de 2018. [2018-19-6-258-270-emerick-y-col.pdf \(reviberpol.org\)](https://www.reviberpol.org/2018-19-6-258-270-emerick-y-col.pdf). Acesso em 19 jun 2024.

FARAG, M. M. **Materials and process selection for engineering design**. 3ª ed. Taylor & Francis Group, 2014.

FERRANTE, M. **Seleção dos Materiais de Construção Mecânica: Estratégias e Metodologia Básica**. Departamento de Engenharia dos Materiais. Ufscar. Simpósio Matéria. Rio de Janeiro, 2000.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos Materiais**. 1ª. ed. LTC, 2000.

JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M., **Fundamentos do projeto de componentes de máquinas**. 4ª Ed. LTC, 2008.

LUCIANO, M. A.; COSTA, C. A.; FORCELLINI, F. A.; FERREIRA, G. F. **Ambiente de apoio ao processo de desenvolvimento de produtos**. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica Cusco, 23 a 25 de Outubro de 2007.

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia: microestrutura e propriedades** (1ª ed., Vol. I). Curitiba: HEMUS, 2000.

REDDY, J. **An Introduction to Continuum Mechanics** (Vol. I). Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

ROSSONI, C. **Decisão Multicritério: Uma pesquisa experimental para avaliação da percepção dos gestores de MPE acerca do modelo de tomada de decisão multicritério T-ODA quanto à sua Aplicabilidade**. FACCAMP, 2011.

ROZENFELD H.; AMARAL, D. C.; FORCELLINI, F. A.; TOLEDO, J. C. DE, SILVA, L. D. A. ALLIPRANDINI, D. H, SCALICE, R. K. **Desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHELESKI, S. **Seleção de materiais no projeto de máquinas e implementos agrícolas**. Design E Tecnologia, 5(09), 29-41, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.23972/det2015iss09pp29-41>>. Acesso em 04 de junho de 2024.

SHIMIZU, T. **Decisões nas organizações**, 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2006.

SOARES, S. R. **Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 2003.

EPPINGER, S.D; ULRICH, K.T. **Product design and development**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

XIN, J. Y.; YEUNG, A. CL; CHENG, T. C. E. Radical innovations in new product development and their financial performance implications: An event study of US manufacturing firms. **Operations Management Research**, v. 1, n. 2, p. 119-128, 2009.

APÊNDICES

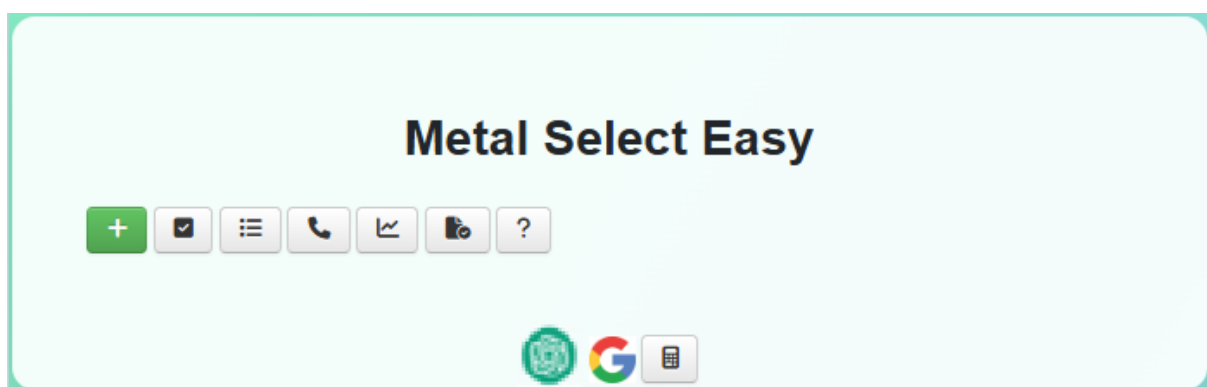
Manual de Instruções e Operações

Manual de instruções e Operações

Software: Metal Select Easy

- **TELA INICIAL**

Na tela inicial, ou tela de funções do Metal Select Easy, o usuário encontra as principais três funções do software, das quais são o cadastro de um novo material, seleção do material desejado e lista dos materiais armazenados na biblioteca.



- **CADASTRAR NOVO MATERIAL**

A tela inicial do cadastro de um novo material pode ser realizado clicando no primeiro botão, destacado em verde.

Uma nova tela será aberta para que o usuário insira todos os dados exigidos pelo software. Nesta tela é importante atender todos os campos pré estabelecidos.

Metal Select Easy

+ 📷 ☰ 📞 ✉️ 📄 ?

Novo Material

| | |
|--|--|
| Código | Nome |
| Custo (R\$/Kg) | Densidade (g/m ³) |
| Módulo de Elasticidade (Pa) | Limite de Escoamento (MPa) |
| Dureza (HB) | Limite de Resistência (MPa) |
| Deformação (%) | Tenacidade à Fratura (MPa·m) |
| Resistência à Fadiga (MPa) | Coeficiente de Expansão Térmica (1/°C) |
| Condutividade Térmica (W/(m.K)) | Calor Específico (J/(kg.K)) |
| Resistência ao Choque Térmico Vazio | Tipo de material Vazio |
| Característica 1 Vazio | Característica 2 Vazio |
| Característica 3 Vazio | |

Cadastrar

Após preencher todas as informações, o cadastro do novo material será concluído clicando no botão CADASTRAR, localizado no final da página.

- **LISTA DE MATERIAIS**

O terceiro ícone de acesso “Lista de materiais” a lista dos materiais cadastrados no banco de dados do software.

Uma nova tela contendo uma tabela com todas as informações sobre os materiais armazenados no banco de dados irá se abrir.

Metal Select Easy

+ [] [] [] [] [] [] []

Lista de Materiais Disponíveis

| Código | Nome | |
|----------|----------|---------|
| 8630 | 8630 | [] [] |
| 4330 | 4330 | [] [] |
| 4145 | 4145 | [] [] |
| 1030 | 1030 | [] [] |
| 1040 | 1040 | [] [] |
| 1050 | 1050 | [] [] |
| 8620 | 8620 | [] [] |
| 1060 | 1060 | [] [] |
| 4340 | 4340 | [] [] |
| 4422 | 4422 | [] [] |
| NYLON 6 | NYLON 6 | [] [] |
| 5150 | 5150 | [] [] |
| 3130 | 3130 | [] [] |
| 1010 | 1010 | [] [] |
| 1045 | 1045 | [] [] |
| 1020 | 1020 | [] [] |
| 4130 | 4130 | [] [] |
| 4140 | 4140 | [] [] |
| VC 131 | VC 131 | [] [] |
| AISI 304 | AISI 304 | [] [] |
| AISI 316 | AISI 316 | [] [] |
| AISI 310 | AISI 310 | [] [] |

As informações para seleção de materiais deverão ser extraídas desta tabela. É importante observar que todos os dados dos materiais armazenados estão no sistema internacional de unidades.

Para o caso de não haver o material desejado armazenado no banco de dados, pode-se efetuar o cadastro de um novo material através da mesma página, clicando apenas no botão “NOVO”, localizado no topo.

Para a necessidade de alteração, exclusão ou busca por mais informações sobre material armazenado no banco de dados poderá ser feita através dos botões de “edição”, “exclusão”, localizados logo ao lado do nome de cada material.



- **SELEÇÃO DE MATERIAIS**

A partir de qualquer tela é possível fazer a seleção de um material e pode ser realizada clicando na opção “SELECIONAR”.

The image shows a web interface titled "Metal Select Easy". At the top, there is a navigation bar with icons for home, menu, search, and help. Below this is the section "Seleção de Material". The form contains five rows, each with a label on the left and two input fields on the right, separated by a less-than sign (<). The rows are: "Custo" (Valor de seleção (R\$/Kg)), "Densidade" (Valor de seleção (g/m³)), "Módulo de Elasticidade" (Valor de seleção (Pa)), "Limite de Escoamento" (Valor de seleção (MPa)), and "Dureza" (Valor de seleção (HB)). At the bottom of the form is a large blue button labeled "Selecionar Material".

Uma nova tela contendo um formulário para preenchimento irá se abrir.

Nesta tela o usuário preenche com as informações desejadas para realizar seleção do material.

Após o preenchimento, deve-se clicar no botão “SELECIONAR MATERIAL”, localizado ao final da página.

Cabe ao usuário preencher corretamente, respeitando as unidades .

Após clicado na opção "SELECIONAR MATERIAL", uma nova tela irá se abrir contendo os resultados para seleção executada.



Ao clicar na lupa que se encontra ao lado do nome do material selecionado, o usuário tem a opção de navegar pelas informações sobre o material.

ANEXO - Carta de Apoio



Carta de Apoio

Vimos por meio desta manifestar o apoio da Stellantis – Powertrain – Porto Real ao trabalho: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS DENTRO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, do proponente Thiago Penedo de Brito Ambrosio, que está inscrito no Mestrado Profissional em Materiais da instituição de ensino UNIFOA localizado em Volta Redonda-RJ.

O referido trabalho prevê o desenvolvimento de uma ferramenta educativa seleção de materiais através de um software via web, tomando como base a metodologia de Ashby.

Entendemos que essas ações são importantes para a fábrica de motores e componentes, atualmente já vem sendo utilizado e aplicado aos projetos diários. Caso o projeto seja aprovado, apoiaremos ainda mais no que for possível e necessário.

Porto Real, 17 de junho de 2025.

Nome: *Wellington dos Santos I. de Silva* Nome: EDUARDO L. JEMOLAES

Função: *Líder de Manutenção e Ativos* Função: LIDER DE PROCESSO

Assinatura: *[Handwritten Signature]* Assinatura: *[Handwritten Signature]*



