

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

**JORGE JOÃO FERREIRA DE SOUZA JUNIOR**

**SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO PARA SELEÇÃO DE  
MATERIAIS**

**VOLTA REDONDA  
2017**

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

**SISTEMA METODOLÓGICO APLICADO PARA SELEÇÃO DE  
MATERIAIS**

Dissertação apresentada à Fundação Oswaldo Aranha, como requisito à obtenção do título de Mestre em Materiais, sob a orientação do professor Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira e coorientador Dr. Evandro Bastos dos Santos na área de concentração de processamento e caracterização de materiais metálicos, linha de pesquisa de materiais metálicos.

Aluno:

Jorge João Ferreira de Souza Junior

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

Coorientador:

Dr. Evandro Bastos dos Santos

**VOLTA REDONDA**

**2017**

### FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

S719s Souza Junior, Jorge João Ferreira de.  
Sistema metodológico aplicado para seleção de materiais. / Jorge  
João Ferreira de Souza Junior. - Volta Redonda: UniFOA, 2017.

150 p. : II

Orientador(a): Alexandre Palmeira Alvarenga

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em  
Materiais, 2017

1. Materiais - dissertação. 2. ASHBY. 3. SM - métodos. 4.  
Programa. I. Alvarenga, Alexandre Palmeira. II. Centro  
Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 620.1

Dedico este trabalho a Deus, a minha família e amigos que muito me apoiaram e me incentivaram 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 nos apoiaram e motivaram para o sucesso.

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

JUNIOR, J. J. F. S. **SOFTWARE EDUCATIVO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS PELO MÉTODO ASHBY**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha do Campus Três Poços, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda.

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma introdução ao mundo da seleção de materiais possibilitando a elaboração de projetos na área da engenharia por meio de um plano itinerário que tem foco na apresentação dos materiais definindo seus tipos, suas estruturas cristalinas e microscópicas, seus defeitos existentes e abordando de uma forma geral as principais ligas e materiais importantes que sempre devem ser levados em consideração no projeto. Após isto é tratado sobre como é realizado, de modo teórico, a seleção de materiais, quais os fatores que as influenciam, como tal as especificações e os critérios a serem considerados. Também é descrito as metodologias de análise e apoio a decisão que incluem a Escola Francesa e Americana para Seleção de Materiais (SM) descrevendo suas vantagens e desvantagens. Posteriormente é explanado de como funciona a seleção de materiais, estudo baseado na metodologia de Ashby, isto pela sua característica do uso de uma das técnicas de índice de mérito para análise das condições estipuladas pelo projeto, uma das técnicas mais utilizadas na área da engenharia. Após isto foi sintetizado o método de Ashby por meio de um software computacional voltado para educação e que contém interface simples para o usuário, para tal foi escolhido o PHP (Personal Home Page) que permite a reprodução de circunstâncias que demonstram como é realizado a SM e por sua característica de fácil manutenção. As ferramentas utilizadas para auxiliar o Engenheiro Projetista são muitas e neste trabalho a metodologia de Ashby mostra ser uma ferramenta apropriada para ser utilizada em diversos projetos.

Palavras-chave: Ashby; Métodos; SM; Programa.

JUNIOR, J. J. F. S. **SOFTWARE EDUCATIVO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS PELO MÉTODO ASHBY**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha do Campus Três Poços, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda.

### **ABSTRACT**

The objective of this work is to introduce the world of material selection for the elaboration of an engineering project through a script that focuses on the presentation of materials describing their types and their various characteristics that are always taken in a project number in a . From your point of view, your design, your theoretical mode, your selection of materials, your factors that influence, as well as your criteria such as technical standards and specifications. The methods of analysis and support involving an American and French School for Material Selection (SM), with their respective advantages and disadvantages, are also described. This study was developed in the methodology of Ashby, since it is one of the merit index techniques for the evaluation of the conditions estimated by the project and applied in the engineering area. In the price per person, based on a full research, which made it possible to reproduce some situations that exemplify how a SM was made, demonstrating that the Method is useful within the available one.

Keywords: Ashby; Methods; SM; Program.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia de projeto. ....	15
Figura 2 - Tipos de projeto de desenvolvimento de produtos baseados na inovação. .....	17
Figura 3 - Processo de desenvolvimento de Produto. ....	18
Figura 4 - As famílias básicas de metais, cerâmicas, vidros, polímeros, elastômeros e híbridos. ....	21
Figura 5 - Exemplo de metais. ....	22
Figura 6 - Exemplo do material cerâmico. ....	22
Figura 7 - Exemplo do material Vidro ....	23
Figura 8 - Exemplo de materiais poliméricos.....	23
Figura 9 - Exemplo de materiais elastômeros ....	24
Figura 10 - Exemplo de material híbrido.....	24
Figura 11 - Curva Tensão x Deformação para o módulo de Young.....	27
Figura 12 - Curva Cisalhamento X Deformação angular de cisalhamento.....	27
Figura 13 - Acidente com vaso de pressão. ....	28
Figura 14 - Curva Tensão X Deformação para Polímeros.....	29
Figura 15: Curva Tensão X Deformação para materiais cerâmicos.....	29
Figura 16 - Módulo de ruptura MOR para o caso de flexão. ....	30
Figura 17 - Gráfico Carga (F) X Deflexão ( $\delta$ ).....	31
Figura 18 - Curva obtida pelo ensaio de tração. ....	32
Figura 19 - Exemplo de carregamento Alternado. ....	33
Figura 20 - Exemplo de carregamento flutuante.....	33
Figura 21 - Exemplo de carregamento irregular ....	34
Figura 22 - Escalas comparativas dos valores para vários métodos de durezas e aplicações recomendáveis para diversos materiais. ....	35
Figura 23 - Modos básicos de deslocamento da superfície da trinca para materiais isotrópicos.....	36
Figura 24 - Capacidade térmica - a energia para elevar em 1°C a temperatura de 1kg de material. ....	37
Figura 25 - Condutividade térmica. ....	38
Figura 26 - Coeficiente de expansão térmica linear $\alpha$ mede a mudança no comprimento, por unidade comprimento, quando a amostra é aquecida.....	38



Figura 27 - Resistividade elétrica. ....	39
Figura 28 - Constante Dielétrica - mede a capacidade de polarização de um isolante. .....	40
Figura 29 - Exemplo de refração em dois sólidos de metal com densidades diferentes. ....	41
Figura 30 - Diagrama E - $\rho$ demonstrando as famílias de materiais e seus respectivos envelopes.....	47
Figura 31 - Estratégia de seleção de materiais. ....	49
Figura 32 - Diagrama esquemático E- $\rho$ que mostra as diretrizes para os três índices de materiais para o projeto rígido, leve. ....	49
Figura 33 - Fluxograma que elucida as pré etapas de desenvolvimento do programa. .....	53
Figura 34 - Modelo de programação PHP para criação da etapa denominada “cadastra_material”. ....	57
Figura 35 - Exemplo da interface phpMyAdmin.....	58
Figura 36 – Fluxograma do processo.....	61
Figura 37 - Tela inicial do programa.....	63
Figura 38 - Exemplo do ajuste da tela do programa em diferentes dispositivos. (a) <i>Notebook</i> , (b) <i>Smartphone</i> e (c) <i>Tablet</i> . ....	64
Figura 39 - Tela Cadastro de Novo Material.....	65
Figura 40 - Exemplo pré preenchimento de características físicas existentes para determinados materiais.....	66
Figura 41 - Exemplo de características referente à algum processo mecânico de fabricação. ....	67
Figura 42 - Mensagem da confirmação de cadastro de um novo material.....	67
Figura 43 - Tela Lista de Materiais. ....	68
Figura 44 – Informação sobre o sistema de unidade utilizado e classificação qualitativa.....	69
Figura 45 - Mensagem de confirmação de edição das informações dos materiais já adicionados no banco de dados do programa.....	70
Figura 46 - Exemplo dos botões de edição, exclusão e pesquisa sobre o material analisado. ....	70
Figura 47 - Tela de confirmação da exclusão de material do banco de dados. ....	71

Figura 48 - Mensagem de confirmação de exclusão do material do banco de dados do programa.....	71
Figura 49 - Exemplo da tela de seleção de materiais. ....	72
Figura 50 - Exemplo da tela de Seleção de Materiais e o modo de preenchimento. ....	73
Figura 51 - Cadastro do material Titânio puro. ....	75
Figura 52 - Barra circular sob força de tração. ....	76
Figura 53 - Seleção por Elongação. ....	79
Figura 54 - Tela com os possíveis materiais para o primeiro caso. ....	80
Figura 55 - Barra circular maciça sob força de tração. ....	81
Figura 56 - Lista de materiais que atendem a condição de elongação. ....	82
Figura 57 - Esquema das tensões de membrana em um vaso de pressão. ....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das principais características e propriedades utilizadas.....	54
Tabela 2 - Lista dos índices secundários de avaliação.....	55
Tabela 3 -.....	56
Tabela 4 - Valores de tenacidade à fratura e limite de escoamento dos seus aços disponíveis para a construção.....	83
Tabela 5 - Valores das tensões admissíveis para o projeto em questão .....	86
Tabela 6 - Resultado do tamanho de trinca crítica. ....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de propriedade. ....	20
Quadro 2 - Propriedades de materiais básicas que limitam o projeto, e suas unidades SI usuais.....	26
Quadro 3 - Caracterização de Propriedades Quanto ao Índice de Avaliação. ....	44
Quadro 4 - Função, restrições, objetivos e variáveis livres.....	51
Quadro 5 - Lista das propriedades e valores do Titânio puro. ....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>O Processo De Projeto .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Classificação de projetos de desenvolvimento de produtos .....</b>	<b>16</b>
2.2.1	Ferramentas de Projeto e Dados de Materiais .....	18
<b>2.3</b>	<b>Materiais e suas propriedades .....</b>	<b>20</b>
2.3.1	Materiais e suas Famílias na Engenharia .....	21
2.3.2	Informações Gerais de Materiais para Projeto .....	24
2.3.3	Propriedades e as suas Unidades de uma Forma Geral .....	25
<b>2.4</b>	<b>A seleção de materiais .....</b>	<b>41</b>
2.4.1	Fatores que Influenciam na SM .....	42
2.4.2	Crítérios a Serem Considerados na SM .....	43
2.4.3	Caracterização de Propriedades Quanto ao Índice de Avaliação .....	44
2.4.4	Especificações dos Materiais Selecionados para Fabricação .....	45
2.4.5	Normalização Técnica .....	45
<b>2.5</b>	<b>A metodologia de Ashby .....</b>	<b>45</b>
2.5.1	Diagramas de Propriedades de Materiais .....	46
2.5.2	A Estratégia de Seleção .....	48
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1</b>	<b>Pré etapas de desenvolvimento .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2</b>	<b>Seleção de propriedades .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3</b>	<b>Índices secundários de avaliação .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4</b>	<b>Elaboração dos textos de auxílio ao usuário .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5</b>	<b>Escolha dos materiais para o banco de dados .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6</b>	<b>Linguagens e programas .....</b>	<b>56</b>
<b>3.7</b>	<b>Arquitetura do programa .....</b>	<b>59</b>
<b>3.8</b>	<b>Comunicação Usuário / Programa .....</b>	<b>60</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1</b>	<b>Interface Gráfica .....</b>	<b>63</b>
4.1.1	Cadastro de novo material .....	64
4.1.2	Lista de materiais .....	68
4.1.3	Seleção de materiais .....	72

<b>4.2</b>	<b>Simulação de cadastro de material .....</b>	<b>73</b>
<b>4.3</b>	<b>Estudo de casos .....</b>	<b>75</b>
4.3.1	Barra circular sob força de tração .....	76
4.3.2	Análise em projeto com alta elongação .....	80
4.3.3	Análise em projeto de um reservatório cilíndrico .....	83
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>90</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO A .....</b>	<b>94</b>
	<b>ANEXO B .....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO C .....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do profissional da engenharia é definir qual material deverá ser utilizado nos projetos mecânicos, isto deve-se ao fato do quantitativo tipos de materiais existentes, este desafio consiste em: qual material escolher diante de tantas opções disponíveis para o profissional de engenharia? A partir desta questão inicial, podem ser pensados em mais desafios como: quais as restrições existentes no projeto, quais os tipos de projetos, quais são as funções do projeto, qual custo do processo de fabricação do projeto, qual custo dos materiais envolvidos no projeto?

Estes desafios fazem parte da atividade conhecida como seleção de materiais, ou SM. Neste projeto existem recursos atrelados a, material, processo, necessidade, forma e função. A partir disto pode-se destacar que cada material existente na atualidade possui diferentes características e propriedades particulares as quais definem seus fatores de qualidade, segurança, custo entre outros para o projeto mecânico. As diretrizes que formam o processo de projetar são o que constroem os projetos mecânicos. Esses passos são trabalhados em paralelo a seleção de materiais até que em determinado momento acontece uma fusão onde é analisado o desempenho do material em sua primeira tentativa no projeto.

É necessário que o engenheiro projetista tenha dados embasados nas normas e as ferramentas de projetos junto ao seu conhecimento adquirido durante o tempo para que o resultado final do trabalho seja o esperado, isto além dos conhecimentos avançados sobre os materiais, conhecimentos referentes a fabricação dos materiais para determinados projetos, suas formas, funções e processos (ASHBY; JONES, 2007).

O método de Ashby vem se mostrando como uma metodologia adequada para estas demandas, método qual será debatido durante este trabalho. O engenheiro projetista utiliza esta metodologia para identificar as propriedades que deverão ser utilizadas em seu projeto, podendo ser selecionadas através da mudança de relações químicas ou o padrão do material, podendo ainda ser adicionados ou removidos os elementos liga em geral ou elementos químicos, selecionando assim todos os materiais envolvidos no projeto desde a fabricação até o acabamento. Sendo assim, na Seleção de Materiais – SM é escolhido o material

de acordo com as necessidades do projeto, podendo assim avaliar as vantagens e desvantagens do material para a aplicação referente. Neste trabalho serão utilizados todas as famílias de matérias. (ROZENFELD et al., 2006).

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta voltada para área da educação, seu fundamento é a complicação e aplicação de metodologias para selecionar os materiais em projetos na área da engenharia, para isto foi utilizado como base a metodologia de Ashby (2012) na criação de um software educativo que possibilita facilitar a seleção de materiais em conjunto com seu manual que facilita a operação do software.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O Processo De Projeto**

Segundo Collins (2005) entende-se por engenharia o campo de saber que transita entre a ciência e a arte. A engenharia busca favorecer a humanidade, com recursos naturais e fontes de energia, transformando-os em produtos, máquinas e estruturas. Sendo assim, os projetos de Engenharia são criados para atender as necessidades ou desejos humanos.

É importante notar que projetar na engenharia é o mesmo que processar iterativamente. Iteração neste caso é definido como o período de resolução de um projeto dividido em operações, cada operação resulta um objeto até o produto final. Exemplificando podemos utilizar o caso de uma caneta ou de uma máquina complexa onde os passos para a criação serão os mesmos: definir a função do produto; escolher os tipos de materiais a serem utilizados; criar um projeto experimental; executar o produto; reavaliar; refinar o produto; processar sistematicamente a gestão de desenvolvimento de produtos de acordo com normas e regras específicas ao critério do projetista e da literatura pertinente disponibilizada. Sendo assim o processo de iteração está intrínseco no projeto.

Porém se houver alguma falha nos processos de seleção de material haverá implicações por todo o processo, destacando a viabilidade econômica que também será afetada. Por isto a escolha do material atinge diretamente o método de fabricação e produção. Neste caso é necessário a produção de um protótipo para realizar avaliações contínuas do desempenho do produto no mercado, estuando a viabilidade de produção em maior escala, auxiliando na diminuição das fraquezas do projeto (ASHBY; JONES, 2007).

Formular a metodologia do projeto é a solução prática do problema de seleção inadequada de material. Com novos materiais a cada dia e maiores possibilidades de elaboração de um projeto, selecionar o material tornou-se um das tarefas mais complexas e importantes do processo de projetar (SCHELESKI, 2015)

A figura 1, descreve o esquema de fluxo para elaborar um projeto.

Na figura um pode-se observar que em paralelo a seleção de materiais é realizado o projeto do componente, após a primeira tentativa trabalham em conjunto na Análise de Desempenho do Material onde passam pelas etapas, Especificação e Projeto Detalhados, Escolha de Métodos e Produção (necessário a iteração com os itens da primeira tentativa), Teste do Protótipo, Estabelecimento da Produção e por fim o Desenvolvimento que precisa também ser iterado com os itens anteriores.

É necessário escolher o material experimental e reunir livros técnicos especializados, em paralelo a isto, elaborar um projeto experimental com objetivo de cumprir a função definida no início do processo. Após isto realiza-se análises para avaliar o comportamento quando exposto as tensões, momentos e concentrações de tensões (ASHBY; JONES, 2007).

Podemos observar na figura 1 que após essas etapas, realiza-se uma primeira avaliação do projeto experimental, em função do desempenho do material em relação a suportar cargas, momentos, tensões concentradas entre outros critérios de seleção de materiais, caso não entre em colapso ou falhe será aprovado prosseguindo o projeto. Então especifica detalhadamente o projeto que abrangerá os conceitos de projeto informacional por meio da criação de o checklist, obtendo-se assim requisitos de produto, QFD (Quality Function Deployment), fontes de dados, clientes, custos etc. (figura1)

Com a aprovação, o processo é avançado e realiza o teste do protótipo conforme figura 1, que exige uma análise detalhada de solicitações. Em paralelo a este momento é necessário entender a viabilidade econômica do produto no mercado. (ROZENFELD et al., 2006; ASHBY; JONES, 2007).

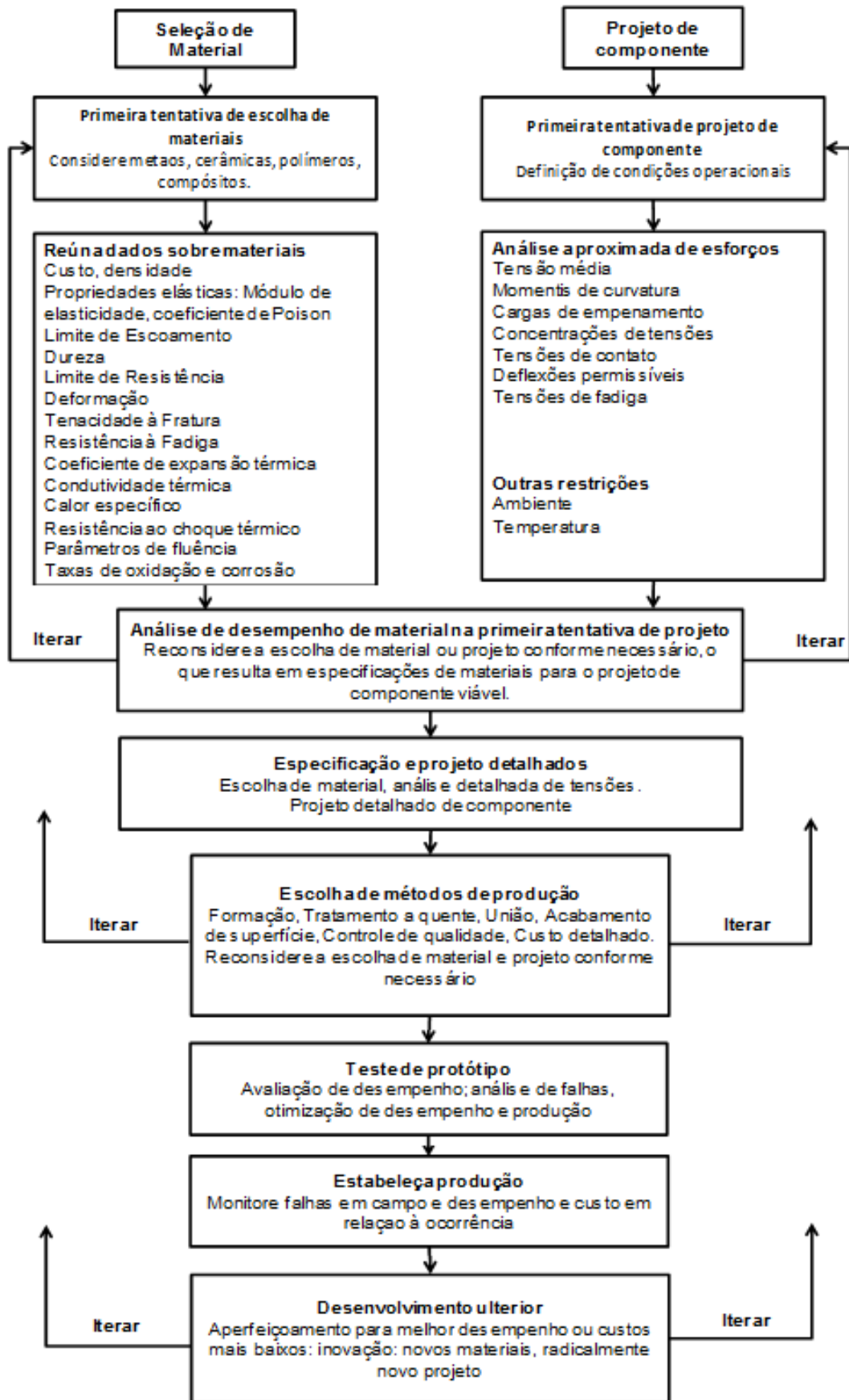


Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia de projeto.

Fonte: (ASHBY; JONES, 2007)

## **2.2 Classificação de projetos de desenvolvimento de produtos**

Os Projetos são classificados através de diversos critérios, os projetos de desenvolvimento de produtos classificam-se de forma útil e baseada no grau de mudanças em relação a projetos anteriores. O setor da indústria define a classificação. Para que o projeto seja original é necessário envolver uma nova ideia ou um novo princípio de trabalho, onde os materiais oferecem uma nova e/ou única combinação de propriedades onde se possibilita ser original. A evolução tende a projetar com a meta de criar um produto ou serviço de alta qualidade, com materiais refinados e puros para aplicação (ROZENFELD et al., 2006).

Segundo Rozenfeld et al. (2006) os projetos de adaptação ou desenvolvimento se baseiam em algum conceito existente e procuram avançar no desempenho através do refinamento do princípio de trabalho ou mediante o desenvolvimento de materiais.

Produzir projetos originais, utilizando materiais diferenciados é diretamente associado ao desenvolvimento do conhecimento, tão quanto às necessidades dinâmicas do mercado competitivo.

Os projetos variantes envolvem mudança na escala, dimensão ou detalhamento, não interferindo a função ou método principal do produto. Podemos citar como exemplos os projetos de redimensionamento de caldeiras, vasos de pressão, turbinas etc. Em determinados casos estas mudanças requerem alteração dos materiais utilizados.

Sendo assim podemos afirmar que existe uma necessidade de material e um desenvolvimento diferente para cada projeto. Ainda nesta dissertação iremos discutir a variação de materiais e o desenvolvimento dos mesmos. Os tipos de projetos de desenvolvimento são apresentados na figura 2 através da Amplitude da Mudança de Projeto.

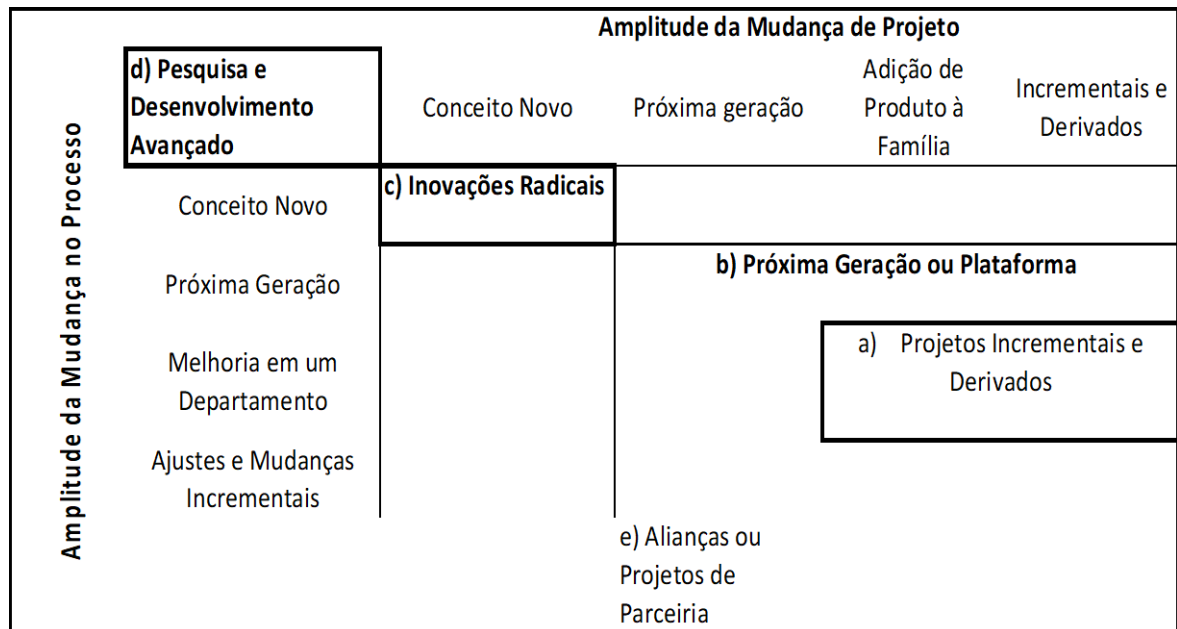


Figura 2 - Tipos de projeto de desenvolvimento de produtos baseados na inovação.

Fonte: (ROZENFELD, 2006)

Segundo Rozenfeld (2006) podemos classificar os projetos de desenvolvimento em radicais (*breakthrough*), de Plataforma ou Próxima Geração, Incrementais ou Derivados, de Pesquisa Avançada.

Em seguida é apresentado em pré descrição de cada um destes projetos.

- Radicais (*breakthrough*): Envolve modificações significativas no projeto do produto ou no processo existente. Possibilitando a criação de uma nova categoria e/ou família de produtos;
- Plataforma ou próxima geração: Geralmente exercem mudanças significativas no projeto do produto e/ou processo. Sem a inserção de novas tecnológicas ou materiais;
- Incrementais ou Derivados: Geram produtos e projetos que são derivados, híbridos ou com modificações de pequeno porte quando referentes a projetos anteriores;
- Projeto de Pesquisa Avançada: Com propósito de gerar conhecimento para projetos futuros. Geralmente são precursores para o desenvolvimento comercial, porém não possuem propósitos comerciais quando o prazo é curto.

Além destes projetos citados anteriormente existe também os projetos do tipo *follow-source*, oriundos da matriz, outras unidades do grupo ou clientes e não necessitam modificações significativas da unidade brasileira que é responsável pelas adequações.

### 2.2.1 Ferramentas de Projeto e Dados de Materiais

Geralmente o desenvolvimento de produtos ou projetos é o conjunto de operações de busca, a partir das indispensabilidades do mercado e possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, para que a manufatura seja eficiente para produzir é necessário checar às especificações de projeto de um produto e de seus processos de produção. (ROZENFELD et al., 2006).

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é destaque entre as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de um projeto. Conhecida no Brasil a PDP faz a interface entra a empresa e o mercado, permitindo a identificação das necessidades com objetivo de solucionar através de projetos e serviços relacionados. A ferramenta PDP é internacionalmente importante por produzir características únicas, com processo de natureza relativamente diferente dos utilizados na empresa. Comparando esta ferramenta a outras ferramentas utilizadas nos processos de negócio. Na figura 3 podemos observar o processo PDP, as fases e subitens do processo.

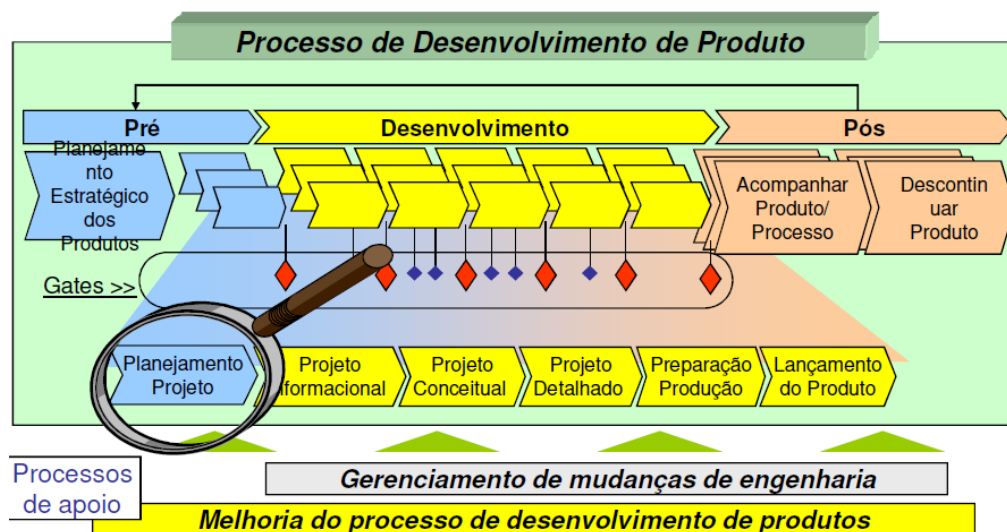


Figura 3 - Processo de desenvolvimento de Produto.

Fonte: (ROZENFELD et al., 2006)

As principais soluções e especificações são encontradas na fase inicial do PDP. Assim é realizada a escolhas dos materiais, e seus processos.

O PDP é dividido em diversos itens e subitens com objetivo de delimitar o projeto. Geralmente as análises econômicas mostram que decisões tomadas inicialmente são responsáveis por 85% do custo final do produto, os outros 15% são referentes a outros processos como tolerância das peças, construção, testagem e etc. Para isto é necessário que o projetista tenha a experiência de estar familiarizado com o processo (COLLINS, 2005).

O projeto segundo as normas e atendendo as exigências técnicas, deve prever falhas possíveis no projeto mecânico. O projetista deve garantir a segurança e confiabilidade do projeto durante a vida útil, tanto quanto sua capacidade de competir no mercado (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

Na elaboração de um projeto, o engenheiro deve estabelecer um limite superior para o estado de tensão que defina o tipo de falha do material utilizado. Essa é a proposta que será discutida posteriormente através dos diagramas de Ashby (2007, 2012) para cada característica e propriedade do material. Assim, quando um material for dúctil, geralmente a falha será especificada pelo início do escoamento ou no caso dele ser frágil, ela será especificado pela fratura do mesmo.

Para redução das falhas é orientado a utilização de programas que preveem através de simulações, as simulações são mais elaboradas e por métodos finitos (KWON, 2000).

Na graduação de engenharia é importante o estudo de quatro teorias que preveem a ruptura do material submetido a um estado de tensões. Chamadas de Teoria da Tensão de Cisalhamento Máximo ou Critério do Escoamento de Tresca; Teoria da Energia de Distorção Máxima ou Critério de Vonz Mises e H. Hencky; Teoria da Tensão Normal Máxima – W. Rankine; Critério de Falha de Mohr estas teorias são baseadas nas normas e calculam as tensões admissíveis no projeto (MASE; MASE, 1999).

É necessário uma precisão e um detalhamento na fase final do projeto a fim de fazer a melhora seleção dentre os poucos materiais que restaram da triagem realizada. O detalhamento de cada material é encontrado nas planilhas dos

fabricantes. É importante ressaltar que a fabricação de cada material é diferente em cada fabricante, o que altera as propriedades do material.

### 2.3 Materiais e suas propriedades

Podemos encontrar mais de 50.000 materiais à disposição dos profissionais de engenharia. Então o engenheiro é desafiado a selecionar o material diante de uma grande lista de possibilidades (ASHBY; JONES, 2007).

Com o passar do tempo, com os avanços tecnológicos os engenheiros e pesquisadores cada vez mais são obrigados a aprender e dominar outros materiais, um exemplo é o polímero que atualmente substitui alguns metais. Diante de tantos materiais o projetista selecionará o material visando os aspectos de cada classe, conforme citado no quadro 1 (ASHBY; JONES, 2007).

Quadro 1 - Classes de propriedade.

Aspecto econômico	Preço e disponibilidade
Física geral	Capacidade de reciclagem
	Densidade
Mecânica	Módulo de elasticidade
	Resistência à deformação e à tração
	Dureza
	Tenacidade à fratura
	Limite de fadiga
	Limite de resistência à deformação a quente (creep)
	Característica de amortecimento
Térmica	Condutividade térmica
	Calor específico
	Coefficiente de expansão térmica
Elétrica e magnética	Resistividade
	Constante dielétrica
	Permeabilidade magnética
Interação ambiental	Oxidação
	Corrosão
	Desgaste
Produção	Facilidade no processamento
	União
	Acabamento
Estética	Cor
	Textura
	Sensação tátil
Óticas	Índice de refração
Propriedades ecológicas	Energia incorporada
	Pegada de carbono

Fonte: (ASHBY; JONES, 2007)



### 2.3.1 Materiais e suas Famílias na Engenharia

Segundo Ashby (2012), os materiais de engenharia podem ser separados em seis famílias gerais detalhados na figura 14. Onde cada subitem tem propriedades, rotas de processamento e aplicações que se assemelham.

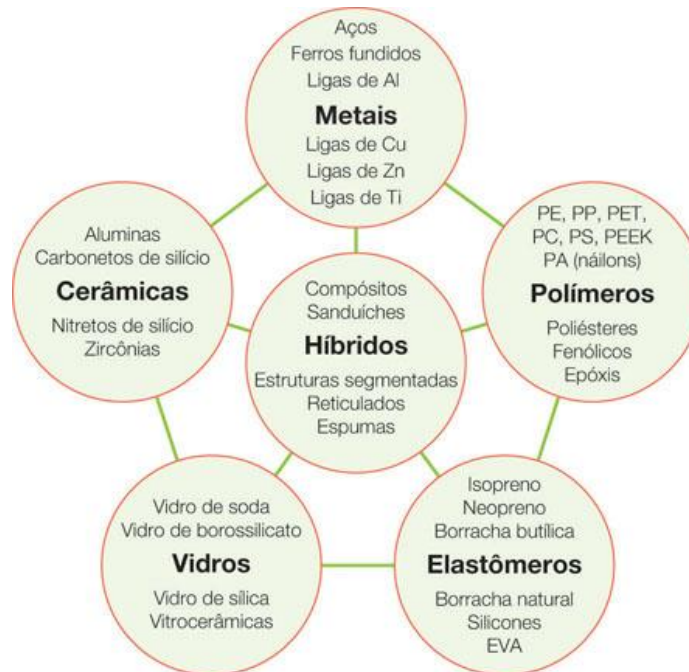


Figura 4 - As famílias básicas de metais, cerâmicas, vidros, polímeros, elastômeros e híbridos.

Fonte (ASHBY, 2012).

Segundo Ashby (2012), essas famílias têm as seguintes características:

- **Metais:** conhecidos por sua rigidez os metais tem módulos de elasticidade comparativamente altos, em grande parte são materiais puros. Podem ser fortalecidos através da adição de elementos de liga e tratamento termomecânico. Ainda assim continuariam dúcteis o que permitiria os processos de conformação e deformação.



Figura 5 - Exemplo de metais.

Fonte: (GROOVER, 2014)

- Cerâmicas: com módulos de elasticidade também com valores altos a cerâmica se diferencia dos metais em sua fragilidade. Com frágil resistência a tração a cerâmica se destaca pela alta resistência a compressão. Ainda tem frágil ductilidade e baixa tolerância a concentração de tensões. Grande parte da sua aplicabilidade deve-se ao fato de sua resistência a abrasão e corrosão.



Figura 6 - Exemplo do material cerâmico.

Fonte: (GROOVER, 2014)

- Vidros: conhecidos por sua solidez e ausência de cristalinidade (material amorfo). Como a cerâmica os vidros são frágeis, duros e vulneráveis a concentração de tensões.



Figura 7 - Exemplo do material Vidro

Fonte: (GROOVER, 2014)

- Polímeros: Resistente a Corrosão e com baixo coeficiente de atrito, os polímeros se destacam pelo módulo de elasticidade cerca de 50 vezes menor do que o dos metais. Por ser um material de combinação de materiais pode variar nas outras propriedades dependendo de como foi criado.



Figura 8 - Exemplo de materiais poliméricos

Fonte: (GROOVER, 2014)

- Elastômeros: são polímeros de cadeia longa acima da sua temperatura de transição vítrea. Os elastômeros são conhecidos por terem propriedades diferentes de todos os outros materiais, o que dificulta a seleção do material. O elastômero é um material com anomalias.



Figura 9 - Exemplo de materiais elastômeros

Fonte: (GROOVER, 2014)

- Híbridos: é definido como a combinação de dois ou mais materiais em uma configuração, e com escala pré-determinada. Atraente a utilização por unir propriedades vantajosas de outras famílias e ao mesmo tempo evita propriedades que são desvantajosas. São leves, rígidos, resistentes e podem ser tenazes.



Figura 10 - Exemplo de material híbrido

Fonte: (GROOVER, 2014).

### 2.3.2 Informações Gerais de Materiais para Projeto

É um consenso a utilização de materiais já conhecidos em um projeto, isto deve-se ao fato de que os materiais são mais conhecidos, com maior número de dados, o que diferencia de um material novo que podem ter dados incompletos ou inconfiáveis. Para inovar é necessário desenvolver produtos com novos materiais, o que implica ao projetista a tarefa de selecionar e escolher através dos dados. (ASHBY, 2012).

O projetista também tem o trabalho de encontrar informações confiáveis para selecionar o material. São comuns a todos os materiais os diversos atributos que podem ser estruturados para a seleção. Quando ensaiado o material apresentará as informações na forma bruta, que deverão ser estudadas para após serem apresentadas.

Quando estruturadas, estas informações podem ser organizadas em um banco de dados, para assim ficar disponível para utilização em projeto. É necessário estar bem definido no banco de dados as vantagens e desvantagens do material, seu coeficiente de conformação, as possibilidades de união etc. Para buscar estas informações é necessário consultar manuais e documentos como diretrizes de projeto, estes documentos geralmente contém gráficos, texto e imagens.

Existe também um ponto importante que é a padronização dos materiais, o que não se refere a um material mas a suas classes e subclasses. Com o tempo passou-se a ser utilizado materiais que fazem parte do desenvolvimento sustentável, este também participa dos trâmites de qualificação através da gestão ambiental como podemos notar seu emprego no anexo 1. É importante entender que primeiro o material é escolhido através de suas características primordiais, e então poderá ser selecionado por sua viabilidade econômica.

### 2.3.3 Propriedades e as suas Unidades de uma Forma Geral

Todo material tem seu perfil de propriedades caracterizado através de um conjunto de atributos que são montados por ensaios sistemáticos (GARCIA, 2000).

No quadro 2 podemos identificar as características que se destacam as classes dos materiais, propriedades, unidades e símbolos.

Quadro 2 - Propriedades de materiais básicas que limitam o projeto, e suas unidades SI usuais.

Classe	Propriedade	Símbolo e unidade
Gerais	Densidade	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ou Mg/m <sup>3</sup> )
	Preço	$C_m$ (\$/kg)
Mecânicas	Módulos de elasticidade (de Young, transversal, de elasticidade volumétrica)	E, G, K (GPa)
	Tensão limite de escoamento	$\bar{\sigma}_y$ (MPa)
	Limite de resistência	$\bar{\sigma}_{ts}$ (MPa)
	Resistência à compressão	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
	Resistência à falha	$\bar{\sigma}_f$ (MPa)
	Dureza	H (Vickers)
	Alongamento	$\epsilon$ (-)
	Limite de fadiga	$\bar{\sigma}_e$ (MPa)
	Tenacidade à fratura	$K_{1c}$ (Mpa.m <sup>1/2</sup> )
	Tenacidade	$G_{1c}$ (KJ/m <sup>2</sup> )
	Coeficiente de perda (capacidade de amortecimento)	$\eta$ (-)
	Taxa de desgaste (constante de Archard)	$K_A$ MPa <sup>-1</sup>
Térmicas	Ponto de fusão	$T_m$ (°C ou K)
	Temperatura de transição Vítrea	$T_g$ (°C ou K)
	Temperatura de serviço máxima	$T_{máx}$ (°C ou K)
	Temperatura de serviço mínima	$T_{mín}$ (°C ou K)
	Condutividade térmica	$\lambda$ (W/m.K)
	Calor específico	$C_p$ (J/Kg.K)
	Coeficiente de expansão térmica	$A$ (K <sup>-1</sup> )
	Resistência a choque térmico	$\Delta T_s$ (°C ou K)
Elétricas	Resistividade elétrica	$\rho_e$ (Ω.m ou μΩ.cm)
	Constante dielétrica	$\epsilon_r$ (-)
	Força dielétrica	$V_b$ (10 <sup>6</sup> V/m)
	Fator de potência	$P$ (-)
Óticas	Índice de refração	$n$ (-)
Propriedades ecológicas	Energia incorporada	$H_m$ (MJ/kg)
	Pegada de carbono	CO <sub>2</sub> (kg/kg)

Fonte: (ASHBY, 2012).

Ashby (2012) apresenta descreve as características de cada classe de propriedades:

- Propriedades gerais: podemos classificar densidade como massa por unidade de volume. Hoje a densidade é medida, como Arquimedes media: pesando ar e em um fluido de densidade conhecida. O valor flutua de acordo com a variância do mercado, sendo assim existe uma grande variação de valores. Qualidade e quantidade são as maiores interferências.
- Propriedades mecânicas básicas: podemos classificar como módulo de elasticidade a inclinação elástica linear na curva tensão-deformação. A curva do carregamento de compressão ou tração é demonstrada através



do módulo de Young fundamentada na lei de Hook que é a lei que envolve tensão e deformação, figura 12.

## MÓDULO DE ELASTICIDADE (E)

Máxima tensão que o material suporta sem sofrer deformação permanente.

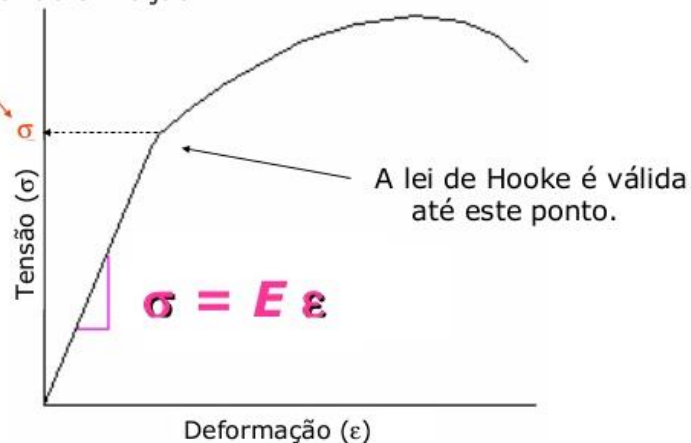


Figura 11 - Curva Tensão x Deformação para o módulo de Young.

Fonte: (DIETER, 1988).

O módulo de elasticidade transversal exibe a curva sobre carregamento de cisalhamento, figura 23, o módulo de elasticidade transversal depende do coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) no caso deste ensaio.

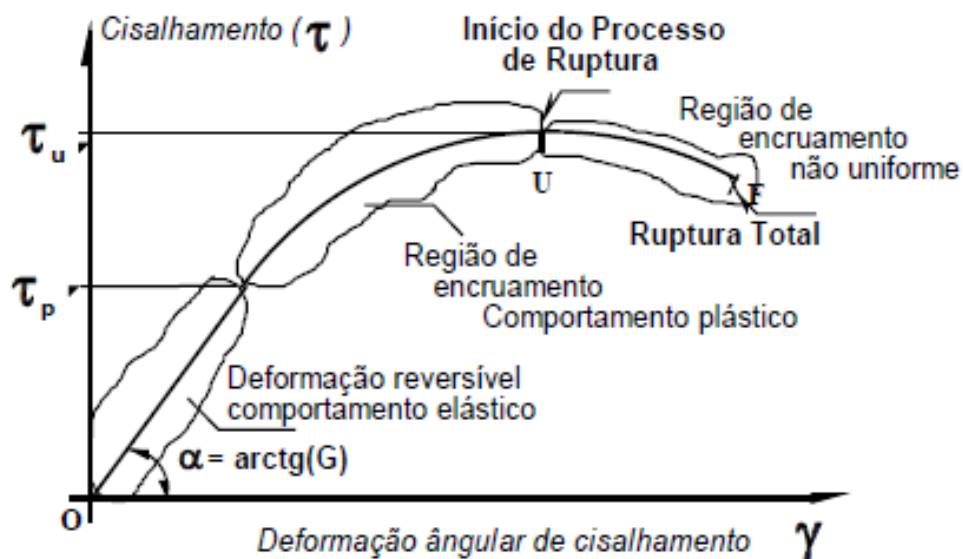


Figura 12 - Curva Cisalhamento X Deformação angular de cisalhamento.

Fonte: (GARCIA, 2000).

O módulo de elasticidade volumétrica exibido na figura 14 mostra o que acontece com a pressão hidrostática em situações como de um vaso de pressão de uma indústria qualquer.



Figura 13 - Acidente com vaso de pressão.

Fonte: (ASHBY, 2012).

Cada classe de material tem suas características de resistência. No caso dos metais, a resistência é a tensão de escoamento no gráfico Tensão-Deformação para 0,2% de deformação. Isto significa a resistência do material após o limite elástico do gráfico ter sido ultrapassado, até o material se romper. É de responsabilidade do engenheiro a avaliação dos limite de segurança para deformação do projeto. No caso dos polímeros esta definição é notada quando a curva Tensão-Deformação deixa de ser linear, fator causado pelo cisalhamento, consequentemente o material fica com uma deformação plástica permanente (figura 15). Isto é notado pela cor esbranquiçada do material após a sofrer tração elevada (DIETER, 1988).



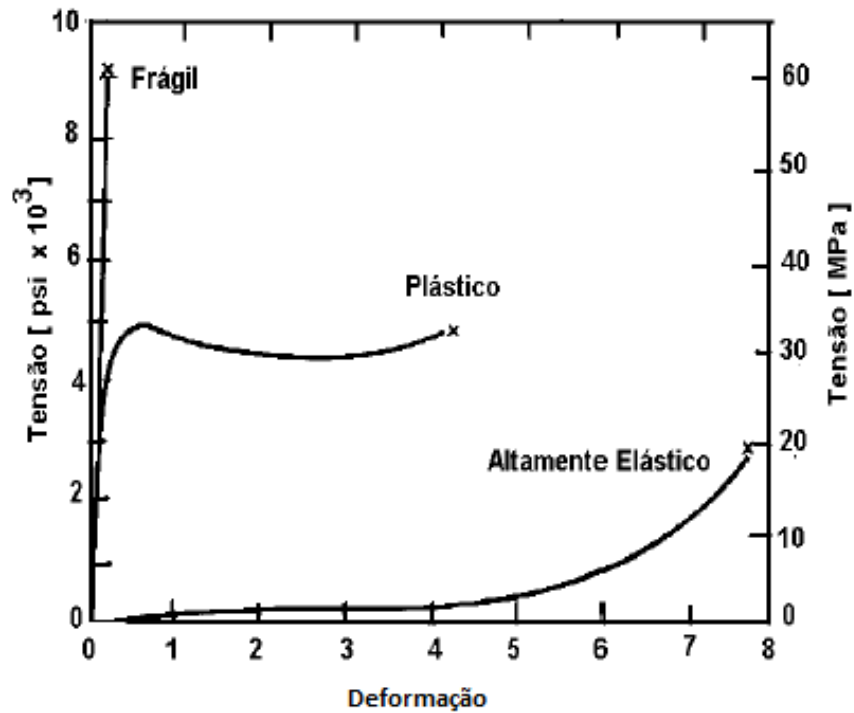


Figura 14 - Curva Tensão X Deformação para Polímeros.

Fonte: (DIETER, 1988).

No caso dos materiais cerâmicos e vidros sua resistência é relacionada à fratura sobre carregamento de tração e referente a compressão significa que a resistência ao esmagamento é superior se comparado à tração, figura 26.

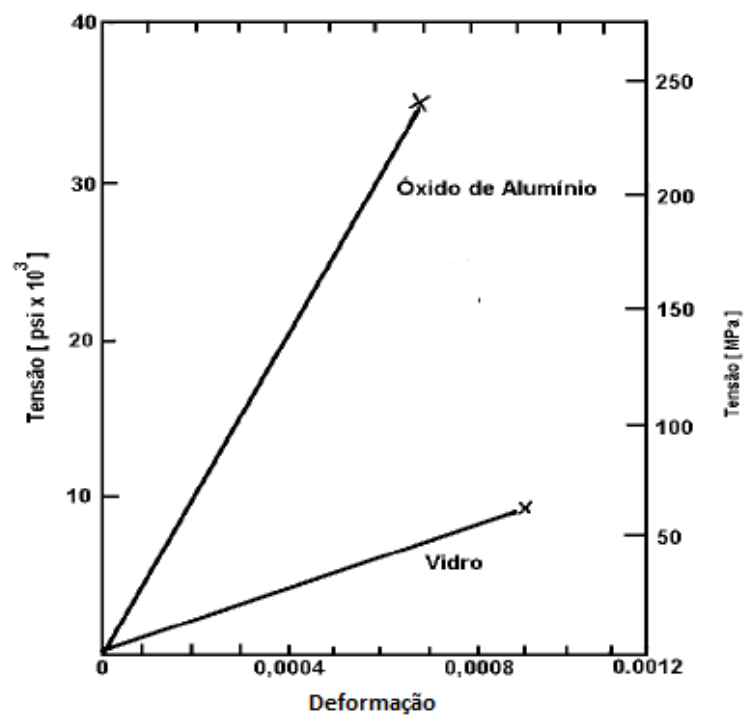


Figura 15: Curva Tensão X Deformação para materiais cerâmicos.

Fonte: (DIETER, 1988).

No caso dos materiais que precisam trabalhar sob flexão ou que tem dificuldade de fixação, por exemplo os materiais cerâmicos, a resistência pode ser medida também por flexão. Podemos identificar o que foi supracitado, identificamos estes casos como resistência a flexão ou módulo de ruptura (figura 27) a tensão máxima superficial ao flexionar uma viga até o momento da ruptura, onde o módulo de ruptura MOR. Ruptura MOR é a tensão na falha por flexão, nos materiais cerâmicos é igual ou pouco maior em materiais que a tensão de falha sob tração (GARCIA, 2000).

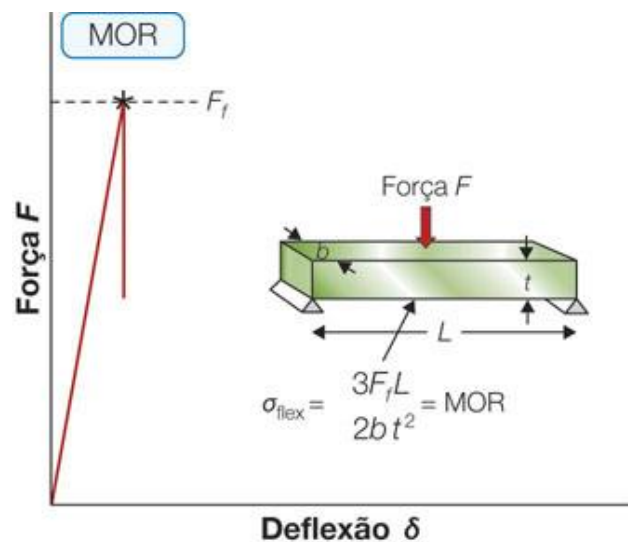


Figura 16 - Módulo de ruptura MOR para o caso de flexão.

Fonte: (ASHBY, 2012).

É apresentado no gráfico da figura 28 através do eixo Y a carga (F) e do eixo X a Deflexão (Símbolo:  $\delta$ ) em um ensaio de flexão em três perfis distintos.

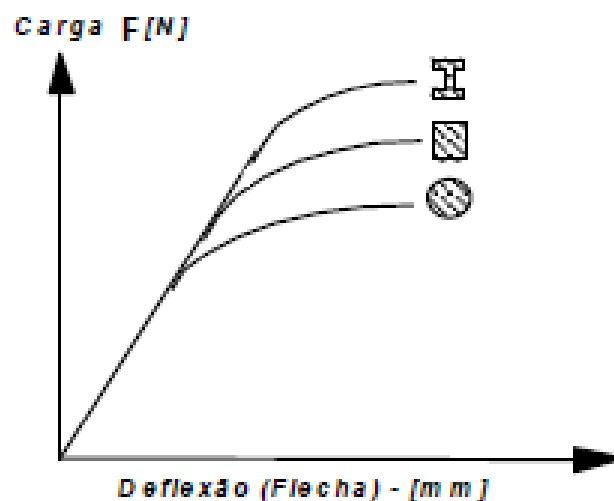


Figura 17 - Gráfico Carga (F) X Deflexão ( $\delta$ ).

Fonte: (GARCIA, 2000).

No caso dos compósitos a resistência é melhor definida, devido ao desvio padrão designado relacionado ao comportamento elástico linear que é de 0,5%. Isso quer dizer que a reta inclinada em 0,5% a direita, no eixo X, é a representação da parcela de deformação plástica no ponto de seu rompimento. Já no caso da compressão é utilizado 30% do valor para materiais naturais, por causa da flambagem das fibras, fato que restringe a aplicação dos compósitos em esforços de tração. A categorização dos materiais na engenharia e na avaliação de materiais por ensaio de flexão é realizada através da função escoamento, que trabalha a descrição dos campos plástico e elástico. O supracitado é de grande importância por definir o limite de escoamento do material até sua ruptura, conforme descrito na figura 29 (REDDY, 2008).

Resistir a aplicação de uma carga de tração uniaxial crescente em um material específico até sua ruptura, que é a resistência a tração ou o limite de resistência conforme figura 29. Esta característica tem como objetivo a verificação da variação do comprimento do material, em direção axial como função de uma carga (F). Os ensaios de tração tem como objetivo a observação das seguintes características: Limite de resistência a tração ( $\sigma_u$ ), limite de escoamento ( $\sigma_e$ ), módulo de elasticidade (E), módulo de resiliência ( $U_r$ ), módulo de tenacidade ( $U_t$ ), ductilidade, coeficiente de encruamento (n) e coeficiente de resistência (k). A temperatura tem grande influência no ensaio de tração, tanto quanto pela velocidade de deformação, anisotropia do material, tamanho do grão, porcentagem de impurezas e condições ambientais (GARCIA, 2000).

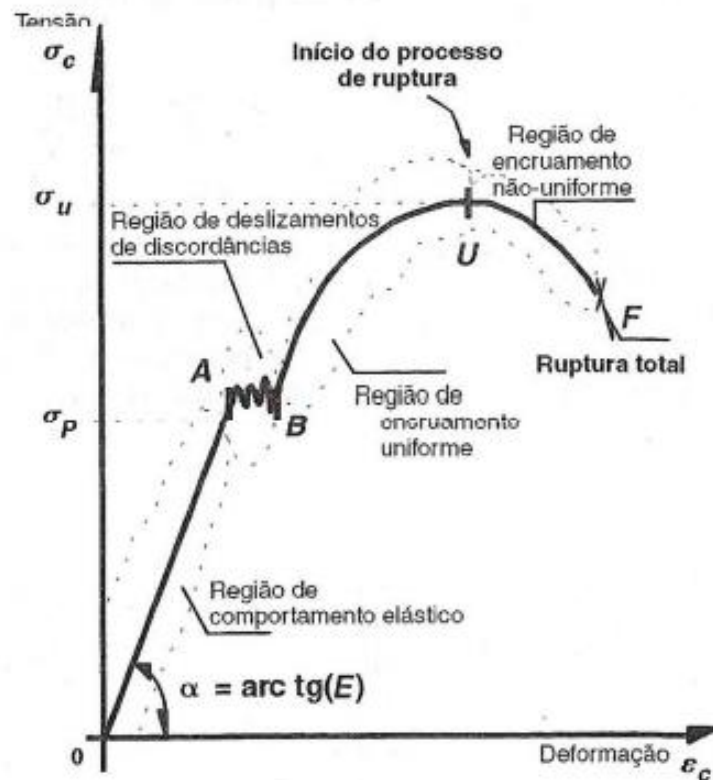


Figura 18 - Curva obtida pelo ensaio de tração.

Fonte: (GARCIA, 2000)

Nos carregamentos de tração é destacado o efeito contrário dos carregamentos de compressão, seja em qualquer classe de materiais, no esforço de tração, é possível o aparecimento de trincas e também a propagação das mesmas, mesmo que internas isto por defeitos ou impurezas, também quando geradas pelo carregamento, acarretados por falhas catastróficas. Existem dois tipos de carregamento, cíclicos que são os do tipo alternativo e não cíclicos que são chamados de pulso e/ou flutuante ou irregular aleatória que são parcialmente reversíveis (GARCIA, 2000).

- Tipo Alternada: Sua tração e compressão tem a aplicação de carga (F). Conhecidas pelo alto risco e pelo tratamento que requer cuidado em um projeto mecânico (figura 30).

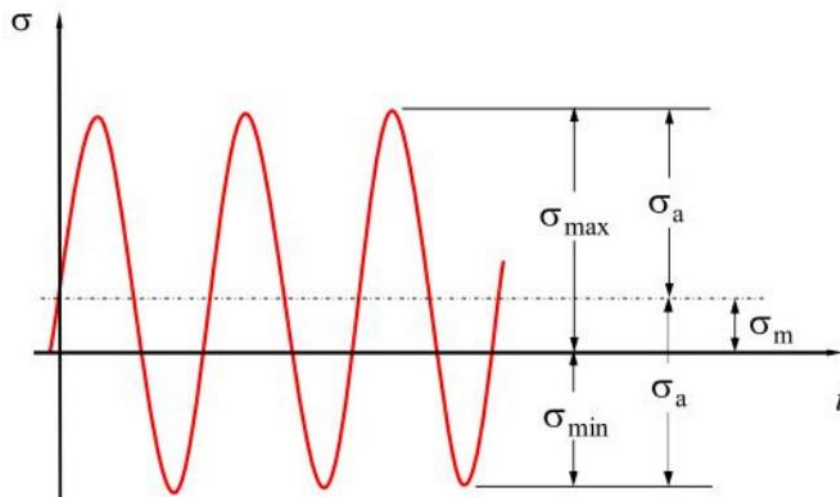


Figura 19 - Exemplo de carregamento Alternado.

Fonte: (GARCIA, 2000)

- Tipo Pulso e/ou flutuante: São de carga trativa ou compressiva. As cargas trativas são responsáveis pela trincas. O tipo pulso e/ou flutuante só trabalham nas zonas trativa e compressiva, isto é, não existe a possibilidade da carga flutuante que são cargas externas aplicadas como pode ser visto na figura 31.

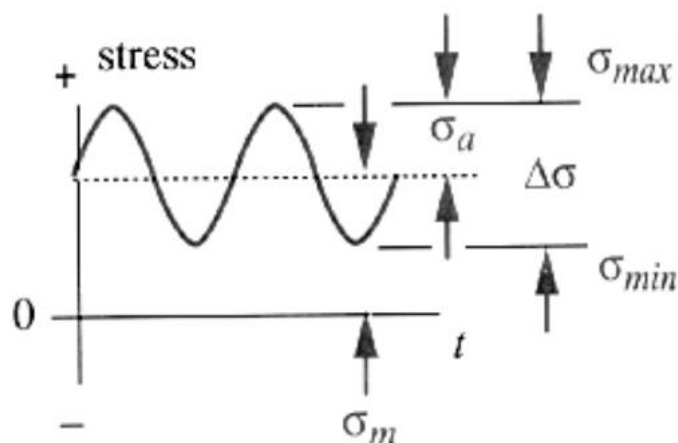


Figura 20 - Exemplo de carregamento flutuante

Fonte: (GARCIA, 2000).

- Tipo Irregular aleatória: Conhecida por ter comportamento compressivo ou a carga é trativa. Neste caso o projetista precisa ser atencioso a quantidade de ciclos de cada uma na máquina ou no projeto (figura 32).

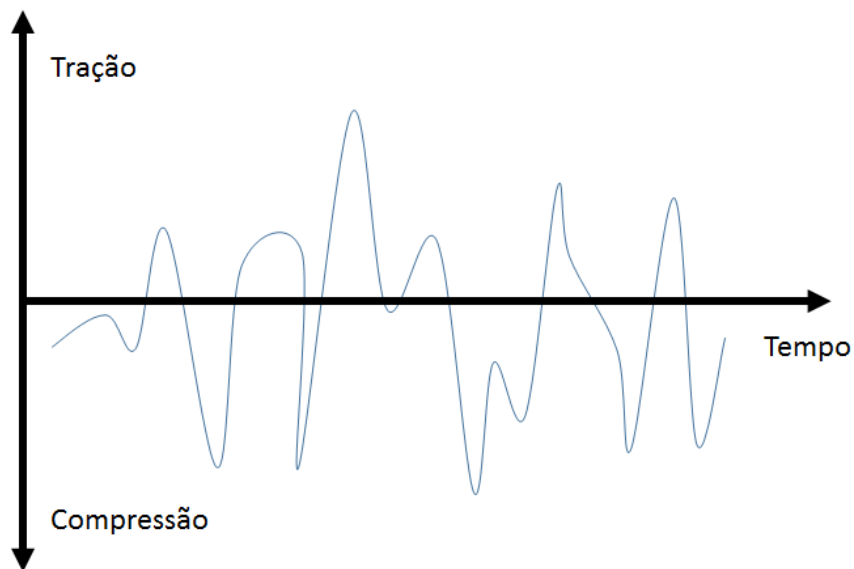


Figura 21 - Exemplo de carregamento irregular

Fonte: (GARCIA, 2000)

Para registrar a dureza é necessário o testes de resistência a penetração, isto seja em qualquer tipo de material, esta propriedade superficial do material é devido a sua natureza, esses testes são realizados independentes da forma geométrica. No ensaio de dureza é caracterizado esta propriedade, podem ser medidos por diversos tipos de escala de acordo com a necessidade, figura 33 (GARCIA, 2000).

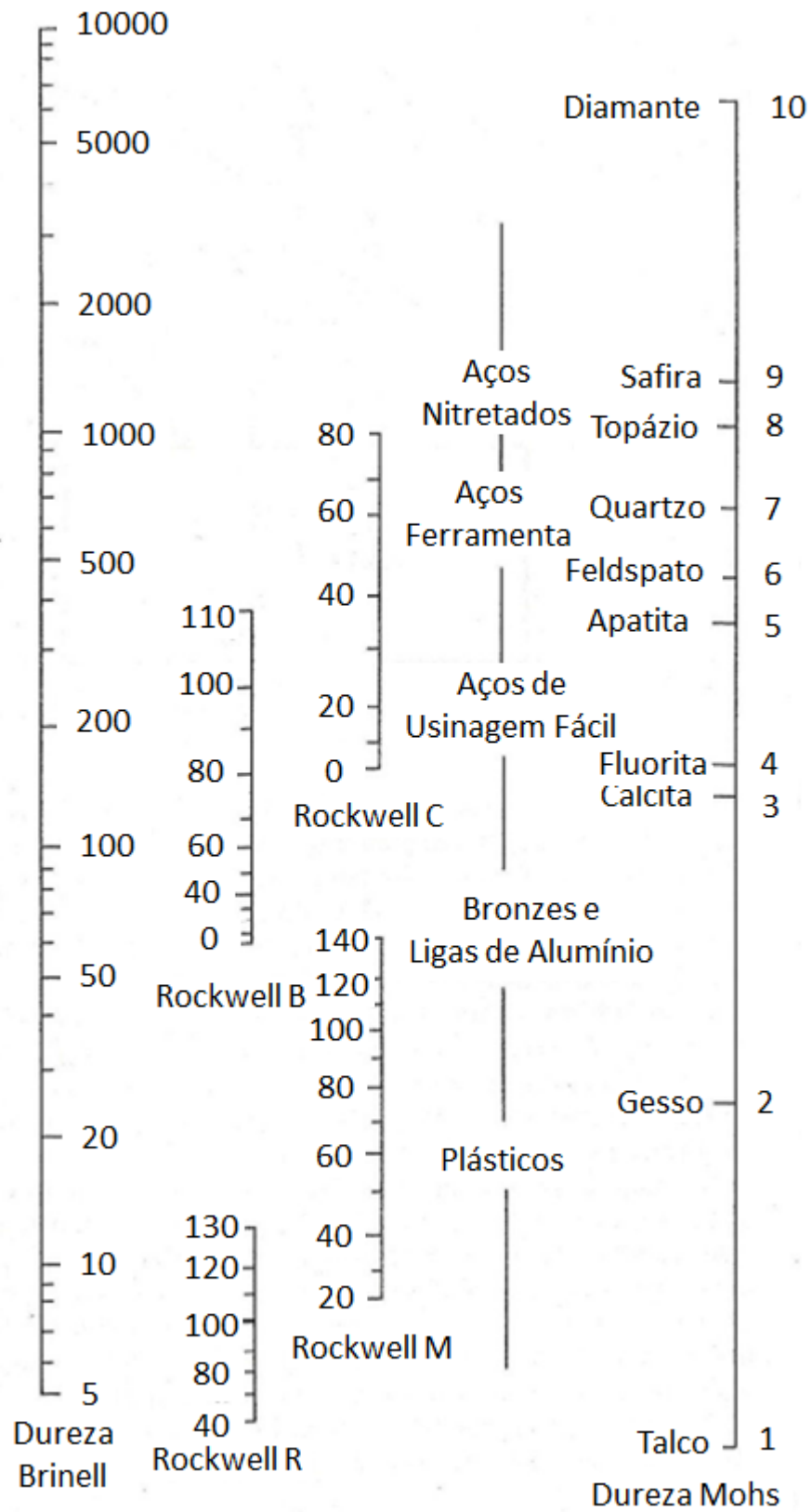


Figura 22 - Escalas comparativas dos valores para vários métodos de durezas e aplicações recomendáveis para diversos materiais.

Fonte: (GARCIA, 2000).

A tenacidade é definida pela energia total necessária até o aparecimento de uma fratura, em condição de solicitação estática. O objetivo da tenacidade é a medição da resistência do material a propagação de uma trinca.

A tenacidade a fratura pode ter três características de modos de falhas, conhecidos como KIC, KIIC e KIIC, que tem por objetivo a coleta de dados da abertura e direção de propagação da trinca, descrita em figura 34. Estes testes servem para auxiliar o projetista na definição da aplicação e nos critérios de seleção do material, para definir o que melhor atenderia as necessidades do projeto (GARCIA, 2000).

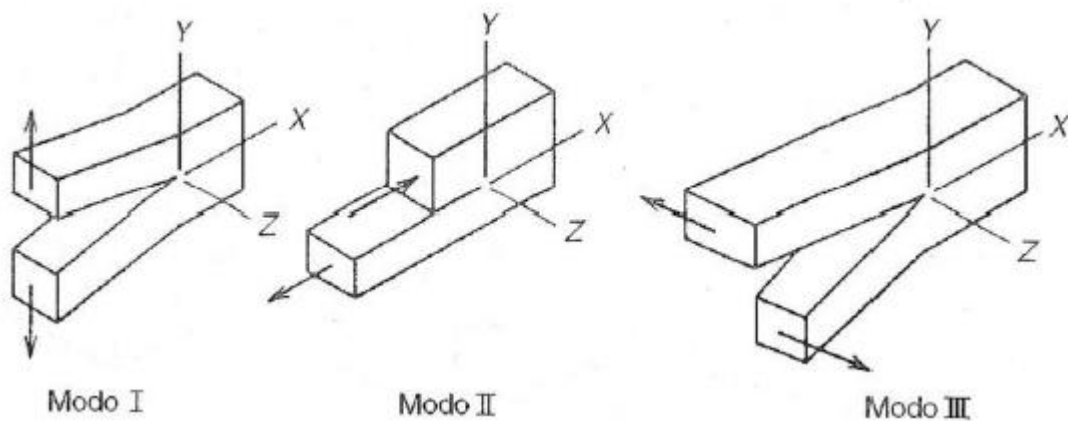


Figura 23 - Modos básicos de deslocamento da superfície da trinca para materiais isotrópicos.

Fonte: (GARCIA, 2000).

- Propriedades térmicas básicas:

A resistência das ligações nos sólidos tem ligações diretas com as temperaturas de fusão e as temperaturas de transição. Só tem ponto de fusão definidos os sólidos cristalinos, os não cristalinos tem temperatura caracterizada pela transição de sólido verdadeiro para líquido. Para aquecer um material é necessário o gasto de energia, a cada 1Kg é necessário 1K de energia, esta medição é realizada através de pressão (ASHBY, 2012).

Dieter (1988) afirma que a temperatura de serviço máxima e mínima tem tanta importância quanto as supracitadas. Onde a máxima que caracteriza mudanças químicas, fluência excessiva, enquanto a mínima caracteriza o comportamento do material em baixa temperatura, o que influencia diretamente na transição dúctil-frágil.



Na figura 35 é exibida a capacidade térmica (calor específico) correspondente a energia para aquecer 1kg de um material por 1K, através da pressão atmosférica e com simbologia  $C_p$ . No caso dos gases utilizamos a simbologia  $C_v$ , por permitir a medição através da capacidade térmica a volume constante, a capacidade térmica é medida através de transição vítrea, que é através de calorimetria. Para isto é fornecida uma quantidade de energia medida para uma amostra de material com massa conhecida, então é aferida a elevação de temperatura no material permitindo assim o cálculo de energia/kg.K (ASHBY, 2012).

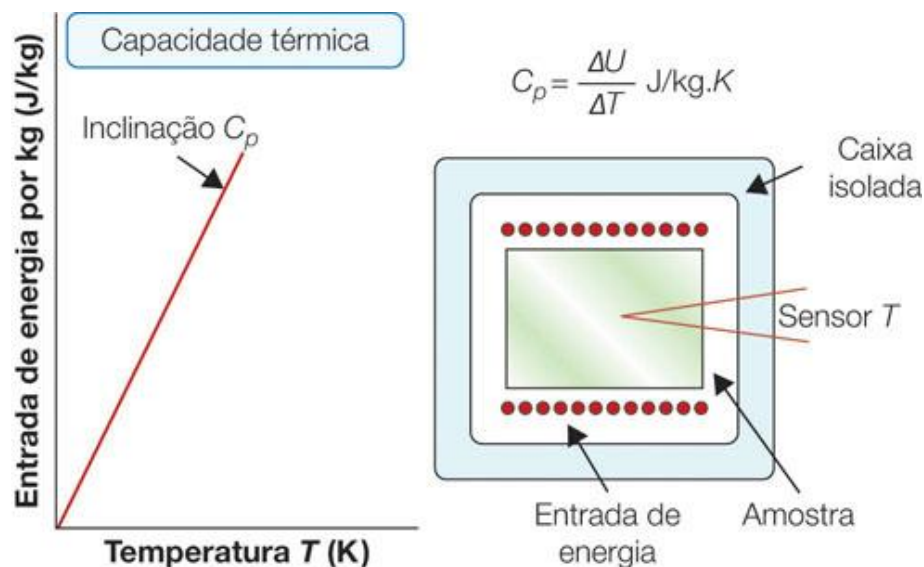


Figura 24 - Capacidade térmica - a energia para elevar em 1°C a temperatura de 1kg de material.

Fonte: (ASHBY, 2012).

A condutividade térmica é responsável pela taxa de calor conduzida através de um sólido em regime permanente. Na figura 36 é demonstrada como é feita esta medição, é registrado o fluxo de calor, o fluxo de calor é sempre transmitido da superfície de temperatura mais alta para a superfície de temperatura mais baixa. Esta condutividade pode ser calculada pela lei de Fourier (ASHBY, 2012).

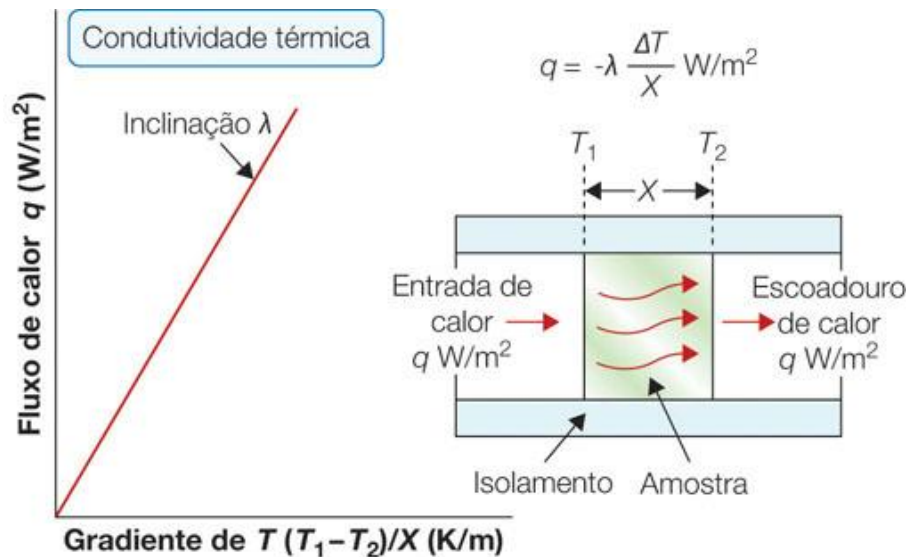


Figura 25 - Condutividade térmica.

Fonte: (ASHBY, 2012).

Considerando o fato de que a maioria dos metais tem sua expansão quando aquecidos. O coeficiente de expansão térmica linear é a ferramenta de medição da deformação técnica por grau de mudança de temperatura. Caso o material seja isotrópico, o volume de expansão é apresentado por  $3\alpha$ , no caso dos materiais anisotrópicos torna-se necessário dois ou mais coeficientes para avaliação, tornando o volume de expansão a soma das principais deformações térmicas, figura 37 (ASHBY, 2012).

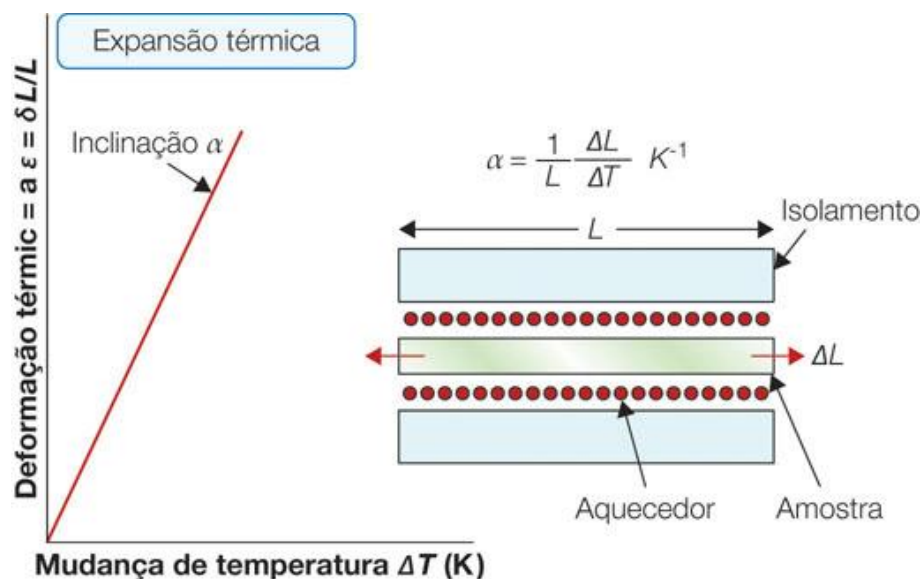


Figura 26 - Coeficiente de expansão térmica linear  $\alpha$  mede a mudança no comprimento, por unidade comprimento, quando a amostra é aquecida.

Fonte: (ASHBY, 2012).

A máxima diferença de temperatura à qual um material pode ser resfriado repentinamente com água sem apresentar qualquer dano é conhecida como resistência ao choque térmico  $\Delta T$ , juntamente com a resistência a fluência esta propriedade é de total importância para os estudos da deformação lenta dependente do tempo (ASHBY, 2012).

- Propriedades elétricas:

A resistividade elétrica pode ser definida como resistência de um cubo unitário com diferença de potencial unitária entre um par de suas faces, figura 28. A resistividade elétrica pode também ser definida como o contrário a condutividade elétrica. A resistência de uma material à corrente elétrica que é influenciada pela temperatura é medida pela resistividade do material, em alguns projetos é necessário materiais com elevada condutividade como redes de alta tensão, em outros com elevada resistência como o caso de luvas para manipulação destas redes (ASHBY, 2012).

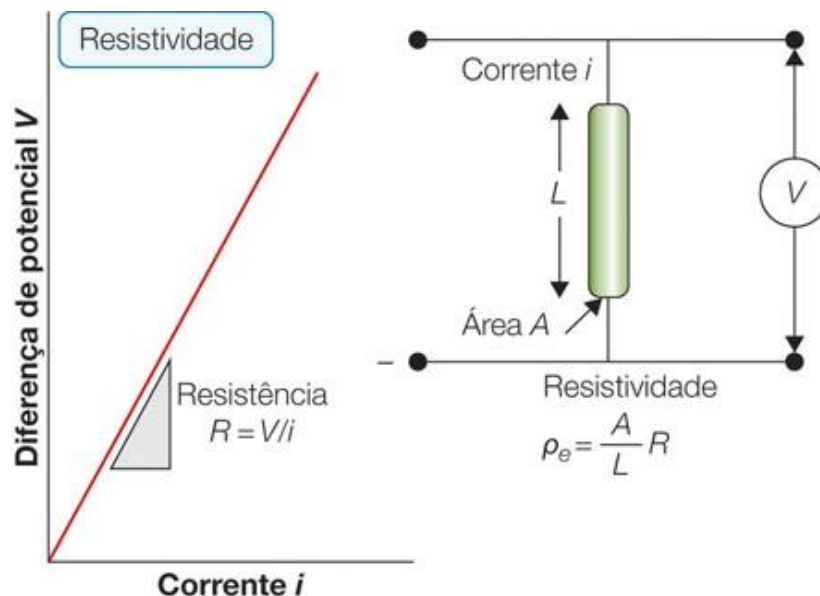


Figura 27 - Resistividade elétrica.

Fonte: (ASHBY, 2012).

Ainda sobre as propriedades de medição relacionadas a eletricidade temos a constante dielétrica exibida na figura 39, a constante dielétrica é responsável pela medição da capacidade de polarização de um isolante, isto é a propriedade do material em proteger seu interior contra o campo elétrico gerado em sua superfície. Pode ser melhor entendido como a quantidade de energia elétrica armazenada na

presença de um isolante e a quantidade de energia elétrica armazenada no vácuo. Para exemplificar a constante dielétrica podemos citar os capacitores, que são duas placas condutoras separadas por um dielétrico (ASHBY, 2012).

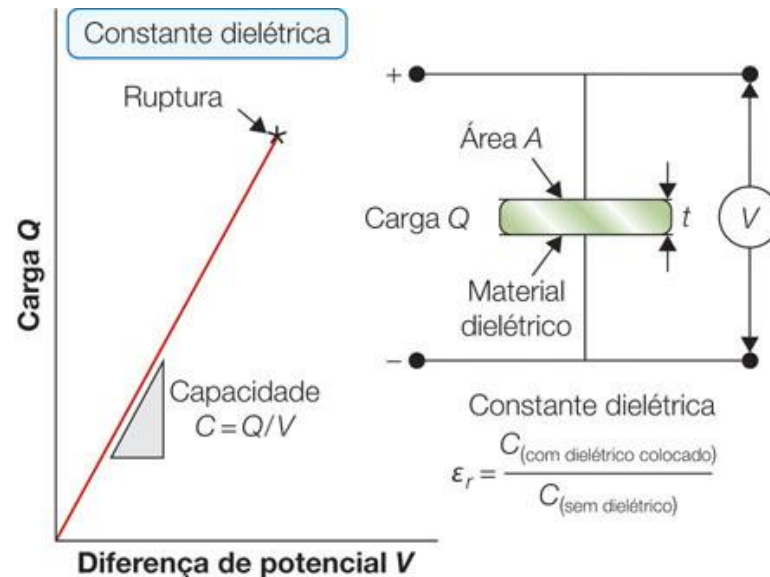


Figura 28 - Constante Dielétrica - mede a capacidade de polarização de um isolante.

Fonte: (ASHBY, 2012).

Concluindo as propriedades elétricas básicas, descrevemos o gradiente de potencial elétrico ao qual um isolante sofre ruptura e um surto prejudicial de corrente que o atravessa, conhecido como potencial de ruptura.

- Propriedades óticas:

Todo e qualquer material permite a passagem de luz, mesmo que no caso dos metais esta passagem seja muito inferior. Importante citar que a velocidade da luz no material, é sempre inferior a velocidade do material no vácuo. (ASHBY, 2012).

A densidade do material é o que define sua constante dielétrica. A superfície define como será a refração da luz, no caso da superfície lisa e polida, a luz é refletida como um feixe, se for irregular, a luz é dispersada. (DIETER, 1988).

A índice de refração depende do comprimento de onda, por tanto a cor da luz influencia diretamente no índice de refração (figura 40).

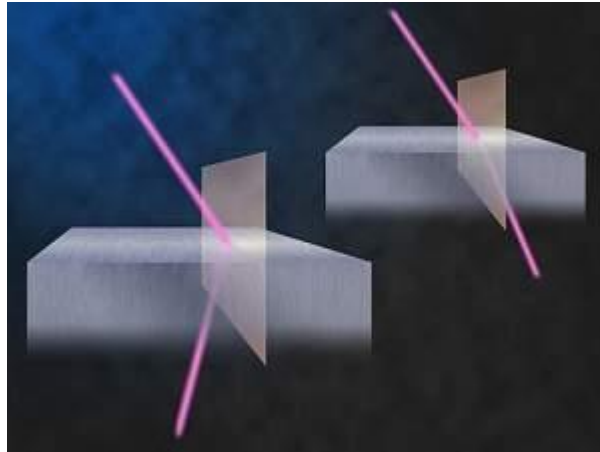


Figura 29 - Exemplo de refração em dois sólidos de metal com densidades diferentes.

Fonte: (Internet).

- Propriedades ecológicas:

Com o aquecimento global as responsabilidades ambientais aumentaram, junto com as fiscalizações e investimentos. Isto pelo excesso de dióxido de carbono liberado na atmosfera durante a produção de materiais. Ou seja o material produzido polui desde a fabricação de suas ferramentas de construção até o produto final. (ASHBY, 2012).

## 2.4 A seleção de materiais

A engenharia define que a qualidade final de um projeto ou produto depende da seleção dos materiais. Por isto existem diversos métodos para que a seleção do material seja ponderada e direcionada, para isto é necessário obedecer aos múltiplos critérios que analisados separadamente podem cada um levar a uma alternativa, mas que no dia-a-dia precisam ser utilizados em um conjunto, para satisfação simultânea. A evolução da SM deve-se a pesquisas e estudos de casos em inovação e desenvolvimento de produtos de maneira sustentável, sempre com o objetivo de atender a requisitos de qualidade que são exigências da fabricação.

Segundo Callister Jr (2002), é cada vez mais importante a atividade de selecionar os materiais, certamente para o engenheiro selecionar os materiais é de total importância para o sucesso do projeto, pois é diante da seleção de materiais que são impostos os critérios, em alguns casos a seleção de materiais é considerada, antes, depois e durante o estágio preliminar.

Segundo Collins (2005) é necessário seguir alguns passos para selecionar os materiais candidatos a determinada aplicação, estes são: (1) analisar os requisitos dos materiais a serem aplicados; (2) elaborar uma listagem com os materiais adequados, com uma avaliação pertinente de desempenho, ordenando os materiais do melhor para o menos qualificado; (3) combinar os critérios na listagem a fim de encontrar os melhores materiais para o projeto proposto, de acordo com as exigências definidas pela aplicação.

#### 2.4.1 Fatores que Influenciam na SM

Segundo Juvinall; Marshek (2008) ao montar a lista de materiais que atendem aos fatores de seleção é necessário atender a algumas exigências do projeto:

- 1) Disponibilidade;
- 2) Custo;
- 3) Propriedades mecânicas, físicas, químicas e dimensionais do material;
- 4) Processos de fabricação – usinabilidade, formabilidade, capacidade de união, acabamento e revestimento.

Segundo Collins (2005), ao conhecer as características gerais de aplicação, pode-se coloca-las na forma de requisitos de desempenhos e serviços. Ou seja, podem ser aplicadas por exemplos, em altas temperaturas, cargas flutuantes e também podem ser selecionadas características ambientais, como oxidação que será um resultado da seleção a fim de identificar o comportamento ambiental no momento da aplicação. Pode-se destacar que é pertinente a necessidade, devido aos indicadores de desempenho e serviços das propriedades. As características tem relação umas com as outras, exemplo, o desgaste com a dureza, a rigidez com o modo de elasticidade, as tabelas facilitam a tradução destas características para as propriedades mecânicas do material.

É importante citar que mesmo que seja selecionado determinado material para aplicação em um projeto, ele deve também estar disponível para toda demanda do projeto. Juvinall; Marshek (2008) defendem que ao o projetista ao responder alguns questionamentos poderá verificar este critério. As questões são:

- “1) Qual o tempo total necessário para se obter o material?
- 2) Existe mais de uma empresa que pode fornecer o material?
- 3) O material está disponível com configuração geométrica necessária?
- 4) Qual é a quantidade máxima de material disponível?
- 5) Qual a probabilidade do material está disponível no futuro?
- 6) É necessário um acabamento específico?
- 7) O acabamento específico limita a disponibilidade do material?”

O aspecto econômico, custo, deve ser analisado inicialmente, sendo analisado através do custo X benefício, determinando qualidade, atendimento e preço.

Deve-se levar em conta o ciclo total de vida do componente, considerando o custo mais apropriado, ou seja, desde os custos iniciais do material, aos custo de operação e manutenção.

Existem também outros fatores que precisam ser considerados, que são: previsão de vida em operação, despesas com transportes e manuseio, reciclabilidade e descarte.

#### 2.4.2 Critérios a Serem Considerados na SM

Ao projetista fica a responsabilidade de criar os critérios de seleção dos materiais a serem escolhidos, para estes critérios podemos destacar os de importância para o resultado final do que se tem como objetivo. Correlacionando diversos fatores como sugerido acima. A seguir estão listados alguns exemplos (ASHBY; JONES, 2007):

- Considerações dimensionais;
- Considerações de forma;
- Considerações de peso;
- Considerações de resistência mecânica;
- Resistência ao desgaste;

- Conhecimento de variáveis de operação;
- Facilidade de fabricação;
- Requisitos de durabilidade;
- Número de unidades;
- Disponibilidade do material;
- Custo;
- Existência de especificações
- Viabilidade de reciclagem;
- Valor da sucata;
- Grau de normalização;
- Tipo de carregamento.

### 2.4.3 Caracterização de Propriedades Quanto ao Índice de Avaliação

Segundo Collins (2005) é necessário ter o intuito de comprar os materiais candidatos e assim utilizar os índices de avaliação de desempenho. Utiliza-se as propriedades como os parâmetros na SM, caracterizando o material para que o projetista consiga relacionar com o índice de desempenho, sendo assim, o projetista terá informações sobre os efeitos que acarretarão no projeto e utilizara na SM com as características requeridas.

No quadro 3 podemos ver um exemplo dessa relação.

Quadro 3 - Caracterização de Propriedades Quanto ao Índice de Avaliação.

	<b>Características requeridas do material adequado</b>	<b>Índice de avaliação de performance</b>
1	Razão resistência /volume	Limite de escoamento ou de resistência
2	Razão resistência/peso	Limite de escoamento ou de resistência/densidade
3	Resistência ao calor	Perda de resistência/grau de temperatura
4	Resistência à fluência	Taxa de fluência na temperatura de operação
5	Expansão térmica	Deformação/grau de variação de temperatura
6	Rigidez	Módulo de elasticidade
7	Ductilidade	Alongamento percentual em 2 polegadas
8	Resiliência	Energia/unidade de volume no escoamento
9	Tenacidade	Energia/unidade de volume no escoamento
10	Resistência ao desgaste	Perda dimensional na condição de operação; Também dureza
11	Resistência à corrosão	Perda dimensional no meio de operação
12	Susceptibilidade a danos por radiação	Mudança na resistência ou ductilidade no meio operacional
13	Manufaturabilidade	Adequação para processo específico
14	Custo	Custo/unidade de peso; Também usinabilidade
15	Disponibilidade	Tempo e esforço para obtenção

Fonte: (COLLINS, 2005)



#### 2.4.4 Especificações dos Materiais Selecionados para Fabricação

Como dito anteriormente, a SM que visa atender os requisitos de projeto e produto baseando-se em aspectos de resistência, segurança, desempenho associado ao baixo custo, é feita considerando a seleção do processo de fabricação da peça com intuito de minimizar os custos de fabricação.

A utilização da matéria prima requer características que sejam compatíveis com as exigências do projeto. As características fundamentais são: composição química, condição do material, forma do produto final, diferença de tamanho do produto inicial e final, tipo de tratamento superficial. Também são importantes as características específicas de qualidade particulares, que demandam de cada projeto.

O material escolhido necessita ter a capacidade de adaptação aos processo de fabricação, este é um fator que influencia na SM e que está incluso tanto no processo de seleção quanto no ao escopo do projeto.

#### 2.4.5 Normalização Técnica

A ABNT estabelece uma norma técnica para os materiais, com o objetivo de estabelecer as características mínimas exigidas, construindo assim especificações e apresentando métodos de ensaios, classificações, terminologias e padronizações necessárias. Isto simplifica as tarefas de SM no que tange ao controle de qualidade dos materiais na fabricação das peças (ABNT, 2015).

Para estar conforme a norma, é necessário que os procedimentos para realização dos ensaios estejam conforme os métodos estabelecidos. Para apresentar a definição precisa dos termos é necessário que utilizem a terminologia. Classificar permite ordenar, designar e agrupar os materiais, assim a simbologia traz as informações necessárias para o atendimento de expressões matemáticas e desenho técnicos (BELDERRAIN, 2005).

### 2.5 A metodologia de Ashby

Em 1992 Michael Farries Ashby era engenheiro de materiais britânico e professor da universidade de Cambridge onde Ashby revolucionou a maneira de

selecionar materiais. Ashby abordava a SM através de robustos Handbooks os quais possuíam todo conteúdo de informações necessárias e possíveis. Em seus handbooks Ashby relacionava as características do material com sua geometria e seu processo, revolucionou mais ainda quando decidiu trabalhar com a divisão de classes e subclasses. As análises de Ashby associaram as funções matemáticas (índices de mérito), avaliando assim o comportamento mecânico e as funções, Ashby visava maximizar as propriedades (ASHBY, 2012).

Na metodologia de Ashby inicialmente deve ser identificado o índice a partir da função a qual o material deve ser submetido diante da geometria aplicada. Também existe uma base de dados criada por Ashby que disponibiliza a seleção de materiais dividida por classe que permite realizar uma pré-seleção de materiais representativos.

Então é gerado um gráfico com os materiais pré-selecionados, denominado de diagrama de Ashby, permitindo assim a visualização da gama de materiais de acordo com seus índices de mérito. A geração destes gráficos depende de como é feita a seleção e assim filtrando com base nas propriedades dos materiais, sempre dimensionando as propriedades em dois eixos aos quais permitem constituir o índice de mérito para a respectiva exigência do projeto.

### 2.5.1 Diagramas de Propriedades de Materiais

Ashby (2012) afirma que as propriedades de materiais limitam o desempenho. Ashby lembra que o desempenho do produto não depende apenas de uma propriedade, por isso é importante que sejam determinadas as combinações de variações, assim filtra-se o material até chegar ao resultado desejado. Por isto Ashby criou diversos handbooks com o interesse em agrupar o maior número de informações possíveis de forma compacta.

Cada material possui propriedades em uma escala de valores, alguns materiais conseguem abranger diversas potências devido ao fato de terem uma amplitude elevada. Ashby apresenta seus diagramas sempre em forma de gráficos X e Y, apresentando as propriedades dos materiais. Nestes eixos são inclusos todos os tipos de materiais existente, para isto foi necessário que os gráficos fossem construídos em escala logarítmica para a condensação.

Os dados de uma subclasse, por exemplo, os metais, se aglomeram, criando as famílias de materiais. Os dados para essa família são englobados em um envelope de propriedade, como visto na figura 52, em que relaciona o módulo de Young  $E$  (GPa) com a Densidade  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>). Dentro de cada envelope têm as bolhas brancas que compreendem as classes e subclasses.

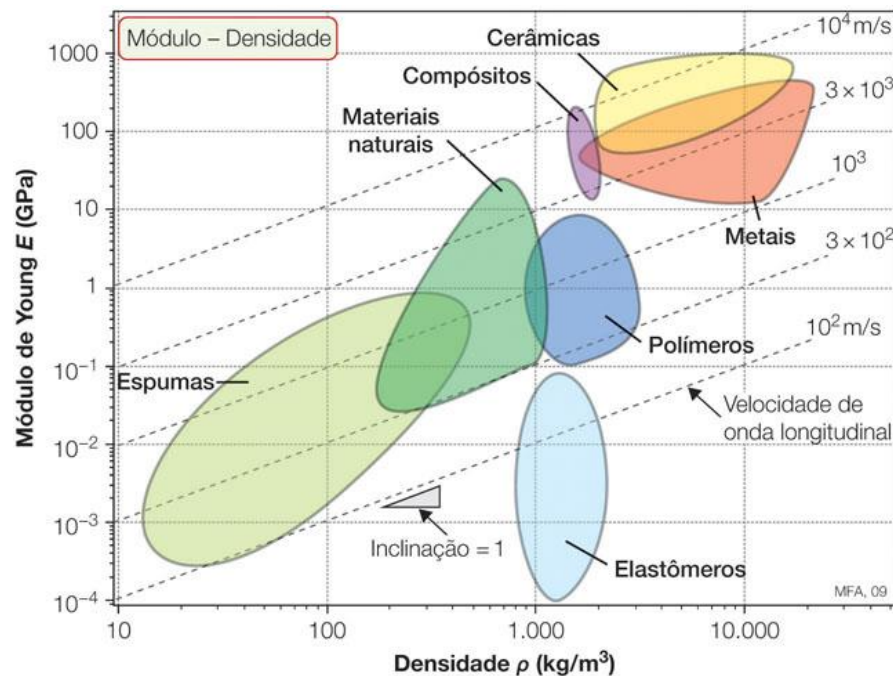


Figura 30 - Diagrama  $E - \rho$  demonstrando as famílias de materiais e seus respectivos envelopes.

Fonte: (ASHBY, 2012).

As linhas tracejadas que cortam o gráfico de ponta a ponta podem ser explicadas da seguinte maneira:

No caso das linhas tracejadas que corta de ponta a ponta do gráfico, elas podem ser explicadas da seguinte forma:

Por exemplo, a velocidade do som no sólido depende de  $E$  e  $\rho$ , a equação que descreve essa velocidade é dada por:

$$v = \left( \frac{E}{\rho} \right)^2 \quad (1)$$

Na forma logarítmica:

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

Sendo assim podemos observar que para o valor fixo de  $v$ , o gráfico da equação será uma linha reta de inclinação 1. Essa linha corta diversos materiais que tem o mesmo valor de  $v$ . O que permite acréscimos de contornos de velocidade de onda constante ao diagrama (retas paralelas que possuem o mesmo princípio).

Segundo Ashby afirma que a reta correspondente ao índice de mérito deve passar por cima de uma material já conhecido e aplicado no projeto desejado que tenha menor índice de mérito. A reta indica que os materiais acima dela são mais apropriados ao uso, os materiais abaixo são menos apropriados e aqueles que cortam a reta possuem o índice e mérito desejado.

Nos apêndices de 01 a 09 estão os principais diagramas de Ashby, os projetistas utilizam em diferentes projetos e de acordo com as necessidades. A definição dos índices de mérito definem as necessidades do projeto.

### 2.5.2 A Estratégia de Seleção

A estratégia desenvolvida por Ashby é básica e simples. Se define em: traduzir requisitos do projeto; triar usando restrições; classificar usando os objetivos; procurar por informações de apoio a tomada de decisão (figura 32).

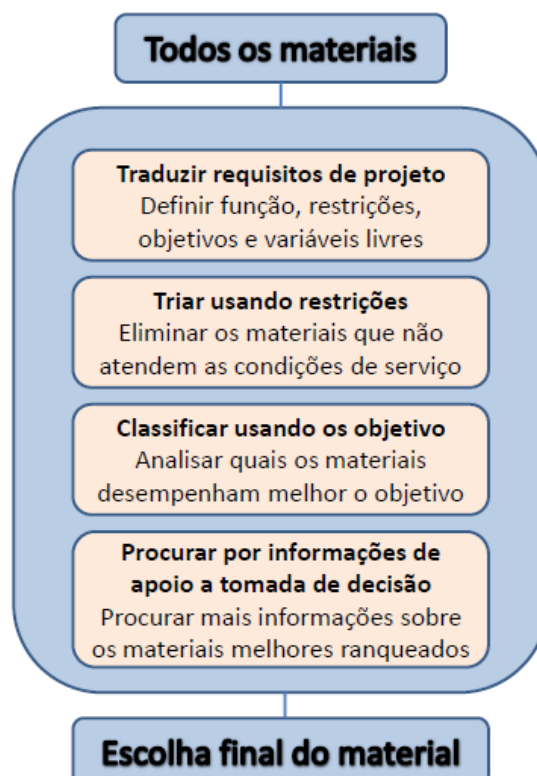
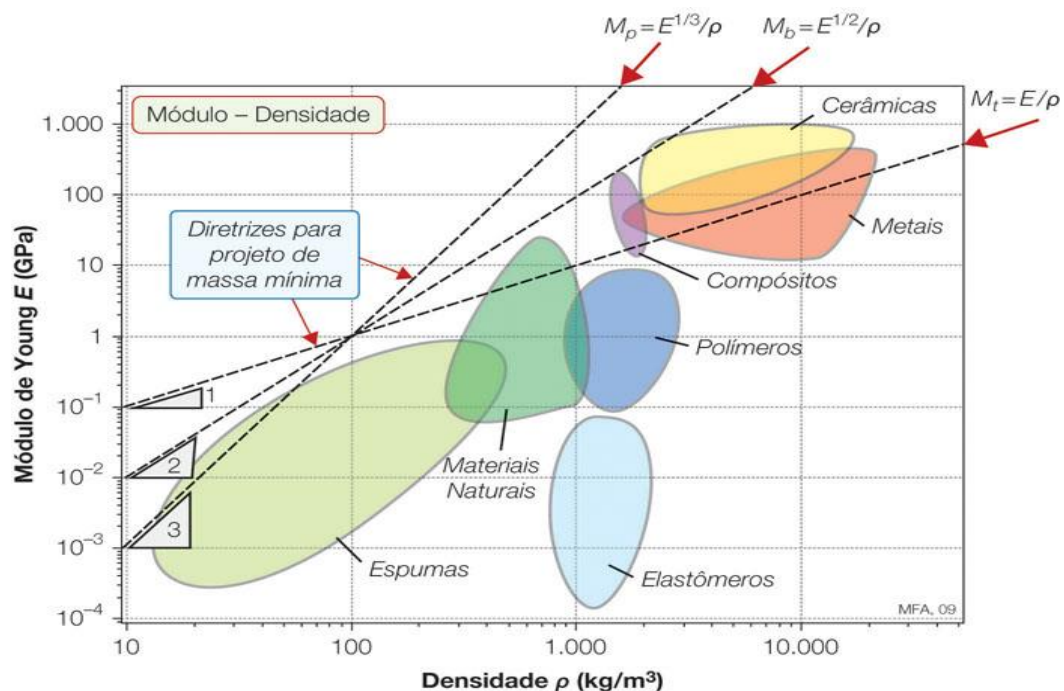


Figura 31 - Estratégia de seleção de materiais.

Fonte: (Adaptado de ASHBY, 2012).

Ashby (2012) afirma que a metodologia se aplica para uma pesquisa de materiais que aumentem o desempenho através dos índices de mérito para cada propriedade que fornece retas com as inclinações conhecidas como diretrizes de seleção. As retas da metodologia de Ashby possuem paralelamente algumas retas tanto acima quanto abaixo, as retas a cima são melhores, abaixo piores e na linha estão as retas que possuem o mesmo índice de mérito.

Figura 32 - Diagrama esquemático E- $\rho$  que mostra as diretrizes para os três índices de materiais para o projeto rígido, leve.

FONTE: (ASHBY, 2012)

Após obter os resultados das etapas anteriores, cabe ao projetista responsável pela SM, agrupar todos os documentos sobre possíveis materiais a serem escolhidos. Para isto não é necessário apenas ordenar do melhor material para o pior, é necessário também unir estudos que identifiquem falhas do material e suas especialidades, exemplo, preço e disponibilidade.

Ashby define condições de contorno para um problema, para que se consiga uma melhor relação entre os atributos do material e o objetivo final, devem ser feitas

algumas perguntas e respostas, elaboradas também pela metodologia de Ashby como podemos ver no quadro 4.

Quadro 4 - Função, restrições, objetivos e variáveis livres.

Função	Qual a função do componente?
Restrições	Quais as condições negociáveis e quais as não negociáveis do projeto?
Objetivo	O que deve ser minimizado ou maximizado?
Variável livre	Qual a liberdade do projetista em modificar o projeto? Quais os parâmetros?

Fonte: (Adaptado de ASHBY, 2012).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo encontra-se o modo como o programa foi elaborado e o seu princípio de funcionamento. Será apresentado a linguagem utilizada e os programas necessários para a elaboração e funcionamento do sistema, bem como as suas respectivas aplicações e funções para produzir o produto final.

Então serão descritos os métodos e passos utilizados para criar a arquitetura geral do programa que irão prover os resultados desejados como produto final, seguindo a metodologia apresentada no capítulo anterior.

#### **3.1 Pré etapas de desenvolvimento**

Para que um produto apresente o conceito proposto, é necessário que haja etapas de pré desenvolvimento nas quais irão ordenar e direcionar as ideias e se alcance o objetivo final.

Para isso o fluxograma 1 elucida o caminho tomado antes da introdução de ferramentas computacionais para gerenciar a seleção dos materiais, provendo assim uma direção inicial para a concepção do programa. Desta forma a primeira etapa, através de um estudo bibliográfico sobre materiais, realizou-se um levantamento das informações gerais de alguns materiais para a primeira versão do programa, como exemplifica o fluxograma 1. Estas informações que irão compor a biblioteca de dados do sistema. Para isso optou-se por pesquisar nas referências bibliográficas, utilizando as principais características e propriedades mecânicas, físicas, químicas, óticas, ambientais, etc., agrupando os materiais nas classes propostas por Ashby e em ordem alfabética.



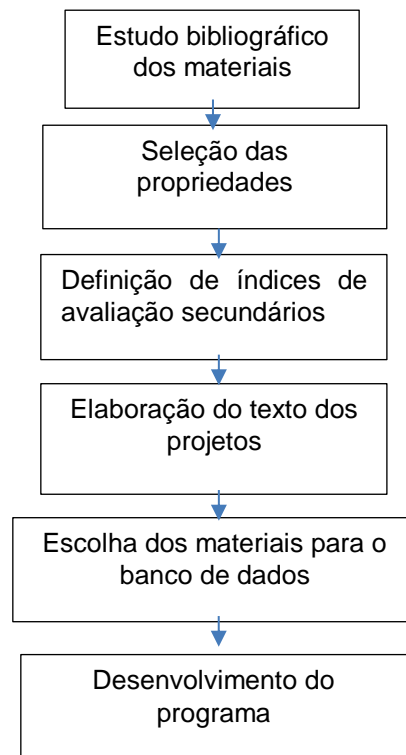


Figura 33 - Fluxograma que elucida as pré etapas de desenvolvimento do programa.

Fonte: dos autores, 2017

### 3.2 Seleção de propriedades

Posteriormente foi feito a escolha de todas as propriedades necessárias e disponíveis de cada material, para que o programa possibilite a melhor seleção, incluindo um vasto tipo de combinações de características e propriedades descritas anteriormente no capítulo 2.

A síntese todas as características e propriedades utilizadas na versão beta do projeto é exibida pela Tabela 1, tendo o sistema internacional de unidades (SI) como padrão para a maioria.

Tabela 1 - Lista das principais características e propriedades utilizadas.

Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Módulo de Young (Pa)
Condutor Térmico
Condutividade Térmica (W/m.K)
Módulo Bulk (Pa)
Módulo de Cisalhamento (Pa)
Soldabilidade
Dureza (Pa)
Capacidade Térmica (J/kg.K)
Resistência a Fratura (Pa.m <sup>1/2</sup> )
Coeficiente de Perda
Ponto de Fusão (K)
Temperatura Máxima de Serviço (K)
Temperatura Mínima de Serviço (K)
Condutor Elétrico
Resistividade (ohm.m)
Limite Elástico (Pa)
Força Tênsil (Pa)
Força Compressiva (Pa)
Elongação (%)
Limite de Resistência (Pa)
Produção de Energia (J/kg)
Expansão Térmica (μstrain/K)

Fonte: dos autores, 2017

### 3.3 Índices secundários de avaliação

Como etapa seguinte no levantamento dos dados, era necessário relacionar as propriedades escolhidas com algum outro índice de avaliação, possibilitando a inserção de outras características requeridas pelo material para determinado projeto ou aplicação. Desta forma buscou-se informações como processabilidade e durabilidade, das quais abrangeram o grau de empregabilidade do material dentro de suas possibilidades conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Lista dos índices secundários de avaliação

Produção de CO <sub>2</sub> (kg/kg)
Reciclável
Biodegradável
Transparência
Ciclo de Baixa
Raio de Poisson
Durabilidade em Formabilidade
Durabilidade em Água Fresca
Durabilidade em Água Marinha
Durabilidade em Ácido Fraco
Durabilidade em Alcalis Fraco
Durabilidade em Alcalis Forte
Durabilidade em Ácido Forte
Durabilidade em Solvente Orgânico
Durabilidade em UV
Durabilidade em Oxidação a 500C
Incinerável
Aterro
Fonte Renovável
Formabilidade
Macnabilidade

Fonte: dos autores, 2017

### 3.4 Elaboração dos textos de auxílio ao usuário

Nesta etapa elaborou-se a seleção dos textos explicativos localizados nas páginas do programa para auxiliar os usuários com dicas e sugestões de preenchimento. Foi necessário a criação de textos curtos e diretos para que o usuário conseguisse interpreta-los ao operar o programa, como exemplo a lista de dicas no topo da tela “CADASTRAR NOVO MATERIAL” e as legendas da tabela de materiais localizadas na tela “LISTA DE MATERIAIS”. Também foram inseridos as escalas de valores ou textos qualitativos nas “caixas suspensas” como opções de preenchimento do programa, classe de materiais, entre outros demonstrados a frente.

### 3.5 Escolha dos materiais para o banco de dados

Nesta etapa realizou-se a escolha dos materiais que foram considerados modelo para serem cadastrados no banco de dados piloto do programa. Todos os materiais utilizados são da classe dos metais, porém estão misturados entre metais ferrosos, não ferrosos e ligas, como demonstrado na lista abaixo.

Tabela 3 -

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
Niquel
Bronze
Ferro Cinza
Liga de Aço Baixo Carbono
Liga de Al Não Endurecida por Envelhecimento
Liga de Magnésio Fundida
Liga de tungstênio
Super Liga Niquel
Chumbo Puro
Ferro Dúctil
Liga de Al Endurecida por Envelhecimento
Liga de Chumbo
Liga de Niquel Cromo
Liga de Zinco Fundida
Titanio Puro

Fonte: dos autores, 2017

### 3.6 Linguagens e programas

Neste item serão apresentadas todas as ferramentas utilizadas em ambiente Linux para elaboração do programa com uma breve explicação da sua função. Como este programa tem por objetivo permanecer on-line em um servidor, consultar e armazenar informações em uma biblioteca de dados, fazer busca de informações

on-line, entre outras utilidades. Optou-se por utilizar as seguintes ferramentas que sintetiza-se todos os seus objetivos finais, das quais são: PHP, MySQL, Bootstrap que possui algumas funções internas do jQuery, tornando seu uso de certa forma integrado.

O PHP, da sigla Personal Home Page, é uma linguagem de programação *server-side scripts*, ou seja, programação executada no servidor, como acontece nas aplicações para web. Assim o código escrito em PHP é executado pelo servidor e então os resultados exibidos pelo navegador em formato HTML de forma com que o usuário tenha uma fácil interação, como vimos em textos nas páginas da web. Para este programa, criou-se diversos códigos, separados em arquivos, híbridos em PHP e em HTML, formando assim o esqueleto das páginas de interação usuário / programa de seleção.

A Figura 34 a seguir exemplifica um modelo de programação em PHP para uma dos códigos elaborados no programa.

```
<? //include "protect.php"; ?>
<? include "config.db.php"; ?>
<? include "header.php"; ?>
<br>
<? //include "painel.php"; ?>
<br>

<form method="POST" action="envia_cadastro_material.php">

<? include ("campos_inclui_material.php"); ?>
<br><br><br>
<div class="box col-md-12"><input type="submit" value="Cadastrar" class="btn btn-info"></div>

</form>
</table>
</table>
<? include "rodape.php"; ?>
```

Figura 34 - Modelo de programação PHP para criação da etapa denominada "cadastra\_material".

Fonte: dos autores, 2017

Outra vantagem do PHP é oferecer suporte a um enorme número de banco de dados, um deles, por exemplo, o de código aberto MySQL. O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL, em português Linguagem de Consulta Estruturada, que trata-se de uma linguagem simples em que o usuário pode facilmente gravar, alterar e recuperar informações de uma aplicação web com facilidade, segurança e rapidez.

A integração entre PHP e o MySQL foi implementada visando uma programação básica com aplicação geral na construção de banco de dados pelo usuário do programa, ou seja, sua estrutura de códigos permite ao usuário a

ampliação do programa com a simples inserção e atualização de materiais e suas propriedades. A maior parte do acesso e gerenciamento do banco de dados, como criação e remoção de base de dados e tabelas, inserção e execução de códigos SQL, manipulações, etc., foi realizado através das funcionalidades da aplicação phpMyAdmin, Figura 35. Seu uso facilita e automatiza a criação desses bancos de dados e códigos SQL, tornando-o uma ferramenta simples e popular. Para demais funções simples, o mesmo foi feito através de linhas de códigos escritas no próprio script PHP.

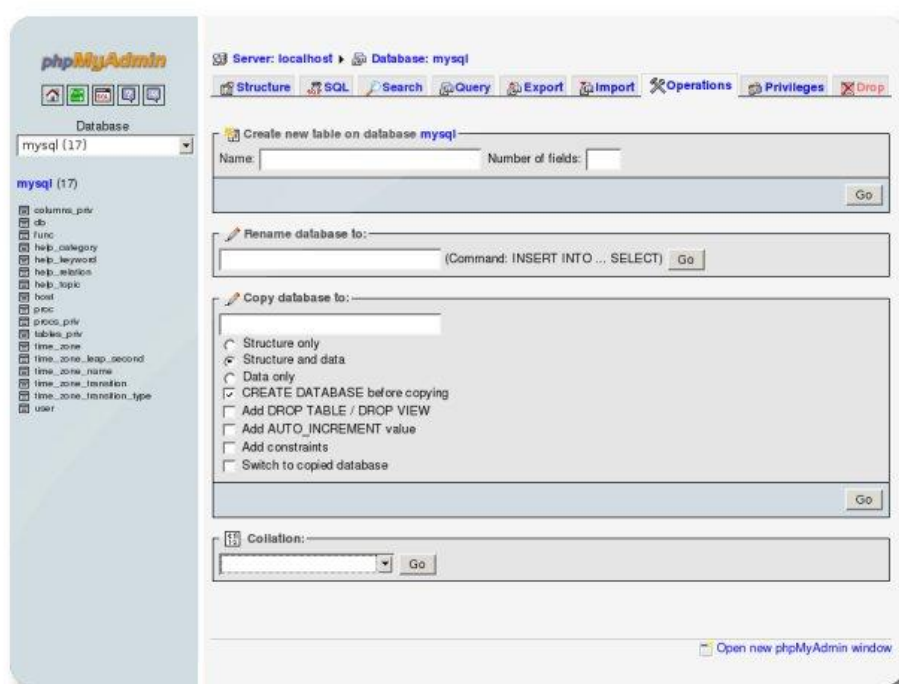


Figura 35 - Exemplo da interface phpMyAdmin.

Fonte: dos autores, 2017

Para armazenamento e acesso de todas essas informações, foi utilizado o servidor Apache, responsável por transmitir os códigos compilados no servidor para o navegador do usuário. Optou-se pela utilização do servidor Apache por ser considerado de excelente performance, segurança e compatibilidade com diversas outras plataformas e todos os seus recursos, além de ser livre e gratuito.

A ferramenta Bootstrap, foi utilizada para organizar melhor a estrutura visual como os componentes da página, além de usar recursos que ajustam a exibição do programa criado em qualquer tela de dispositivos móveis ou em PC e compatível com todos os sistemas operacionais. Basicamente o Bootstrap é um *framework* que

fornece um conjunto de ferramentas para projetos web de forma fácil, produtiva e padronizada, organizando os elementos da página web de forma elegante e agradável. Sua aplicação que pode ser associada ao jQuery, significa a utilização da linguagem Java para criação de elementos na página web que a deixa mais dinâmica, animada ou personalizada conforme a vontade do desenvolvedor.

### 3.7 Arquitetura do programa

Todo o programa foi construído em ambiente Linux. O php é compilado no mesmo ambiente de execução, sendo essa parte obrigatória após a compilação, de modo que não é gerado um executável isolado. Se o php estiver instalado, o servidor web compila seus scripts e envia em formato html para o navegador do usuário, permitindo seu uso como nas páginas da web em que acessamos diariamente.

Para a nossa aplicação, a compilação buscou ler e gravar dados no servidor web. A partir disso foram utilizadas as ferramentas descritas anteriormente onde o MySQL dispôs da estrutura de dados e programação, consultadas por linhas de comando inseridas nos códigos php. A consulta SQL estruturada é inserida dentro de uma variável e a sua conexão feita pelos protocolos do SQL que possui usuário e senha para acesso.

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

```
$resultado = $MySQLi->query($sql) OR trigger_error($MySQLi->error,
E_USER_ERROR);
```

em que:

\$resultado é a variável que receberá o resultado da linha de comando;

\$MySQLi é uma variável de ambiente do php, definindo uma localização;

query() é uma função do php que retorna uma informação ao usuário;

\$sql é a variável com a consulta estruturada.

Utilizando o phpMyAdmin foi criada a estrutura inicial do banco de dados. As adições subsequentes são feitas diretamente no código por ações efetuados pelo usuário na aplicação via formulário html para um código php, que por sua vez faz a consulta SQL como mostrado no exemplo anterior, da mesma forma são feitas as leituras dos dados armazenados no banco de dados.

### **3.8 Comunicação Usuário / Programa**

Neste item será descrito a estrutura de comunicação entre usuário e funcionamento do programa. Para a construção de sua arquitetura, primeiramente foi necessário estabelecer os requisitos que o programa deve atender de acordo com a demanda dos usuários. Todas as informações anteriormente adquiridas e organizadas, passaram pelo processo descrito no item 3.7 (arquitetura do programa), para que pudessem ser posteriormente estruturadas nas páginas do programa conforme ilustrado na Figura 36 (FLUXOGRAMA).

Este fluxograma é a representação das ações do usuário, que serão apresentadas como resultados da construção e implementação das ferramentas citadas anteriormente.



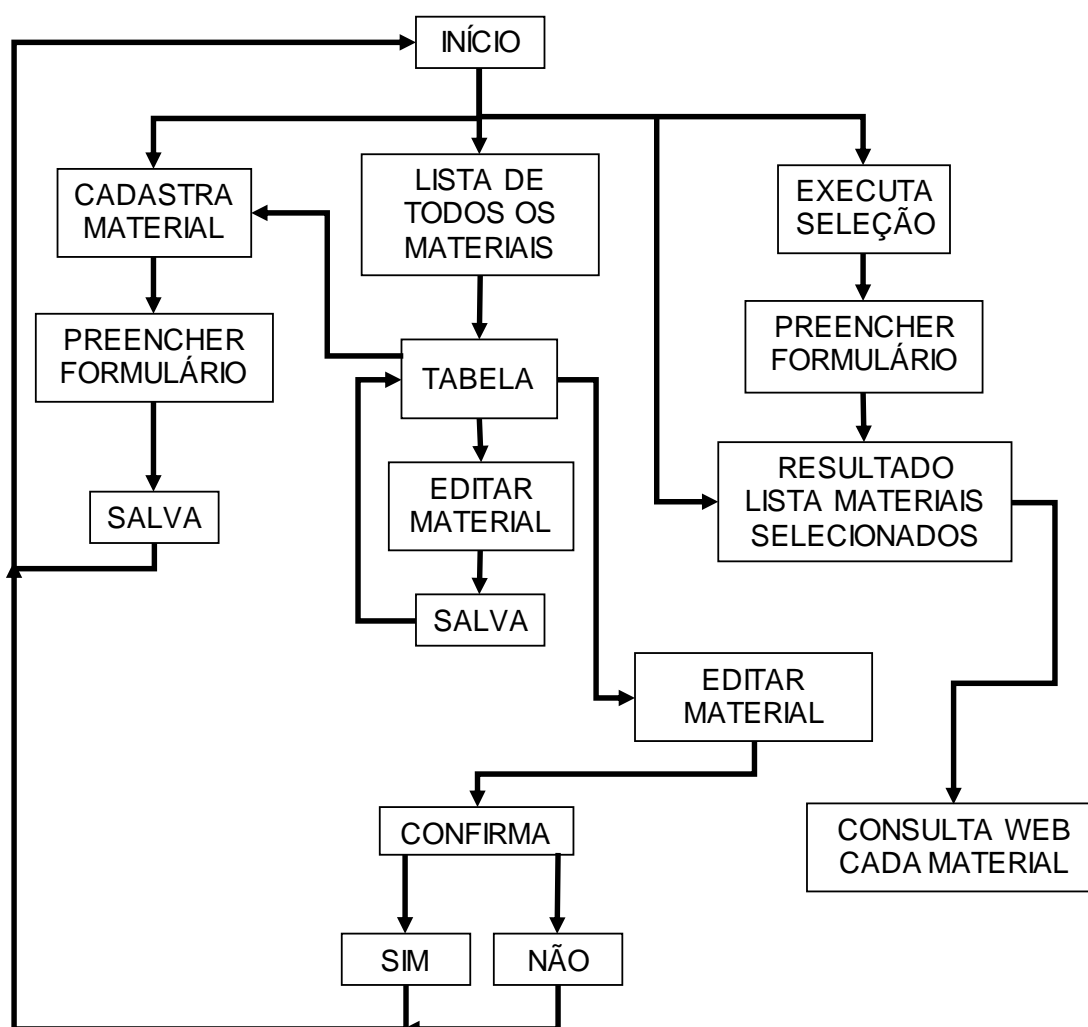


Figura 36 – Fluxograma do processo.

Fonte: dos autores, 2017

Optou-se para que o usuário ao acessar o programa, encontra-se com uma tela de início, onde poderá escolher entre três opções, sendo elas, “Cadastrar novo material”, representada no fluxograma pelo bloco “CADAstra MATERIAL”, parte essa que deve dispor ao usuário uma maneira de inserir qualquer material, de acordo com as suas necessidades de projeto.

A segunda opção é o acesso a uma lista de materiais, representada no fluxograma acima como “LISTA DE TODOS OS MATERIAIS”. Nessa parte o usuário deve ser capaz de visualizar uma tabela contendo todos os materiais e suas propriedades, bem como as unidades.

Caso necessário, criou-se também a possibilidade do usuário excluir diretamente o material dessa tabela principal que exibe todos os materiais do banco

de dados, sendo obrigação do usuário confirmar ou não sua ação. Ou ainda ir para a primeira opção de cadastrar um novo material.

Por fim a terceira opção será a seleção de materiais propriamente dita e representada no fluxograma pelo bloco “EXECUTA”. Nesta parte do programa, escolheu ser permitido ao usuário o preenchimento de um formulário digitando os dados que deseja sobre as propriedades descritas na lista das propriedades utilizadas, como as mecânicas, térmicas, elétricas, ópticas, ecológicas, de processabilidade e durabilidade, junto dos subitens de avaliação para cada uma das propriedades.

Após o preenchimento deste formulário, o programa deve responder conforme o bloco “RESULTADO LISTA MATERIAIS”, que obviamente irá fornecer uma lista com os possíveis materiais aplicáveis ao interesse do usuário.

E por fim, caso o usuário tenha algum tipo de dúvida a respeito dos materiais selecionados, optou-se em disponibilizar uma pesquisa sobre o material na internet, conforme mostra o bloco “CONSULTA WEB CADA MATERIAL”, onde basta usuário clicar nas opções fornecidas pelo programa para que se inicie através do navegador da web, uma busca de mais informações sobre os materiais selecionados.

Foi criado um Manual de Instruções e Operações afim de facilitar o acesso do usuário, este manual ficará em anexo (Anexo 2) a este texto e também ao software, podendo ser acessado por qualquer pessoa. O manual contém passo-a-passo como utilizar cada item dos menus contidos no software.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

### 4.1 Interface Gráfica

Neste item são apresentados os protótipos na versão 0.1 Beta das telas do programa SSA (Souza Santos Alvarenga) Seleção de Materiais para seleção de materiais, bem como suas funcionalidades e objetivos alcançados com o emprego das ferramentas de programação apresentadas no capítulo 3. As ferramentas de programação utilizadas proporcionaram a criação de uma interface gráfica simples e objetiva, na qual exige do usuário do programa somente duas direções, a busca e ou preenchimento de informações sobre os materiais que o mesmo deseja utilizar. O acesso ao conteúdo do programa será feito através de um link disponibilizado no portal da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

A tela inicial do programa apresenta as três principais funções, conforme Figura 38. Ao selecionar uma das três opções, o usuário será objetivamente direcionado para a tela de acordo com a opção selecionada. Por exemplo, se selecionado a opção lista de materiais, bloco verde, o usuário será direcionado ao banco de dados que contém informações sobre todos os materiais já cadastrados.



Figura 37 - Tela inicial do programa.

Fonte: dos autores, 2017

Um ponto importante que pode ser observado em todas as telas do programa, é a utilização de um e-mail para contato em caso de qualquer tipo de falha. Desta forma o usuário auxiliará em melhoramentos e correções dos códigos já elaborados.

A utilização da ferramenta Bootstrap associada à jQuery, trouxeram a interface gráfica mais dinamismo, de modo que qualquer página do programa terá sua disposição gráfica dimensionalmente distribuída, independente se o uso do programa ocorrer em um *Desktop*, *Notebook*, *Smartphone* ou *Tablet*, como mostra a Figura 39, oferecendo ao produto final uma característica de mobilidade.

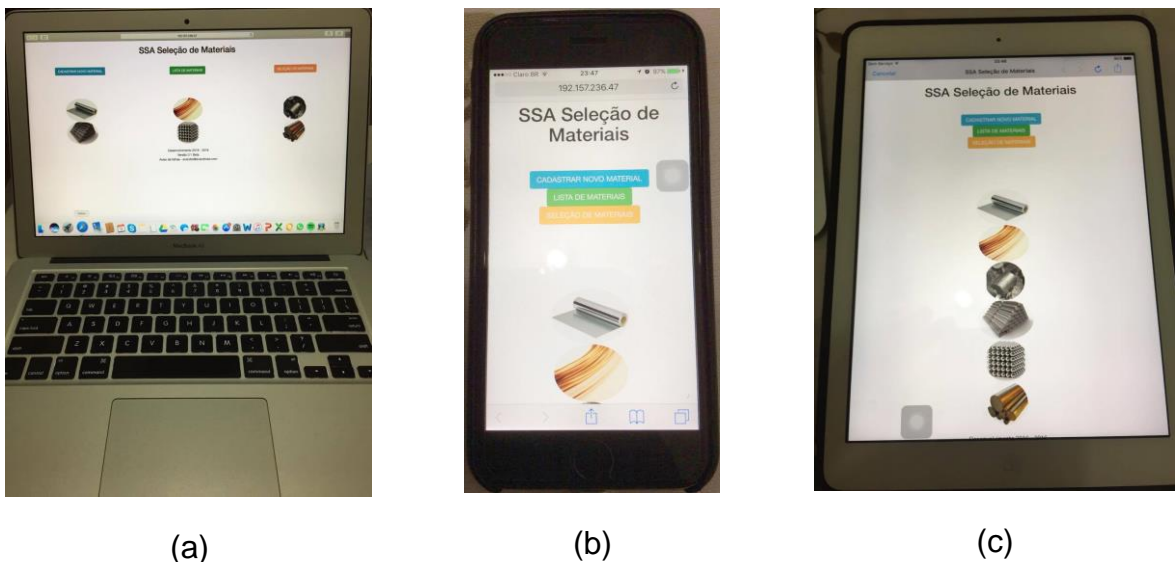


Figura 38 - Exemplo do ajuste da tela do programa em diferentes dispositivos. (a) *Notebook*, (b) *Smartphone* e (c) *Tablet*.

Fonte: dos autores, 2017

#### 4.1.1 Cadastro de novo material

Nesta tela o usuário poderá cadastrar um novo material, fornecendo as informações solicitadas pelo programa, conforme Figura 40. A tela para o cadastro de materiais funciona como um formulário, na qual o usuário deve respeitar as duas dicas exibidas no início. A primeira diz quanto a notação que deverá ser utilizada para que o programa identifique e reconheça os caracteres inseridos, uma vez escolhido o sistema internacional para expressar as unidades e grandezas de todas as propriedades de qualquer material a ser cadastrado. Deste modo o usuário deverá representar a inserção de números grandes por notação indicial, em que o

caracter “e” indicará a potência de base 10, ou o usuário simplesmente insere os valores da forma convencional, como mostra a dica.

A segunda dica refere-se às propriedades que não são aplicáveis ao material cadastrado. Neste caso, o usuário tem a opção de deixar em branco o item na qual a propriedade descrita no formulário não se aplica ao material a ser cadastrado.

## SSA Seleção de Materiais

Dicas:

1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo  $2200 = 2.2e4$  ou  $450000000 = 4.5e8$ , em que o “e” representa a potência de base 10.
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como “indiferente”. O programa não irá considerar esses casos.

Nome:

Classe

Densidade min (kg/m<sup>3</sup>)

Densidade max (kg/m<sup>3</sup>)

Modulo de Young min (Pa)

Modulo de Young max (Pa)

Modulo de Cisalhamento min (Pa)

Figura 39 - Tela Cadastro de Novo Material.

Fonte: dos autores, 2017

O formulário da tela de cadastro de materiais fornece ao usuário pré classificações de características físicas quem dizem respeito por exemplo se o material é bom ou não condutor térmico ou elétrico, se é transparente ou opaco, se é ou não reciclável, durável diante de alguma situação, proveniente ou não de fontes renováveis, etc., conforme Figura 41.

Transparência

Opaco

Opções de preenchimento oferecidas pelo programa.

Opaco

Transparente

Producao de energia max (J/kg)

Producao de CO2 min (Kg/Kg)

Producao de CO2 max (Kg/Kg)

Reciclável

Sim

Ciclo de baixa

Sim

Biodegradável

Sim

Incinerável

Sim

Figura 40 - Exemplo pré preenchimento de características físicas existentes para determinados materiais.

Fonte: dos autores, 2017

E características que referem-se a trabalhabilidade, processamento e conformabilidade do material diante de um processo de fabricação mecânico, das quais são classificados dentro de uma escala elaborada para o programa que varia de 1 para a condição de impraticável à 5 para a condição de excelente, conforme Figura 42.

Formabilidade min \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Formabilidade max \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Macnabilidade min \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente) ← **Escala de avaliação elaborada.**

Macnabilidade max \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Soldabilidade min \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Soldabilidade max \*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Figura 41 - Exemplo de características referente à algum processo mecânico de fabricação.

Fonte: dos autores, 2017

Após o preenchimento de todos os itens de acordo com o material a ser cadastrado, o usuário deverá apenas clicar no botão cadastrar, localizado no fim da página do programa e será exibido uma tela de confirmação conforme a Figura 43, logo em seguida o programa redireciona o usuário para a lista de materiais. Desta maneira o material será adicionado ao banco de dados do programa, ficando disponível para consulta através da tela Lista de Materiais.

## SSA Seleção de Materiais

**Cadastro realizado com sucesso!**

Desenvolvimento 2016 - 2016

Versão 0.1 Beta

Aviso de falhas - [evandro@evandrobs.com](mailto:evandro@evandrobs.com)

Figura 42 - Mensagem da confirmação de cadastro de um novo material.

Fonte: dos autores, 2017

#### 4.1.2 Lista de materiais

Nesta tela o usuário visualizará o banco de dados com todos os materiais já cadastrados, conforme Figura 44 que para exemplo, demonstra apenas um trecho da tela. A disposição das informações é feita por tabelas onde suas linhas correspondem aos materiais armazenados, enquanto que as colunas demonstram os valores de todas as propriedades do material cadastrado no banco de dados. Nesta mesma tela há também um botão que fornece a opção de cadastrar um novo material caso o usuário não encontre o material desejado, assim, o usuário será direcionado para a tela do item 4.1.1.

Optou-se na versão 0.1 Beta do programa em classificar os materiais apenas em duas classes distintas, as dos materiais cerâmicos e as dos materiais metálicos, não impedindo a expansão das classes ou qualquer outra funcionalidade do programa. Entretanto desta forma o usuário ao consultar ou cadastrar um material, terá que primeiramente atentar-se para a classe do material utilizado, conforme observado na tela da lista dos materiais.

**SSA Seleção de Materiais**

Botão  
Materiais cerâmicos ou metálicos.

Nome	Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Young (Pa)	Módulo de Cisalhamento (Pa)	Módulo Bulk (Pa)	Raio de Poisson
Aço Carbono	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	770000000000 a 840000000000	1550000000000 a 1750000000000	0.285 a 0.295
Aço Carbono Leve	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	790000000000 a 840000000000	1580000000000 a 1750000000000	0.285 a 0.295
Aço Carbono Médio	metal	7800 a 7900	200000000000 a 216000000000	770000000000 a 850000000000	1580000000000 a 1700000000000	0.285 a 0.295
Aço Inoxidável	metal	7600 a 8100	189000000000 a 210000000000	740000000000 a 840000000000	1340000000000 a 1510000000000	0.265 a 0.275
Bronze	metal	8500 a 9000	700000000000 a 1050000000000	250000000000 a 330000000000	840000000000 a 950000000000	0.34 a 0.35

Figura 43 - Tela Lista de Materiais.

Fonte: dos autores, 2017



No final da tela Lista de Materiais, o usuário encontra duas informações extremamente importantes para auxiliar na operação do programa, conforme Figura 45. A primeira diz que todos os valores numéricos para as propriedades dos materiais existentes no banco de dados estão no sistema internacional de unidades. Desta maneira o usuário do programa tem apenas o trabalho de realizar uma conversão manual de unidades, caso queira comparar previamente com outra informação fora do programa.

A segunda informação está relacionada a uma outra forma de classificação das propriedades dos materiais, na qual subdivide-se em classificações físicas como, se o material é biodegradável, de fonte renovável, condutor elétrico, nível de transparência, durabilidade, etc. E as classificações quanto a sua trabalhabilidade, conformação e comportamento mecânico, da qual o usuário tem como parâmetro a escala localizada no fim da lista de materiais, que avalia a resposta do material diante do exigido como 1 para Impraticável à 5 para Excelente.

Assim, para um determinado material sua resposta, por exemplo, à soldabilidade ou macnabilidade poderá ser de 4 a 5, o que traduz na escala um material bom à excelente diante do processo de soldagem ou conformação mecânica.

Todos os dados acima estão no  
sistema internecional de unidades  
(SI).

\*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

**Classificação  
Qualitativa**

Figura 44 – Informação sobre o sistema de unidade utilizado e classificação qualitativa.

Fonte: dos autores, 2017

Por fim, ainda na tela Lista de Materiais, temos três botões abaixo do nome de cada material, conforme Figura 47, que servem respectivamente para o usuário editar ou corrigir informações sobre o material já cadastrado no banco de dados (botão verde com o símbolo de uma caneta), sendo o usuário redirecionado à página de cadastro de novo material, porém com o formulário de propriedades e características já preenchido. Após ratificar as informações, o usuário pode confirmá-las selecionando o botão Cadastrar e uma mensagem de confirmação será exibida

logo em seguida conforme Figura 46, para então o programa redirecionar o usuário a lista de materiais.

## SSA Seleção de Materiais

Editado com Sucesso!

Desenvolvimento 2016 - 2016

Versão 0.1 Beta

Aviso de falhas - [evandro@evandrobs.com](mailto:evandro@evandrobs.com)

Figura 45 - Mensagem de confirmação de edição das informações dos materiais já adicionados no banco de dados do programa.

Fonte: dos autores, 2017

Ao selecionar o botão vermelho com um “x” branco, o usuário exclui o material da lista e selecionando o botão em forma de uma lupa azul, o usuário é direcionado à uma página da *web* com o mecanismo de busca do Google, na qual exibe uma pesquisa feita sobre o material em análise.

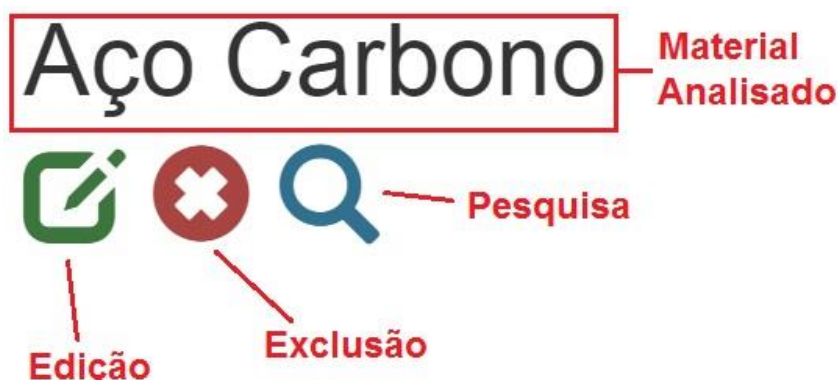


Figura 46 - Exemplo dos botões de edição, exclusão e pesquisa sobre o material analisado.

Fonte: dos autores, 2017

Ao selecionar no botão da Figura 47 a opção excluir material da lista de materiais cadastrada no banco de dados, o usuário é remetido a uma tela de confirmação da ação escolhida, conforme Figura 48. A existência desta tela serve simplesmente para ratificar a vontade do usuário, assim evitando a situação de um

clique involuntário sobre o botão excluir e posterior perda dos dados armazenados no banco de dados.

## SSA Seleção de Materiais

Tem certeza que deseja apagar os dados do material Aço Carbono?

NÃO

SIM

Desenvolvimento 2016 - 2016

Versão 0.1 Beta

Aviso de falhas - [evandro@evandrobs.com](mailto:evandro@evandrobs.com)

Figura 47 - Tela de confirmação da exclusão de material do banco de dados.

Fonte: dos autores, 2017

Como exemplo, caso o usuário responda à pergunta “Tem certeza que deseja apagar os dados do material Aço Carbono?” clicando em “NÃO”, o programa retornará a tela Lista de Materiais e nada será feito. Pelo contrário, caso o usuário responda à pergunta clicando em “SIM”, então o programa exclui todos os dados do material Aço Carbono e uma mensagem de confirmação da exclusão será exibida na tela do dispositivo utilizado pelo usuário, conforme Figura 49 e logo em seguida o programa retorna a tela Lista de Materiais.

## SSA Seleção de Materiais

Excluído com Sucesso!

Desenvolvimento 2016 - 2016

Versão 0.1 Beta

Aviso de falhas - [evandro@evandrobs.com](mailto:evandro@evandrobs.com)

Figura 48 - Mensagem de confirmação de exclusão do material do banco de dados do programa.

Fonte: dos autores, 2017

### 4.1.3 Seleção de materiais

Nesta tela o usuário é instruído a realizar o preenchimento do formulário para a seleção de materiais, conforme Figura 50. O formulário para este caso possui identificações das propriedades e características, tornando seu preenchimento extremamente simples e rápido, uma vez respeitada as mesmas dicas citadas na tela de cadastro de materiais.

**SSA Seleção de Materiais**

Espaço para inserção dos caracteres.




Digite os dados que deseja

**Propriedades Mecânicas**

Densidade (kg/m<sup>3</sup>)

Identificação das etapas de preenchimento



Modulo de Young (Pa)

Modulo de Cisalhamento (Pa)

Modulo bulk (Pa)

Figura 49 - Exemplo da tela de seleção de materiais.

Fonte: dos autores, 2017

Assim como na tela de cadastro dos materiais, o usuário também encontra o mesmo sistema de preenchimento e a escala para avaliação do material diante de um processo de fabricação mecânica, conforme indicados pelos retângulos vermelhos na Figura 51.

Reciclável
Indiferente
Indiferente
Sim
Não

Biodegradável
Indiferente

Incinerável
Indiferente

Aterro
Indiferente

Fonte renovavel
Indiferente

Processabilidade
Formabilidade *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)
Macnabilidade *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

Figura 50 - Exemplo da tela de Seleção de Materiais e o modo de preenchimento.

Fonte: dos autores, 2017

## 4.2 Simulação de cadastro de material

Neste item será demonstrado a utilização do programa para cadastro de material. O material escolhido para cadastro é o Titânio puro e suas informações foram pesquisadas em livros e também com o auxílio da internet, visando sempre encontrar e utilizar valores mínimos e máximos de cada propriedade e as classificações de características físicas, conforme Quadro XX. O cadastro foi realizado seguindo o procedimento e tela de cadastro descritos no item 4.1.1.

Quadro 5 - Lista das propriedades e valores do Titânio puro.

Propriedades	Mínimo	Máximo
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	4500	4515
Módulo de Young (Pa)	100000000000	105000000000
Condutor Térmico	Ruim	
Condutividade Térmica (W/m.K)	16	18
Módulo Bulk (Pa)	110000000000	135000000000
Módulo de Cisalhamento (Pa)	36000000000	51000000000
Transparência	Opaco	
Soldabilidade	Bom	
Dureza (Pa)	1520000000	1618000000000
Capacidade Térmica (J/kg.K)	530	541
Biodegradável	Não	
Durabilidade em Ácido Forte	Bom	
Resistência a Fratura (Pa.m <sup>1/2</sup> )	55000000	60000000
Coeficiente de Perda	0.002	0.003
Durabilidade em Alcalis Fraco	Muito bom	
Durabilidade em Alcalis Forte	Bom	
Durabilidade em Solvente Orgânico	Muito bom	
Durabilidade em UV	Ruim	
Durabilidade em Oxidação a 500C	Bom	
Incinerável	Não	
Aterro	Sim	
Fonte Renovável	Sim	
Formabilidade	Razoável	
Macnabilidade	Pouco razoável	
Ponto de Fusão (K)	1939	1950
Temperatura Máxima de Serviço (K)	723.2	823.2
Temperatura Mínima de Serviço (K)	0	0
Condutor Elétrico	Bom	
Resistividade (ohm.m)	0.00000055	0.00000057
Limite Elástico (Pa)	270000000	600000000
Força Tênsil (Pa)	450000000	650000000
Força Compressiva (Pa)	270000000	600000000
Elongação (%)	5	25
Limite de Resistência (Pa)	200000000	300000000
Produção de Energia (J/kg)	855000000	945000000
Produção de CO2 (kg/kg)	53.8	59.5
Reciclável	Sim	
Ciclo de Baixa	Sim	
Raio de Poisson	0.37	0.37
Durabilidade em Formabilidade	Razoável	
Durabilidade em Água Fresca	Muito bom	
Durabilidade em Água Marinha	Muito bom	
Durabilidade em Ácido Fraco	Muito bom	
Expansão Térmica (μstrain/K)	8.5	9.3

Fonte: dos autores, 2017

De posse das informações para alimentar o programa o usuário deve preencher a lista para cadastro de materiais, inserindo os valores mínimos e máximos exigidos, conforme Figura 52, lembrando que as unidades mesmo inseridas em notação exponencial, aparecerá da forma geral com todos os

algarismos. Após inserir todas as informações, basta o usuário selecionar a opção Cadastrar para que a tela de confirmação apareça.

## SSA Seleção de Materiais

Dicas:

1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo  $2200 = 2.2e4$  ou  $450000000 = 4.5e8$ , em que o "e" representa a potência de base 10.
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como "indiferente". O programa não irá considerar esses casos.

Nome:

Titanio Puro

Classe

Metal

Densidade min (kg/m<sup>3</sup>)

4500

Densidade max (kg/m<sup>3</sup>)

4515

Modulo de Young min (Pa)

100000000000

Modulo de Young max (Pa)

105000000000

Modulo de Cisalhamento min (Pa)

36000000000

Modulo de Cisalhamento max (Pa)

51000000000

Modulo bulk min (Pa)

110000000000

Modulo bulk max (Pa)

135000000000

Figura 51 - Cadastro do material Titânio puro.

Fonte: dos autores, 2017

### 4.3 Estudo de casos

Com o intuito de demonstrar situações reais de seleção de materiais, nas quais a metodologia proposta pelo programa é empregada como fator diferencial para a escolha do melhor material a ser utilizado nos projetos em questão, optou-se por descrever três estudos de casos utilizados como base desta dissertação:

1. Barra circular metálica submetido a força de tração;
2. Avaliação quanto à elongação da barra circular;
3. Vaso de Pressão Seguro.

#### 4.3.1 Barra circular sob força de tração

Neste estudo de caso são demonstrados as reais necessidades e requisitos para a seleção do material para uma barra circular metálica submetida a força de tração, conforme Figura 53.

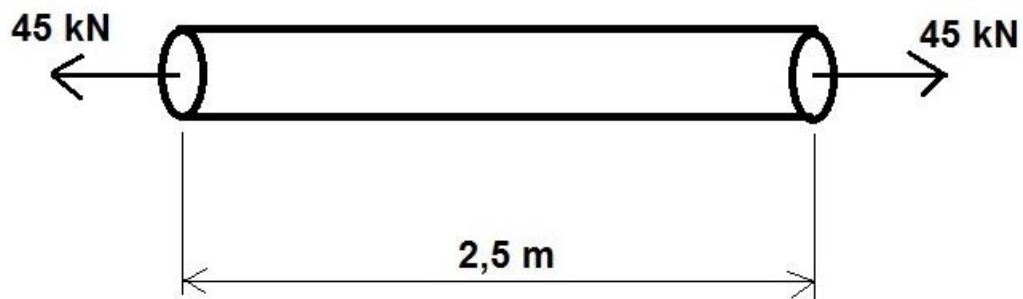


Figura 52 - Barra circular sob força de tração.

Fonte: dos autores, 2017

Barras cilíndricas metálicas são geralmente aplicadas em projetos como barra tensoras de automóveis, em estruturas de treliças ou em engastadas em estruturas para pendurar algo. Em todos esses projetos mecânicos, uma barra deve possuir diâmetro suficiente para resistir ao rompimento causado pelo alongamento de suas seções internas, além de serem rígidas e com boa resistência mecânica.

O critério de seleção para este tipo de projeto levará em conta a seleção de materiais metálicos para trabalho sob esforços de tração, rígidos, de alta resistência mecânica, resistência à carregamentos cíclicos com alto grau de indeformabilidade. Independente dos cálculos aplicados no projeto da barra, a principal propriedade a ser avaliada neste estudo será a elongação que a barra suportará diante da solicitação aplicada, necessariamente ser no mínimo 50% do comprimento utilizando para um diâmetro comercial de 1 polegada. Assim, o objetivo com a utilização do programa será avaliar qual dos materiais armazenados no banco de dados apresentará o valor de alongamento dentro do permitido no projeto para satisfazer outras condições existentes.



O projeto consiste de uma geometria em forma de barra circular maciça e submetida ao esforço de tração de 45 kN. Para comparar informações entre os materiais armazenados no banco de dados do programa, escolhe-se um aço baixo carbono, como exemplo comercialmente mais empregado o SAE 1020, admitindo ser um chute inicial dado pelo projetista por ser um material metálico com diversas aplicações.

As informações técnicas básicas do aço 1020 descrevem que sua tensão de escoamento é igual a 300 MPa, seu módulo de elasticidade ou módulo de Young é de 215 Gpa.

Neste projeto considera-se o diâmetro do eixo para um coeficiente de segurança igual a 3. Assim, com o alongamento final do eixo calculado para estas condições impostas junto da utilização do programa, será possível verificar quais outros materiais enquadram-se dentro do alongamento calculado.

Pelo memorial de cálculo realizado com as unidades no sistema internacional, observa-se na Equação 7 como calcular o diâmetro para a barra.

$$\sigma \geq \frac{F}{A} \quad (7)$$

onde:

$\sigma$  é a tensão de escoamento assumindo o coeficiente de segurança adotado em MPa;

F é a força aplicada nas duas extremidades da barra em Newtons;

A é a área da seção circular da barra maciça em milímetros.

A área da seção circular da barra é dada pela Equação 8

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (8)$$

onde:

D é o diâmetro em milímetros.

Após realização dos cálculos o diâmetro mínimo encontrado para a barra suportar a carga estipulada será de 23,93 mm. Comercialmente falando o projetista

aplicaria o diâmetro de 1 polegada, ou seja, 25,4 mm. De posse do valor do diâmetro calculado, pode-se então calcular através da lei de Hook , Equação 9 o quanto a barra irá alongar em função da carga estipulada.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (9)$$

onde:

$\sigma$  é a tensão de escoamento assumindo o coeficiente de segurança adotado em MPa;

$E$  é o módulo de Young segundo o aço SAE 1020;

$\varepsilon$  é a deformação específica.

Para encontrar quanto foi a elongação na barra em questão, temos a Equação 10:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (10)$$

onde:

$\varepsilon$  é a deformação ou elongação da barra diante da força de tração de 45 kN;

$\Delta L$  é a variação de comprimento da barra em milímetros;

$L$  é o comprimento da barra em milímetros.

Após realização dos cálculos, observa-se que a variação de comprimento da barra, ou seja, seu alongamento após aplicada a força de tração é de 1,1627 mm. Assim, pode-se dizer para este projeto que a barra com a geometria e medidas em questão, ao ser fabricada pelo aço SAE 1020 sofrerá uma elongação final de 46,5 %. Está elongação calculada está condizente com os valores de 0,26 a 0,47% para aços baixo carbono no banco de dados do programa, porém não está condizente com o exigido para o projeto apresentado, entretanto é um valor extremamente próximo do limite mínimo.

A saída para o engenheiro responsável pela seleção do materiais seria a busca na biblioteca de materiais do programa por um material que apresenta um valor de elongação maior que o calculado e exigido no projeto. Para isto, o usuário na tela principal do programa, ao selecionar o botão Seleção de Materiais, deve-se

digitar no campo Elongação (%) do formulário da página Seleção de Materiais, o valor calculado no projeto conforme Figura 54, e em seguida clicar na opção Selecionar.

Valor calculado no projeto.	Força tênsil (Pa)
	Força compressiva (Pa)
0,465	Elongação (%)
	Limite de resistência (Pa)

Figura 53 - Seleção por Elongação.

Fonte: dos autores, 2017

A próxima tela do programa exibe uma lista dos materiais dos quais possuem o valor de Elongação próximo ao calculado no projeto, conforme Figura 55. Nesta tela o usuário visualiza os materiais com o valor para elongação próximos ao exigido pelo projeto. Cabe então ao engenheiro projetista a responsabilidade por recalcular o projeto utilizando os valores para os materiais listados pelo programa, descartando o aço baixo carbono. Assim, poderá verificar qual material atenderia suas necessidades de projeto.

## SSA Seleção de Materiais

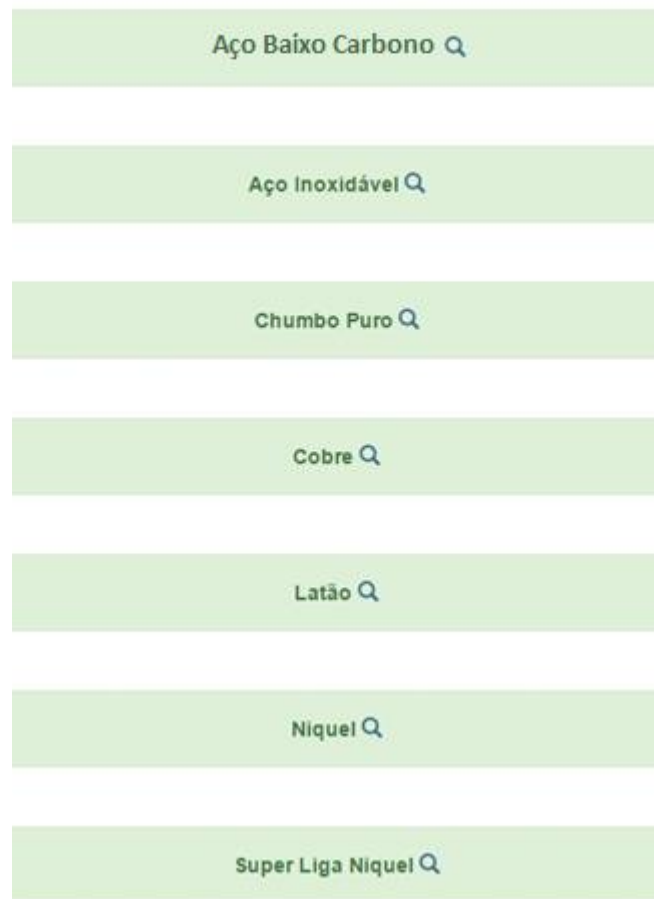


Figura 54 - Tela com os possíveis materiais para o primeiro caso.

Fonte: dos autores, 2017

Através deste estudo de casos é possível notar que o programa pode realizar a busca do material desejado com no mínimo uma informação ou propriedade desejada pelo usuário, ou seja, para uma determinada aplicação ou projeto mecânico. A busca por materiais pode também ser realizada com mais de uma informação, conforme o estudo de caso a seguir.

### 4.3.2 Análise em projeto com alta elongação

Para a alteração e melhoria de um projeto mecânico que consiste em uma barra cilíndrica maciça, há a necessidade de aumento da capacidade de alongamento da mesma, diante das condições de trabalho estabelecidas e diâmetro de projeto de 21 mm. A barra hipoteticamente utilizada é fabricada por um aço carbono que possui uma tensão limite de escoamento de 150 MPa, com módulo

elástico de 210 Gpa na qual sobre a ação de uma força de tração de 50 KN em suas extremidades conforme mostra a Figura 56 e não alongar-se mais que 4 mm.

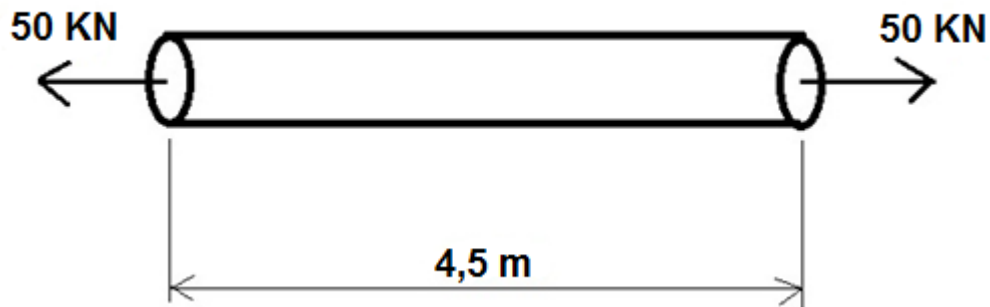


Figura 55 - Barra circular maciça sob força de tração.

Fonte: dos autores, 2017

Ao realizar-se o cálculo através da Equação 11 que exprime a deformação alcançada pelo atual material. Verifica-se que o alongamento máximo diante das condições expostas é aproximadamente 3,1 mm.

$$\Delta L = \frac{N L}{E A} \quad (11)$$

De posse do valor encontrado para o alongamento, verifica-se através da Equação 11 que o valor para a elongação encontrado é de aproximadamente 0,069 %.

O projeto em questão visa ampliar essa faixa de alongamento até 0,45% utilizando ainda um aço carbono para satisfazer as demais condições de fabricação, custo e aplicação. Diante deste cenário, a utilização do programa aqui apresentado auxilia na identificação de quais aços ao carbono possuem o valor de alongamento requerido e consequentemente obtém-se outras propriedades como o módulo elástico para recalcular e verificar se o novo material empregado atende as solicitações do projeto.

O inserir o valor de elongação almejado para o projeto na página de seleção de materiais do programa aqui apresentado, obtém-se uma lista com os materiais que atendem a condição de alongamento como mostra a Figura 57

## SSA Seleção de Materiais

Aço Baixo Carbono 🔍
Aço Inoxidável 🔍
Chumbo Puro 🔍
Cobre 🔍
Latão 🔍
Níquel 🔍
Super Liga Níquel 🔍

Desenvolvimento 2016 - 2017

Figura 56 - Lista de materiais que atendem a condição de alongação.

Fonte: dos autores, 2017

Como o projeto exige que mantenha-se a aplicação do aço ao carbono, a única opção de material encontrado no banco de dados para essa versão do programa foi o Aço Baixo Carbono. Para este aço, considera-se hipoteticamente uma composição química básica, tendo-se então um valor do módulo de Young de 200 GPa e limite elástico de 250 MPa. Este valor é inserido na Equação 11 e preservando o diâmetro definido para o projeto, obtém-se que o Alongamento para as condições em questão é de 3,25 mm.

Nota-se que o material selecionado atende perfeitamente a todos os requisitos do projeto, uma vez que sua alongação poderá atingir o valor máximo de 0,45% segundo o Aço Baixo Carbono encontrado. Seu alongamento nem mesmo atinge o valor anterior estabelecido para o projeto, o que significa que o novo

aço utilizado trabalha com folga e o seu valor de alongação final de 0,072% não ultrapassa o limite do projeto que é de 0,089% .

#### 4.3.3 Análise em projeto de um reservatório cilíndrico

Uma análise pela mecânica da fratura nos remete à propriedade de tenacidade à fratura ou também chamada de resistência à fratura ( $K_I$ ). De uma forma geral a tenacidade significa o quanto o material resiste até fraturar, porém para a tenacidade à fratura, significa o quanto um material, na presença de uma fenda, resiste até fraturar. Fratura essa considerada frágil pois há a presença de uma fenda ou trinca e o material em questão não irá deformar plasticamente antes da ruptura.

A mecânica da fratura também faz uso de uma outra propriedade chamada de limite de escoamento, também conhecida como limite elástico ou tensão de escoamento, que é a tensão máxima ao qual o material suportará ainda no regime elástico de deformação. Qualquer acréscimo de tensão o material não segue mais a lei de Hooke e começa a sofrer deformação plástica.

A relação entre essas duas propriedades permite demonstrar a aplicação do programa neste estudo de caso que propõe a construção de um reservatório cilíndrico capaz de resistir uma pressão máxima de  $P = 60$  Mpa. Para isso faz-se uma análise à luz da mecânica da fratura e por escoamento, verificando seis aços disponíveis para a construção, os quais suas características são dadas na Tabela 22 seguinte.

Tabela 4 - Valores de tenacidade à fratura e limite de escoamento dos seus aços disponíveis para a construção.

Aço	A	B	C	D	E	F
$K_{I\text{crítico}}$	90	120	150	240	290	390
$\sigma_Y$ MPa	1800	1500	1350	1250	720	650

Fonte: dos autores, 2017

O diâmetro interno deste reservatório deverá ser de 0,5 m e que por razões econômicas e de fabricação a espessura da parede do reservatório não deve passar de 2,5 cm. Para efeito de cálculo, a condição de falha estipulada, ou seja, o comprimento crítico de uma fenda superficial ou metade do comprimento de uma fissura interna ( $a_c$ ) deve ser menor ou igual a 1,5 a espessura máxima da parede do reservatório. O fator de intensidade deve ser igual à Equação 12.

$$KI = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a}.$$

12)

Onde:

1,12 é o parâmetro adimensional que depende das geometrias da fenda e do corpo em questão;

$\sigma$  é a tensão aplicada na fenda;

$a$  é referente ao comprimento da fenda.

As condições do projeto estipulam que o reservatório deve sempre trabalhar no regime elástico de modo que a tensão de trabalho  $\sigma$  fique inferior a  $\beta \cdot \sigma_y$  com  $\beta = 0,8$ . Sendo a estrutura submetida a cada dez anos a um teste de tração demonstrado pela Equação 13 antes de ser colocado em serviço, com  $\alpha = 1,05$ .

$$\sigma_p = \alpha \sigma \quad (13)$$

Onde:

$\sigma_p$  é tensão de tração;

$\alpha$  é o fator adimensional em função da geometria;

$\sigma$  é a tensão de trabalho.

O número de ciclos de enchimento do reservatório para 10 anos é fixado em 2000. E o valor máximo a cada enchimento de pressão será igual a 60 MPa. A tensão  $\sigma$  devido à pressão interna é igual a Equação 14.

$$\sigma = \frac{P \cdot d}{2 \cdot B} \quad (14)$$

Onde:

$d$  é o diâmetro interno;



B é a espessura da parede.

Pelo memorial de cálculo realizado com as unidades no sistema internacional, observa-se que efetuando uma análise pelo critério de escoamento a tensão de trabalho deve ser de 80% da tensão efetiva na direção y e como mostra a Figura 58.

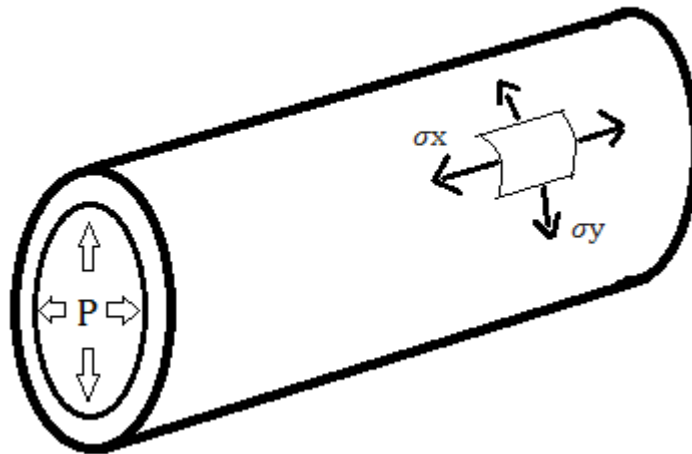


Figura 57 - Esquema das tensões de membrana em um vaso de pressão.

Fonte: dos autores, 2017

Tem-se que a tensão admissível é calculada através da Equação 13.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{FS} \quad (13)$$

Onde:

$\sigma_{adm}$  é a tensão admissível;

$\sigma_y$  é a tensão no eixo y;

FS é o fator de segurança.

Entretanto reescrevendo a equação segundo as condições do projeto, tem – se a tensão admissível é igual a tensão de trabalho, como mostrado na Equação 14.

$$\beta \cdot \sigma_y = \frac{\sigma_y}{FS} \quad (14)$$

Sabendo-se que  $\beta = 0,8$ , calcula-se que o fator de segurança para o projeto deve ser no mínimo de 1,25.

Uma vez que o projeto deve resistir a uma pressão máxima de 60 MPa, calcula-se através da Equação 14 que o material utilizado deverá resistir a uma tensão de trabalho de 600 MPa. Desta forma relacionando a tensão de escoamento com o fator de segurança, calcula-se através da Equação 13 as tensões admissíveis para cada um dos seis materiais disponíveis e monta-se a Tabela 23 para demonstrar quais são os possíveis materiais aplicáveis ao projeto.

Tabela 5 - Valores das tensões admissíveis para o projeto em questão

Aços	A	B	C	D	E	F
$\sigma_{adm}$ (MPa)	1440	1200	1080	1000	576	520

Fonte: dos autores, 2017

Observa-se que os materiais E e F estão fora de cogitação por apresentarem um valor de tensão admissível abaixo do exigido para o projeto segundo o fator de segurança utilizado. A partir deste ponto utiliza-se o critério de tenacidade à fratura em caso cíclico avaliar os demais materiais. Através da Equação 13 calcula-se a tensão de tração utilizada para o teste a cada 10 anos, tendo como resultado 630 MPa.

De posse do valor da tensão de tração, e sabendo que o projeto exige que o tamanho da trinca crítica seja maior ou igual a 1,5 vezes a espessura da parede do reservatório, no qual resulta um  $a_c = 37,5$  mm. Calcula-se através da Equação 9 quais dos materiais restantes irão adequar-se ao tamanho de trinca exigido.

$$a_c = \frac{1}{\pi} \left( \frac{KI_c}{F \cdot \alpha \cdot \sigma} \right)^2 \quad 9)$$

Os resultados para o cálculo do tamanho de trinca crítica são exibidos pela Tabela 23.

Tabela 6 - Resultado do tamanho de trinca crítica.

Aço	A	B	C	D
$a_c$ (mm)	5,179	9,20	14,38	36,8

Fonte: dos autores, 2017

O resultados demonstram que apenas o Aço D é o que mais se aproxima do tamanho de trinca crítica exigido, entretanto há a necessidade de trabalhar-se com uma pressão menor exigida no projeto ou encontrar outro aço para o projeto em questão.

Avaliando o memorial de cálculo para este projeto, verifica-se que qualquer aço que apresente um valor para tenacidade à fratura crítico acima de 240 MPa.m<sup>1/2</sup> e que mantenha a tensão de trabalho igual ou acima de 600 MPa poderá a princípio atender aos requisitos. Desta forma, utilizando o programa para auxílio na seleção de materiais, conseguimos obter os resultados esperados.

## 5 CONCLUSÃO

Foi possível aprender que para realizar uma escolha qualificada de materiais para realização de um projeto de engenharia é necessário analisar, apreciar e avaliar criteriosamente a aplicação associada a função e desempenho do produto final. Para isto é necessário identificar as características do material desejado e dos materiais disponíveis, o que varia de acordo com a diversidade de materiais disponíveis no mercado.

A metodologia de seleção de materiais apresentada por Ashby (2012) mostrou-se adequada as necessidades do usuário na seleção de materiais, auxiliando a definição do material nos projetos de produtos de acordo com os objetivos requeridos.

Pode-se concluir também que as ferramentas são utilizadas para auxiliar o engenheiro projetista, que fica na responsabilidade de definir entre os materiais sugeridos o material que minimiza os danos quantitativos e qualitativos e as falas no processo de tomada de decisão.

Conclui-se que na literatura o método e seleção de materiais por Ashby pode ser apontado como muito apropriado para o uso em projetos diversos de fabricação, afim de apontar o custo benefício do processo.

Para que fosse possibilitado o aprendizado da metodologia de Seleção de Materiais por Ashby pelos acadêmicos e afins, foi criado um software baseado na plataforma PHP, o que permitiu uma execução dinâmica e interativa, que em conjunto com seu manual de instruções facilita o uso e torna auto sugestivo a utilização do software.

Em síntese, os resultados da criação do referido software com intuito educacional, utilizando o PHP conseguiu atender à necessidade de criação de uma ferramenta que auxilia e torna mais atrativa e dinâmica o entendimento do conteúdo em questão.

Conforme sugerido o software educativo estará disposto em uma mídia em conjunto com seu Manual de Instruções, afim de facilitar a instalação e manutenção do mesmo, o Manual de Instruções foi criado com linguagem de comunicação

simples afim de que os acadêmicos e afins possam acrescentar, corrigir e buscar materiais de forma simples e objetiva.

Portanto, a metodologia proposta neste trabalho mostra que a aplicação do modelo de Seleção de Materiais por Ashby em um *Software* utilizando *PHP* como plataforma atendeu as necessidades de seleção pois como pudemos ver nos estudos de caso apresentados os resultados foram positivos permitindo escolher os melhores materiais para a produção dos referidos produtos.

## **6 TRABALHOS FUTUROS**

Este software pode ser aprimorado e nele acrescido um banco de dados maior com mais informações de materiais diversos, que apresentam mais possibilidades de seleção, adequando-se a necessidade do produto a ser criado.

Além da utilização por alunos dos cursos de Engenharia, o mesmo poderá ser aprimorado para o uso nos Cursos de Design, uma vez que visa selecionar os melhores materiais para fabricação ou criação de determinado produto, tarefa esta muito comum aos alunos deste curso.

Utilização de metodologia de análise por algoritmo genético, afim de aumentar a inteligência virtual do software para que ele consiga se aprimorar com os conhecimentos inseridos e assim diminuir o tempo de inserção de dados para resposta.

## BIBLIOGRAFIA

ASHBY, M. F. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico**. 4ª. Ed. CAMPUS, 2012.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normalização**. Acesso em 23 de 07 de 2015, disponível em Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>

ASSUNÇÃO, R. B.; COSTA, A. R.; CÂMARA, J. J. D. **Materialização de projetos: uma abordagem metodológica**. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/P.2316-1752.2013v20n27p142>. Acessado em 04 de junho de 2015.

AQUINO, R. S. P. **O processo unificado integrado ao desenvolvimento Web**. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/artigo-engenharia-de-software-o-processo-unificado-integrado-ao-desenvolvimento-web/8032>. Acessado em 04 de 06 de 2015.

AZEVEDO, D. R.; LEITE, D. N. F.; BARBOSA, M. M.; PALMEIRA, A. A.; DELGADO JR., H. G. **Proposição de método de seleção de materiais metálicos para calha de transporte de efluentes oriundo da limpeza de gases de um alto forno**. Cadernos UniFOA Edição Especial do Curso de Mestrado Profissional em Materiais - Junho/2014. p. 95-101. Disponível em: <file:///C:/Users/DELL/Desktop/ricardo/239-1019-1-PB.pdf>.

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.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução**. 5ª. ed. LTC, 2002.

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

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

COLPAERT, H.. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

**CHRYSSOLOURIS, E.L.K.E. Manufacturing Systems: Theory and Practice** (2ª ed., Vol. I). New York: Springer, 2006.

DA SILVA, S. F. **Modelo multicritério para ordenação dos pontos monitorados de um sistema elétrico com base nos métodos SMART/SMARTER**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Recife, 2003.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 2ª. ed. GUANABARA DOIS, 1988.

\_\_\_\_\_. **Materials Selection and Design**. 1ª ed. New York: ASM International, 1997.

EDWARDS, W.; BARRON, F.H. em SMARTS and SMARTER: **Improved simple methods for multiattribute utility measurement**. Organizational behavior and Human Decision Processes, 60 306-325, 1994

FERRANTE, M. **Seleção de Materiais**. 2ª. ed. EdUFSCar, 2009.

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.

FUHRMANN, L. **Jato de janela quadrada**. Disponível em: <http://super.abril.com.br/tecnologia/jato-de-janela-quadrada>. Acesso em 04 de junho de 2015.

KLOCKE, F. (**Manufacturing Process 1: cutting** (1ª ed., Vol. I). Aachen: Springer, 2010.

KWON, Y. W.; BANG, H. **The Finite Element Method Using MatLAB** (2ª ed.). New York: CRC Press, 2000.

LAWRENCE, H.; VLACK, V. **Princípios de Ciência dos Materiais** (1ª ed., Vol. I). São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2000.

LOPES, Y. G.; ALMEIDA, A. T. **Enfoque multicritério para a localizações de instalações de serviço**: aplicação do método. Programa de Pós-Graduação de Gestão, TEP/TCE/CTC/PROPP/UFF. Sistemas & Gestão, 2008, p. 114 - 128.

MASE, G. T.; MASE, G. E. **Continuum Mechanics for Engineers** (2ª ed., Vol. I). New York: CRC Press, 1999.



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. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. 1ª. ed. Saraiva, 2006.

SCHELESKI, S. **Seleção de Materiais no Projeto de Máquinas e Implementos Agrícolas**. Disponível em: <http://www.pgdesign.ufgrs.br/designetecnologia/index.php/det/article/view/260/143>. Acessado em 04 de junho de 2015.

SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. **Decision Support Model for Selecting and Evaluating Suppliers in the Construction Industry**. Pesquisa Operacional (Impresso), v. 32, p. 643-662, 2012.

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

SINHA, A. K. **Physical Metallurgy Handbook** (1ª ed., Vol. I). New York: McGRAW-HILL, 2003.

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

SOUZA, S. A. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos**. 5ª. ed. EDGARD BLÜCHER LTDA, 1982.

TIOBE SOFTWARE. **November Headline: Java once again above 20% since July 2009**. TIOBE Index for November 2015. Disponível em: <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>. Acessado em 09 de novembro de 2015.

WICKERT, J. **Introdução a Engenharia Mecânica**. 2ª. ed. CENGAGE LEARNING, 2011.

ANEXO A

Amostra do catálogo de barras e perfis da Gerdau com as informações categorizadas e organizadas de acordo com a aplicação do produto.

LINHA SAE

A linha de aços SAE (Society of Automotive Engineers) é utilizada nas mais diversas aplicações e principalmente onde a composição química é uma característica importante.

Além disso, os materiais da linha SAE geralmente são submetidos a processos de conformação mecânica, como usinagem, forjamento, trefilação e demais processos. Da mesma forma, também poderão sofrer processos metalúrgicos, entre eles têmpera/revenimento, cementação e outros processos.

Os principais aços da nossa linha de comercialização estão abaixo relacionados:

NORMA	CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES	PRINCIPAIS PRODUTOS
SAE 1018/1020	Aço Baixo Carbono de uso geral.	Eixos de máquinas em geral, tirantes, peças para máquinas e implementos agrícolas; barras trefiladas, peças para forjarias, hastes de aterramento, grades etc.	Barra Redonda, Barra Quadrada, Barras Trefiladas, Fio-Máquina.
SAE 1045	Aço Médio Carbono.	Eixos de máquinas em geral, tirantes, peças para máquinas e implementos agrícolas; barras trefiladas, peças forjadas, parafusos etc.	Barra Redonda, Barras Trefiladas, Barra Chata.
SAE 5160	Aço Alto Carbono e Baixa Liga.	Facas para Implementos Agrícolas e equipamentos em usinas de cana-de-açúcar.	Barra Chata, Barra Redonda.

Tabela de Composição Química Referencial										
Norma	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)	Cr (%)	Ni (%)	Sn (%)	N2 (ppm)
SAE 1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.10-0.20	0.030 máx.	0.035 máx.	0.20 máx.	0.15 máx.	0.15 máx.	0.060 máx.	80
SAE 1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.15-0.30	0.030 máx.	0.035 máx.	0.20 máx.	0.15 máx.	0.15 máx.	0.060 máx.	100
SAE 5160	0.56-0.64	0.75-1.00	0.15-0.30	0.025 máx.	0.020 máx.		0.70-0.90			

Além dos aços acima citados, das linhas ASTM e SAE, podemos produzir outras qualidades mediante consulta.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS: LEGENDA

b	b <sub>r</sub>	d	t	t <sub>r</sub>	t <sub>w</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub> = W <sub>y</sub>	r <sub>x</sub> = r <sub>y</sub>	r <sub>g</sub> mín.	x
Largura da aba da Cantoneira.	Largura da mesa dos Perfis U, I e T.	Altura total da seção transversal dos Perfis U, I e T.	Espessura da aba da Cantoneira.	Espessura média da aba dos Perfis I e U e espessura da aba do Perfil T.	Espessura da alma dos Perfis I, U e T.	Momento de inércia.	Módulo de resistência.	Raio de giração.	Raio de giração (U.I.)	Distância do raio de giração.

Fonte: (CATÁLOGO BARRAS E PERFIS GERDAU, 2011)

## ANEXO B

### Manual de Instruções e Operações



# manual de instruções e Operações

Software: SSA Seleção de Materiais

## TELA INICIAL

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

### SSA Seleção de Materiais



## CADASTRAR NOVO MATERIAL

A partir da tela inicial o cadastro de um novo material pode ser realizado clicando na opção CADASTRAR NOVO MATERIAL.

Uma nova tela se abre para que o usuário insira as informações e dados exigidos pelo software. Nesta tela é importante atender as duas dicas fornecidas.

1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo  $2200 = 2.2e4$  ou  $450000000 = 4.5e8$ , em que o “e” representa a potência de base 10.
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como “indiferente”. O programa não irá considerar esses casos.

### SSA Seleção de Materiais

**Dicas:**

1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo  $2200 = 2.2e4$  ou  $450000000 = 4.5e8$ , em que o “e” representa a potência de base 10.
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como “indiferente”. O programa não irá considerar esses casos.

Nome:	Classe	Densidade min (kg/m <sup>3</sup> )
<input type="text"/>	Metal	<input type="text"/>
Densidade max (kg/m <sup>3</sup> )	Modulo de Young min (Pa)	Modulo de Young max (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modulo de Cisalhamento min (Pa)	Modulo de Cisalhamento max (Pa)	Modulo bulk min (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modulo bulk max (Pa)	Raio de Poisson min	Raio de Poisson max
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Dureza min (Pa)	Dureza max (Pa)	Limite elástico min (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Após todas as informações invasora inseridas, o cadastro do novo material se concluirá clicando no botão **CADASTRAR**, localizado no final da mesma página.

Producao de CO2 max (Kg/Kg)	Reciclável	Ciclo de baixa
<input type="text"/>	Sim	Sim
Biodegradável	Incinerável	Aterro
Sim	Sim	Sim
Fonte renovável	Formabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)	Formabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)
Sim	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Macnabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)	Macnabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)	Soldabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Soldabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)	Durabilidade em inflamabilidade	Durabilidade em agua fresca
<input type="text"/>	Ruim	Ruim
Durabilidade em agua marinha	Durabilidade em acido fraco	Durabilidade em acido forte
Ruim	Ruim	Ruim
Durabilidade em alcalis fraco	Durabilidade em alcalis forte	Durabilidade em solvente orgânico
Ruim	Ruim	Ruim
Durabilidade UV	Durabilidade em Oxidacao a 500C	
Ruim	Ruim	

**Cadastrar**

Desenvolvimento 2016 - 2017  
Versão 0.1 Beta  
Aviso de falhas - evandro@evandrobs.com



## LISTA DE MATERIAIS

A partir da tela inicial o acesso a lista dos materiais armazenados no banco de dados do software pode ser realizado clicando na opção **LISTA DE MATERIAIS**.

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

## SSA Seleção de Materiais










CADASTRAR NOVO MATERIAL

Nome	Classe	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Young (Pa)	Módulo de Cisalhamento (Pa)	Módulo Bulk (Pa)	Raio de Poisson	Dureza (Pa)	Limite Elástico (Pa)	Força Tênsil (Pa)	Força Compressiva (Pa)	Elongação (%)
Aço Carbono   	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	77000000000 a 84000000000	155000000000 a 175000000000	0.285 a 0.295	1569000000 a 6374000000	400000000 a 1155000000	550000000 a 1640000000	335000000 a 1155000000	7 a 30
Aço Carbono Leve   	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	79000000000 a 84000000000	158000000000 a 175000000000	0.285 a 0.295	1054000000 a 1692000000	250000000 a 395000000	345000000 a 580000000	250000000 a 395000000	26 a 47
Aço Carbono Médio   	metal	7800 a 7900	200000000000 a 216000000000	77000000000 a 85000000000	158000000000 a 170000000000	0.285 a 0.295	1177000000 a 5541000000	305000000 a 900000000	410000000 a 1200000000	305000000 a 1755000000	4 a 39

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 (SI) e que existe uma escala de classificação para a processabilidade do material variando de 1 para impraticável à 5 excelente.

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 “ CADASTRAR MATERIAL”, localizado no topo da mesma.

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” e “ pesquisa”, localizados logo abaixo do nome de cada material.

Aço Carbono	  
Aço Carbono Leve	  
Aço Carbono Médio	  

### SELEÇÃO DE MATERIAIS

A partir da tela inicial a seleção de um material qualquer através dos dados armazenado no banco de dados pode ser realizada clicando na opção SELEÇÃO DE MATERIAIS.

### SSA Seleção de Materiais

Digite os dados que deseja

Propriedades Mecânicas

Densidade ( $\text{kg/m}^3$ )	Modulo de Young (Pa)	Modulo de Cisalhamento (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modulo bulk (Pa)	Raio de Poisson	Dureza (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Limite elástico (Pa)	Força tênsil (Pa)	Força compressiva (Pa)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Elongação (%)	Limite de resistência (Pa)	Resistência a fratura ( $\text{Pa.m}^{1/2}$ )
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coefficiente de perda		
<input type="text"/>		

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. Informações desconhecidas ou não necessárias deverão seus espaços permanecerem em branco.

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

Cabe ao usuário correto preenchimento, respeitando as unidades e postos estabelecidos pelo desenvolvedor do software.

Processabilidade

Formabilidade "Escala 1 (Impraticável) a 5 (Excelente)"	Macnabilidade "Escala 1 (Impraticável) a 5 (Excelente)"	Soldabilidade "Escala 1 (Impraticável) a 5 (Excelente)"
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Durabilidade

Durabilidade em inflamabilidade	Durabilidade em água fresca	Durabilidade em água marinha
<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>
Durabilidade em ácido fraco	Durabilidade em ácido forte	Durabilidade em alcalis fraco
<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>
Durabilidade em alcalis forte	Durabilidade em solvente orgânico	Durabilidade UV
<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>	<input type="text" value="Indiferente"/>
Durabilidade em Oxidação a 500C		
<input type="text" value="Indiferente"/>		

[Selecionar](#)

Dicas:

1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo 2200 = 2.2e4 ou 450000000=4.5e8, em que o "e" representa a potência de base 10.
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como "Indiferente". O programa não irá considerar esses casos.

Desenvolvimento 2016 - 2017  
Versão 0.1 Beta  
Aviso de falhas - evandro@evandrobs.com

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

### SSA Seleção de Materiais

Aço Carbono 🔍
Aço Carbono Leve 🔍
Aço Carbono Médio 🔍
Aço Inoxidável 🔍
Bronze 🔍

Ao clicar na lupa que se encontra ao lado do nome dos materiais selecionados, o usuário tem a opção de navegar pela internet para pesquisar mais informações sobre o material.

## ANEXO C

### Código Fonte

```

////////////////////////////////////
///
///
///PROGRAMA SSA SELECAO DE MATERIAIS 2017
///
///
///
///
///
<?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<br>
<form method="POST" action="envia_cadastro_material.php">
<?php include ("campos_inclui_material.php"); ?>
<br><br><br>
<div class="box col-md-12"><input type="submit" value="Cadastrar" class="btn btninfo"></div>
</form>
</table>
</table>
<?php include "rodape.php"; ?><?php include "dicas.php"?>
<div class="box col-md-4">Nome:<br><input type="text" class="form-control"
size="40" name="nome" value="<?php echo $nome ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Classe <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="classe">
<option <?php if ($classe=="metal"){echo "selected ";}?> value="metal">Metal</
option>
<option <?php if ($classe=="ceramico"){echo "selected ";}?>
value="ceramico">Cerâmico</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Densidade min (kg/m^3)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="densidade_1" value="<?php echo
$densidade_1 ?>"></div>

```



```

<div class="box col-md-4"> Densidade max (kg/m^3)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="densidade_2" value="<?php echo
$densidade_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Young min (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_de_young_1" value="<?php echo
$modulo_de_young_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Young max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_de_young_2" value="<?php echo
$modulo_de_young_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Cisalhamento min (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="modulo_shear_1" value="<?
php echo $modulo_shear_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Cisalhamento max (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="modulo_shear_2" value="<?
php echo $modulo_shear_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo bulk min (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_bulk_1" value="<?php echo
$modulo_bulk_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo bulk max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_bulk_2" value="<?php echo
$modulo_bulk_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Raio de Poisson min <br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="raio_de_poisson_1" value="<?php echo
$raio_de_poisson_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Raio de Poisson max <br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="raio_de_poisson_2" value="<?php echo
$raio_de_poisson_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Dureza min (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="dureza_1" value="<?php echo
$dureza_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Dureza max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="dureza_2" value="<?php echo
$dureza_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Limite elástico min (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="limite_elastico_1" value="<?php echo
$limite_elastico_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Limite elástico max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="limite_elastico_2" value="<?php echo
$limite_elastico_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Força tênsil min (Pa)<br><input type="text"

```

```

class="form-control" size="40" name="forca_tensil_1" value="<?php echo
$forca_tensil_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Força tênsil max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="forca_tensil_2" value="<?php echo
$forca_tensil_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Força compressiva min (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="forca_compressiva_1" value="<?php
echo $forca_compressiva_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Força compressiva max (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="forca_compressiva_2" value="<?php
echo $forca_compressiva_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Elongação min (%)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="elongacao_1" value="<?php echo
$elongacao_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Elongação max (%)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="elongacao_2" value="<?php echo
$elongacao_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Limite de resistência min (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="limite_de_resistencia_1"
value="<?php echo $limite_de_resistencia_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Limite de resistência max (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="limite_de_resistencia_2"
value="<?php echo $limite_de_resistencia_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Resistência a fratura min
(Pa.m1/2)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="resistencia_a_fratura_1" value="<?php echo
$resistencia_a_fratura_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Resistência a fratura max
(Pa.m1/2)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="resistencia_a_fratura_2" value="<?php echo
$resistencia_a_fratura_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Coeficiente de perda min <br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="coeficiente_de_perda_1"
value="<?php echo $coeficiente_de_perda_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Coeficiente de perda max <br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="coeficiente_de_perda_2"
value="<?php echo $coeficiente_de_perda_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Condutor térmico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="condutor_termico">

```

```

<option <?php if ($condutor_termico=="Bom Condutor"){echo "selected ";}?>
value="Bom Condutor">Bom Condutor</option>
<option <?php if ($condutor_termico=="Mal Condutor"){echo "selected ";}?>
value="Mal Condutor">Mal Condutor</option>
<option <?php if ($condutor_termico=="Nao Condutor"){echo "selected ";}?>
value="Nao Condutor">Não Condutor</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Condutividade termica min (W/m.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="condutividade_termica_1"
value="<?php echo $condutividade_termica_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Condutividade termica max (W/m.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="condutividade_termica_2"
value="<?php echo $condutividade_termica_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Expansão térmica min (μstrain/K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="expansao_termica_1" value="<?
php echo $expansao_termica_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Expansão térmica max (μstrain/K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="expansao_termica_2" value="<?
php echo $expansao_termica_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Capacidade térmica min (J/kg.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="capacidade_termica_1" value="<?
php echo $capacidade_termica_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Capacidade térmica max (J/kg.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="capacidade_termica_2" value="<?
php echo $capacidade_termica_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Ponto de fusão min (K)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="ponto_fusao_1" value="<?php echo
$ponto_fusao_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Ponto de fusão max (K)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="ponto_fusao_2" value="<?php echo
$ponto_fusao_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Temperatura máxima de Serviço min
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_maxima_1" value="<?php echo $temperatura_maxima_1 ?
>"></div>
<div class="box col-md-4"> Temperatura máxima de serviço max
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_maxima_2" value="<?php echo $temperatura_maxima_2 ?
>"></div>

```

```

<div class="box col-md-4"> Temperatura Mínima de serviço min
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_minima_1" value="<?php echo $temperatura_minima_1 ?
">"></div>

<div class="box col-md-4"> Temperatura Mínima de serviço max
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_minima_2" value="<?php echo $temperatura_minima_2 ?
">"></div>

<div class="box col-md-4"> Condutor elétrico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="condutor_eletrico">
<option <?php if ($condutor_eletrico=="Bom Condutor"){echo "selected ";}>
value="Bom Condutor">Bom Condutor</option>
<option <?php if ($condutor_eletrico=="Nao Condutor"){echo "selected ";}>
value="Nao Condutor">Nao Condutor</option>
</select>
</div>

<div class="box col-md-4"> Resistividade min (ohm.m)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="resistividade_1" value="<?
php echo $resistividade_1 ?>"></div>

<div class="box col-md-4"> Resistividade max (ohm.m)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="resistividade_2" value="<?
php echo $resistividade_2 ?>"></div>

<div class="box col-md-4"> Transparência <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="transparencia">
<option <?php if ($transparencia=="Opaco"){echo "selected ";}>
value="Opaco">Opaco</option>
<option <?php if ($transparencia=="Transparente"){echo "selected ";}>
value="Transparente">Transparente</option>
</select>
</div>

<div class="box col-md-4"> Producao de energia min (J/kg)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="producao_energia_1" value="<?
php echo $producao_energia_1 ?>"></div>

<div class="box col-md-4"> Producao de energia max (J/kg)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="producao_energia_2" value="<?
php echo $producao_energia_2 ?>"></div>

<div class="box col-md-4"> Producao de CO2 min (Kg/Kg)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="producao_co2_1" value="<?

```

```

php echo $producao_co2_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Producao de CO2 max (Kg/Kg)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="producao_co2_2" value="<?
php echo $producao_co2_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Reciclável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="reciclavel">
<option <?php if ($reciclavel=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</
option>
<option <?php if ($reciclavel=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</
option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Ciclo de baixa <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="ciclo_de_baixa">
<option <?php if ($ciclo_de_baixa=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</
option>
<option <?php if ($ciclo_de_baixa=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</
option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Biodegradável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="biodegradavel">
<option <?php if ($biodegradavel=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</
option>
<option <?php if ($biodegradavel=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</
option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Incinerável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="incineravel">
<option <?php if ($incineravel=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</
option>
<option <?php if ($incineravel=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</
option>
</select>
</div>

```

```

<div class="box col-md-4"> Aterro <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="aterro">
<option <?php if ($aterro=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</option>
<option <?php if ($aterro=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Fonte renovavel <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="fonte_renovavel">
<option <?php if ($fonte_renovavel=="Sim"){echo "selected ";}?> value="Sim">Sim</
option>
<option <?php if ($fonte_renovavel=="Nao"){echo "selected ";}?> value="Nao">Não</
option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Formabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="formabilidade_1" value="<?php echo $formabilidade_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Formabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="formabilidade_2" value="<?php echo $formabilidade_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Macnabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="macnabilidade_1" value="<?php echo $macnabilidade_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Macnabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="macnabilidade_2" value="<?php echo $macnabilidade_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Soldabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="soldabilidade_1" value="<?php echo $soldabilidade_1 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Soldabilidade max *Escala 1(Impraticável) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="soldabilidade_2" value="<?php echo $soldabilidade_2 ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em flamabilidade <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_flamabilidade">
<option <?php if ($durabilidade_flamabilidade=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_flamabilidade=="Medio"){echo "selected ";}?>

```

```

value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_flamabilidade=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_flamabilidade=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em agua fresca <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_agua_fresca">
<option <?php if ($durabilidade_agua_fresca=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_fresca=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_fresca=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_fresca=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em agua marinha <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_agua_marinha">
<option <?php if ($durabilidade_agua_marinha=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_marinha=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_marinha=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_agua_marinha=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em acido fraco <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_acido_fraco">
<option <?php if ($durabilidade_acido_fraco=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_acido_fraco=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>

```

```

<option <?php if ($durabilidade_acido_fraco=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_acido_fraco=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em acido forte <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_acido_forte">
<option <?php if ($durabilidade_acido_forte=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_acido_forte=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_acido_forte=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_acido_forte=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em alcalis fraco <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_alcalis_fraco">
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_fraco=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_fraco=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_fraco=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_fraco=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em alcalis forte <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_alcalis_forte">
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_forte=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_forte=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_forte=="Bom"){echo "selected ";}?>

```



```

value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_alcalis_forte=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em solvente orgânico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_solvente_organico">
<option <?php if ($durabilidade_solvente_organico=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_solvente_organico=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_solvente_organico=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>
<option <?php if ($durabilidade_solvente_organico=="Muito Bom"){echo "selected
";}?> value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade UV <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_uv">
<option <?php if ($durabilidade_uv=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_uv=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_uv=="Bom"){echo "selected ";}?> value="Bom">Bom</
option>
<option <?php if ($durabilidade_uv=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em Oxidacao a 500C <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_oxidacao_500c">
<option <?php if ($durabilidade_oxidacao_500c=="Ruim"){echo "selected ";}?>
value="Ruim">Ruim</option>
<option <?php if ($durabilidade_oxidacao_500c=="Medio"){echo "selected ";}?>
value="Medio">Médio</option>
<option <?php if ($durabilidade_oxidacao_500c=="Bom"){echo "selected ";}?>
value="Bom">Bom</option>

```

```

<option <?php if ($durabilidade_oxidacao_500c=="Muito Bom"){echo "selected ";}?>
value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<?php
/**
 * PHP e MySQL para iniciantes
 *
 * Arquivo que faz a conexão com o banco de dados utilizando MySQLi
 *
 * PHP 5+, MySQL 4.1+
 *
 * @author Thiago Belem <contato@thiagobelem.net>
 * @link http://blog.thiagobelem.net/mysql/php-e-mysql-para-iniciantes-consultasimples/
 */
// Dados de acesso ao servidor MySQL
$MySQL = array(
'servidor' => '127.0.0.1', // Endereço do servidor
'usuario' => '', // Usuário
'senha' => '', // Senha
'banco' => '' // Nome do banco de dados
);
$MySQLi = new MySQLi($MySQL['servidor'], $MySQL['usuario'], $MySQL['senha'], $MySQL
['banco']);
// Verifica se ocorreu um erro e exibe a mensagem de erro
if (mysqli_connect_errno())
    trigger_error(mysqli_connect_error(), E_USER_ERROR);
?>
<?php
// Emular register_globals on
if (!ini_get("register_globals")) {
$superglobals = array($_SERVER, $_ENV,
$_FILES, $_COOKIE, $_POST, $_GET);
if (isset($_SESSION)) {
array_unshift($superglobals, $_SESSION);
}
foreach ($superglobals as $superglobal) {
extract($superglobal, EXTR_SKIP);
}
}
}

```

```

// ini_set('display_errors',1);
// ini_set('display_startup_errors',1);
// error_reporting(E_ALL);
?><?php
$sql_verifica = "SELECT *
FROM `materiais` AS item_material
WHERE item_material.`nome` = '$nome'
ORDER BY item_material.`nome` ASC";
$resultado_verifica = $mysqli->query($sql_verifica) OR trigger_error($mysqli-
>error, E_USER_ERROR);
while ($item_material = $resultado_verifica->fetch_object()) {
$id = $item_material-> id ;
$nome = $item_material-> nome ;
$classe = $item_material-> classe ;
$densidade_1 = $item_material-> densidade_1 ;
$densidade_2 = $item_material-> densidade_2 ;
$preco = $item_material-> preco ;
$modulo_de_young_1 = $item_material-> modulo_de_young_1 ;
$modulo_de_young_2 = $item_material-> modulo_de_young_2 ;
$modulo_shear_1 = $item_material-> modulo_shear_1 ;
$modulo_shear_2 = $item_material-> modulo_shear_2 ;
$modulo_bulk_1 = $item_material-> modulo_bulk_1 ;
$modulo_bulk_2 = $item_material-> modulo_bulk_2 ;
$raio_de_poisson_1 = $item_material-> raio_de_poisson_1 ;
$raio_de_poisson_2 = $item_material-> raio_de_poisson_2 ;
$dureza_1 = $item_material-> dureza_1 ;
$dureza_2 = $item_material-> dureza_2 ;
$limite_elastico_1 = $item_material-> limite_elastico_1 ;
$limite_elastico_2 = $item_material-> limite_elastico_2 ;
$forca_tensil_1 = $item_material-> forca_tensil_1 ;
$forca_tensil_2 = $item_material-> forca_tensil_2 ;
$forca_compressiva_1 = $item_material-> forca_compressiva_1 ;
$forca_compressiva_2 = $item_material-> forca_compressiva_2 ;
$elongacao_1 = $item_material-> elongacao_1 ;
$elongacao_2 = $item_material-> elongacao_2 ;
$limite_de_resistencia_1 = $item_material-> limite_de_resistencia_1 ;
$limite_de_resistencia_2 = $item_material-> limite_de_resistencia_2 ;
$resistencia_a_fatiga_1 = $item_material-> resistencia_a_fatiga_1 ;
$resistencia_a_fatiga_2 = $item_material-> resistencia_a_fatiga_2 ;
$coeficiente_de_perda_1 = $item_material-> coeficiente_de_perda_1 ;

```

```

$coeficiente_de_perda_2 =$item_material-> coeficiente_de_perda_2 ;
$condutor_termico =$item_material-> condutor_termico ;
$condutividade_termica_1 =$item_material-> condutividade_termica_1 ;
$condutividade_termica_2 =$item_material-> condutividade_termica_2 ;
$expansao_termica_1 =$item_material-> expansao_termica_1 ;
$expansao_termica_2 =$item_material-> expansao_termica_2 ;
$capacidade_termica_1 =$item_material-> capacidade_termica_1 ;
$capacidade_termica_2 =$item_material-> capacidade_termica_2 ;
$ponto_fusao_1 =$item_material-> ponto_fusao_1 ;
$ponto_fusao_2 =$item_material-> ponto_fusao_2 ;
$temperatura_maxima_1 =$item_material-> temperatura_maxima_1 ;
$temperatura_maxima_2 =$item_material-> temperatura_maxima_2 ;
$temperatura_minima_1 =$item_material-> temperatura_minima_1 ;
$temperatura_minima_2 =$item_material-> temperatura_minima_2 ;
$condutor_eletrico =$item_material-> condutor_eletrico ;
$resistividade_1 =$item_material-> resistividade_1 ;
$resistividade_2 =$item_material-> resistividade_2 ;
$transparencia =$item_material-> transparencia ;
$producao_energia_1 =$item_material-> producao_energia_1 ;
$producao_energia_2 =$item_material-> producao_energia_2 ;
$producao_co2_1 =$item_material-> producao_co2_1 ;
$producao_co2_2 =$item_material-> producao_co2_2 ;
$reciclavel =$item_material-> reciclavel ;
$ciclo_de_baixa =$item_material-> ciclo_de_baixa ;
$biodegradavel =$item_material-> biodegradavel ;
$incineravel =$item_material-> incineravel ;
$aterro =$item_material-> aterro ;
$fonte_renovavel =$item_material-> fonte_renovavel ;
$formabilidade_1 =$item_material-> formabilidade_1 ;
$formabilidade_2 =$item_material-> formabilidade_2 ;
$macnabilidade_1 =$item_material-> macnabilidade_1 ;
$macnabilidade_2 =$item_material-> macnabilidade_2 ;
$soldabilidade_1 =$item_material-> soldabilidade_1 ;
$soldabilidade_2 =$item_material-> soldabilidade_2 ;
$durabilidade_flamabilidade =$item_material->
durabilidade_flamabilidade ;
$durabilidade_agua_fresca =$item_material->
durabilidade_agua_fresca ;
$durabilidade_agua_marinha =$item_material->
durabilidade_agua_marinha ;

```



```

$resultado_verifica = $mysqli->query($sql_verifica) OR trigger_error($mysqli-
>error, E_USER_ERROR);
    echo "<div align='center' class='alert alert-success'><strong>Excluído com
Sucesso!</strong></div>";
?>
<?php include "rodape.php"; ?>
<meta http-equiv="refresh" content="1; url=ver_materiais.php"><div class="box colmd-12">
Dicas:<br>
1. Para inserção de números grandes utilize a notação conforme o exemplo 2200 =
2.2e4 ou 450000000=4.5e8, em que o "e" representa a potência de base 10.<br>
2. Propriedades que não sejam desejadas, mantenha em branco ou selecionado como
"indiferente". O programa não irá considerar esses casos.<br>
<br><br>
</div><?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<?php include "consulta_material.php"; ?>
<form method="POST" action="envia_editado_material.php">
<?php include ("campos_inclui_material.php"); ?>
<br>
<div class="box col-md-12"><input type="submit" value="Cadastrar" class="btn btninfo"></div>
</form>
<?php include "rodape.php"; ?><?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<?php
$sql_verifica = "SELECT *
FROM `materiais` AS item_material
WHERE item_material.`nome` = '$nome'
ORDER BY item_material.`nome` DESC";
$resultado_verifica = $mysqli->query($sql_verifica) OR trigger_error($mysqli-
>error, E_USER_ERROR);
while ($item_material = $resultado_verifica->fetch_object())
{$busca0=$item_material->nome;}
if($busca0){echo "Material já cadastrado, tente novamente.";}else{
$sql = "INSERT INTO `materiais` (

```

`id`,  
`nome`,  
`classe`,  
`densidade\_1`,  
`densidade\_2`,  
`modulo\_de\_young\_1`,  
`modulo\_de\_young\_2`,  
`modulo\_shear\_1`,  
`modulo\_shear\_2`,  
`modulo\_bulk\_1`,  
`modulo\_bulk\_2`,  
`raio\_de\_poisson\_1`,  
`raio\_de\_poisson\_2`,  
`dureza\_1`,  
`dureza\_2`,  
`limite\_elastico\_1`,  
`limite\_elastico\_2`,  
`forca\_tensil\_1`,  
`forca\_tensil\_2`,  
`forca\_compressiva\_1`,  
`forca\_compressiva\_2`,  
`elongacao\_1`,  
`elongacao\_2`,  
`limite\_de\_resistencia\_1`,  
`limite\_de\_resistencia\_2`,  
`resistencia\_a\_fratuira\_1`,  
`resistencia\_a\_fratuira\_2`,  
`coeficiente\_de\_perda\_1`,  
`coeficiente\_de\_perda\_2`,  
`condutor\_termico`,  
`condutividade\_termica\_1`,  
`condutividade\_termica\_2`,  
`expansao\_termica\_1`,  
`expansao\_termica\_2`,  
`capacidade\_termica\_1`,  
`capacidade\_termica\_2`,  
`ponto\_fusao\_1`,  
`ponto\_fusao\_2`,  
`temperatura\_maxima\_1`,  
`temperatura\_maxima\_2`,

```

`temperatura_minima_1`,
`temperatura_minima_2`,
`condutor_eletrico`,
`resistividade_1`,
`resistividade_2`,
`transparencia`,
`producao_energia_1`,
`producao_energia_2`,
`producao_co2_1`,
`producao_co2_2`,
`reciclavel`,
`ciclo_de_baixa`,
`biodegradavel`,
`incineravel`,
`aterro`,
`fonte_renovavel`,
`formabilidade_1`,
`formabilidade_2`,
`macnabilidade_1`,
`macnabilidade_2`,
`soldabilidade_1`,
`soldabilidade_2`,
`durabilidade_flamabilidade`,
`durabilidade_agua_fresca`,
`durabilidade_agua_marinha`,
`durabilidade_acido_fraco`,
`durabilidade_acido_forte`,
`durabilidade_alcalis_fraco`,
`durabilidade_alcalis_forte`,
`durabilidade_solvente_organico`,
`durabilidade_uv`,
`durabilidade_oxidacao_500c`
)
VALUES (
NULL,
'$nome',
'$classe',
'$densidade_1',
'$densidade_2',
'$modulo_de_young_1',

```



'\$modulo\_de\_young\_2',  
'\$modulo\_shear\_1',  
'\$modulo\_shear\_2',  
'\$modulo\_bulk\_1',  
'\$modulo\_bulk\_2',  
'\$raio\_de\_poisson\_1',  
'\$raio\_de\_poisson\_2',  
'\$dureza\_1',  
'\$dureza\_2',  
'\$limite\_elastico\_1',  
'\$limite\_elastico\_2',  
'\$forca\_tensil\_1',  
'\$forca\_tensil\_2',  
'\$forca\_compressiva\_1',  
'\$forca\_compressiva\_2',  
'\$elongacao\_1',  
'\$elongacao\_2',  
'\$limite\_de\_resistencia\_1',  
'\$limite\_de\_resistencia\_2',  
'\$resistencia\_a\_fatura\_1',  
'\$resistencia\_a\_fatura\_2',  
'\$coeficiente\_de\_perda\_1',  
'\$coeficiente\_de\_perda\_2',  
'\$condutor\_termico',  
'\$condutividade\_termica\_1',  
'\$condutividade\_termica\_2',  
'\$expansao\_termica\_1',  
'\$expansao\_termica\_2',  
'\$capacidade\_termica\_1',  
'\$capacidade\_termica\_2',  
'\$ponto\_fusao\_1',  
'\$ponto\_fusao\_2',  
'\$temperatura\_maxima\_1',  
'\$temperatura\_maxima\_2',  
'\$temperatura\_minima\_1',  
'\$temperatura\_minima\_2',  
'\$condutor\_eletrico',  
'\$resistividade\_1',  
'\$resistividade\_2',  
'\$transparencia',

```

'$producao_energia_1',
'$producao_energia_2',
'$producao_co2_1',
'$producao_co2_2',
'$reciclavel',
'$ciclo_de_baixa',
'$biodegradavel',
'$incineravel',
'$aterro',
'$fonte_renovavel',
'$formabilidade_1',
'$formabilidade_2',
'$macnabilidade_1',
'$macnabilidade_2',
'$soldabilidade_1',
'$soldabilidade_2',
'$durabilidade_flamabilidade',
'$durabilidade_agua_fresca',
'$durabilidade_agua_marinha',
'$durabilidade_acido_fraco',
'$durabilidade_acido_forte',
'$durabilidade_alcalis_fraco',
'$durabilidade_alcalis_forte',
'$durabilidade_solvente_organico',
'$durabilidade_uv',
'$durabilidade_oxidacao_500c'
)";
$resultado = $MySQLi->query($sql) OR trigger_error($MySQLi->error, E_USER_ERROR);
}
////////////////////
echo "<div class=\"alert alert-success\"><strong>Cadastro realizado com sucesso!</strong></div> ";
?>
<?php include "rodape.php"; ?>
<meta http-equiv="refresh" content="1; url=ver_materiais.php">
<?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>

```

```

<?php
$sql = "UPDATE `materiais` SET
nome='$nome',
classe='$classe',
densidade_1='$densidade_1',
densidade_2='$densidade_2',
modulo_de_young_1='$modulo_de_young_1',
modulo_de_young_2='$modulo_de_young_2',
modulo_shear_1='$modulo_shear_1',
modulo_shear_2='$modulo_shear_2',
modulo_bulk_1='$modulo_bulk_1',
modulo_bulk_2='$modulo_bulk_2',
raio_de_poisson_1='$raio_de_poisson_1',
raio_de_poisson_2='$raio_de_poisson_2',
dureza_1='$dureza_1',
dureza_2='$dureza_2',
limite_elastico_1='$limite_elastico_1',
limite_elastico_2='$limite_elastico_2',
forca_tensil_1='$forca_tensil_1',
forca_tensil_2='$forca_tensil_2',
forca_compressiva_1='$forca_compressiva_1',
forca_compressiva_2='$forca_compressiva_2',
elongacao_1='$elongacao_1',
elongacao_2='$elongacao_2',
limite_de_resistencia_1='$limite_de_resistencia_1',
limite_de_resistencia_2='$limite_de_resistencia_2',
resistencia_a_fratura_1='$resistencia_a_fratura_1',
resistencia_a_fratura_2='$resistencia_a_fratura_2',
coeficiente_de_perda_1='$coeficiente_de_perda_1',
coeficiente_de_perda_2='$coeficiente_de_perda_2',
condutor_termico='$condutor_termico',
condutividade_termica_1='$condutividade_termica_1',
condutividade_termica_2='$condutividade_termica_2',
expansao_termica_1='$expansao_termica_1',
expansao_termica_2='$expansao_termica_2',
capacidade_termica_1='$capacidade_termica_1',
capacidade_termica_2='$capacidade_termica_2',
ponto_fusao_1='$ponto_fusao_1',
ponto_fusao_2='$ponto_fusao_2',
temperatura_maxima_1='$temperatura_maxima_1',

```

```

temperatura_maxima_2='$temperatura_maxima_2',
temperatura_minima_1='$temperatura_minima_1',
temperatura_minima_2='$temperatura_minima_2',
condutor_eletrico='$condutor_eletrico',
resistividade_1='$resistividade_1',
resistividade_2='$resistividade_2',
transparencia='$transparencia',
producao_energia_1='$producao_energia_1',
producao_energia_2='$producao_energia_2',
producao_co2_1='$producao_co2_1',
producao_co2_2='$producao_co2_2',
reciclavel='$reciclavel',
ciclo_de_baixa='$ciclo_de_baixa',
biodegradavel='$biodegradavel',
incineravel='$incineravel',
aterro='$aterro',
fonte_renovavel='$fonte_renovavel',
formabilidade_1='$formabilidade_1',
formabilidade_2='$formabilidade_2',
macnabilidade_1='$macnabilidade_1',
macnabilidade_2='$macnabilidade_2',
soldabilidade_1='$soldabilidade_1',
soldabilidade_2='$soldabilidade_2',
durabilidade_flamabilidade='$durabilidade_flamabilidade',
durabilidade_agua_fresca='$durabilidade_agua_fresca',
durabilidade_agua_marinha='$durabilidade_agua_marinha',
durabilidade_acido_fraco='$durabilidade_acido_fraco',
durabilidade_acido_forte='$durabilidade_acido_forte',
durabilidade_alcalis_fraco='$durabilidade_alcalis_fraco',
durabilidade_alcalis_forte='$durabilidade_alcalis_forte',
durabilidade_solvente_organico='$durabilidade_solvente_organico',
durabilidade_uv='$durabilidade_uv',
durabilidade_oxidacao_500c='$durabilidade_oxidacao_500c'
WHERE nome='$nome' ";
$resultado = $MySQLi->query($sql) OR trigger_error($MySQLi->error, E_USER_ERROR);
echo "<div align='center' class='alert alert-success'><strong>Editado
com Sucesso!</strong></div>";
?>
<?php include "rodape.php"; ?>
<meta http-equiv="refresh" content="1; url=ver_materiais.php"><?php //include

```

```

"protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<center>
<?php
// ini_set('display_errors',1);
// ini_set('display_startup_errors',1);
// error_reporting(E_ALL);
if($densidade){$sql_densidade=" and item_material.`densidade_1` <= '$densidade'
and item_material.`densidade_2` >= '$densidade'";}
if($dureza){$sql_dureza=" and item_material.`dureza_1` <= '$dureza' and
item_material.`dureza_2` >= '$dureza'";}
if($condutor_eletrico){$sql_condutor_eletrico=" and
item_material.`condutor_eletrico` = '$condutor_eletrico'";}
if($modulo_de_young){$sql_modulo_de_young=" and item_material.`modulo_de_young_1`
<= '$modulo_de_young' and item_material.`modulo_de_young_2` >=
'$modulo_de_young'";}
if($modulo_shear){$sql_modulo_shear=" and item_material.`modulo_shear_1` <=
'$modulo_shear' and item_material.`modulo_shear_2` >= '$modulo_shear'";}
if($modulo_bulk){$sql_modulo_bulk=" and item_material.`modulo_bulk_1` <=
'$modulo_bulk' and item_material.`dureza_2` >= '$modulo_bulk'";}
if($raio_de_poisson){$sql_raio_de_poisson=" and item_material.`raio_de_poisson_1`
<= '$raio_de_poisson' and item_material.`dureza_2` >= '$raio_de_poisson'";}
if($limite_elastico){$sql_limite_elastico=" and item_material.`limite_elastico_1`
<= '$limite_elastico' and item_material.`limite_elastico_2` >=
'$limite_elastico'";}
if($forca_tensil){$sql_forca_tensil=" and item_material.`forca_tensil_1` <=
'$forca_tensil' and item_material.`forca_tensil_2` >= '$forca_tensil'";}
if($forca_compressiva){$sql_forca_compressiva=" and
item_material.`forca_compressiva_1` <= '$forca_compressiva' and
item_material.`forca_compressiva_2` >= '$forca_compressiva'";}
if($elongacao){$sql_elongacao=" and item_material.`elongacao_1` <= '$elongacao'
and item_material.`elongacao_2` >= '$elongacao'";}
if($limite_de_resistencia){$sql_limite_de_resistencia=" and
item_material.`limite_de_resistencia_1` <= '$limite_de_resistencia' and
item_material.`limite_de_resistencia_2` >= '$limite_de_resistencia'";}
if($resistencia_a_fratu){$sql_resistencia_a_fratu=" and
item_material.`resistencia_a_fratu_1` <= '$resistencia_a_fratu' and

```

```

item_material.`resistencia_a_fratura_2` >= '$resistencia_a_fratura';}
if($coeficiente_de_perda){$sql_coeficiente_de_perda=" and
item_material.`coeficiente_de_perda_1` <= '$coeficiente_de_perda' and
item_material.`coeficiente_de_perda_2` >= '$coeficiente_de_perda';}
if($condutor_termico){$sql_termico=" and item_material.`condutor_termico` =
'$condutor_termico';}
if($condutividade_termica){$sql_condutividade_termica=" and
item_material.`condutividade_termica_1` <= '$condutividade_termica' and
item_material.`condutividade_termica_2` >= '$condutividade_termica';}
if($expansao_termica){$sql_expansao_termica=" and
item_material.`expansao_termica_1` <= '$expansao_termica' and
item_material.`expansao_termica_2` >= '$expansao_termica';}
if($capacidade_termica){$sql_capacidade_termica=" and
item_material.`capacidade_termica_1` <= '$capacidade_termica' and
item_material.`capacidade_termica_2` >= '$capacidade_termica';}
if($ponto_fusao){$sql_ponto_fusao=" and item_material.`ponto_fusao_1` <=
'$ponto_fusao' and item_material.`ponto_fusao_2` >= '$ponto_fusao';}
if($temperatura_maxima){$sql_temperatura_maxima=" and
item_material.`temperatura_maxima_1` <= '$temperatura_maxima' and
item_material.`temperatura_maxima_2` >= '$temperatura_maxima';}
if($temperatura_minima){$sql_temperatura_minima=" and
item_material.`temperatura_minima_1` <= '$temperatura_minima' and
item_material.`temperatura_minima_2` >= '$temperatura_minima';}
if($resistividade){$sql_resistividade=" and item_material.`resistividade_1` <=
'$resistividade' and item_material.`resistividade_2` >= '$resistividade';}
if($producao_energia){$sql_producao_energia=" and
item_material.`producao_energia_1` <= '$producao_energia' and
item_material.`producao_energia_2` >= '$producao_energia';}
if($producao_co2){$sql_producao_co2=" and item_material.`producao_co2_1` <=
'$producao_co2' and item_material.`producao_co2_2` >= '$producao_co2';}
if($transparencia){$sql_transparencia=" and item_material.`transparencia` =
'$transparencia';}
if($reciclavel){$sql_reciclavel=" and item_material.`reciclavel` = '$reciclavel';}
if($ciclo_de_baixa){$sql_ciclo_de_baixa=" and item_material.`ciclo_de_baixa` =
'$ciclo_de_baixa';}
if($biodegradavel){$sql_biodegradavel=" and item_material.`biodegradavel` =
'$biodegradavel';}
if($incineravel){$sql_incineravel=" and item_material.`incineravel` =
'$incineravel';}
if($aterro){$sql_aterro=" and item_material.`aterro` = '$aterro';}

```

```

if($fonte_renovavel){$sql_fonte_renovavel=" and item_material.`fonte_renovavel` =
'$fonte_renovavel'";}
if($durabilidade_flamabilidade){$sql_durabilidade_flamabilidade=" and
item_material.`durabilidade_flamabilidade` = '$durabilidade_flamabilidade'";}
if($durabilidade_agua_fresca){$sql_durabilidade_agua_fresca=" and
item_material.`durabilidade_agua_fresca` = '$durabilidade_agua_fresca'";}
if($durabilidade_agua_marinha){$sql_durabilidade_agua_marinha=" and
item_material.`durabilidade_agua_marinha` = '$durabilidade_agua_marinha'";}
if($durabilidade_acido_fraco){$sql_durabilidade_acido_fraco=" and
item_material.`durabilidade_acido_fraco` = '$durabilidade_acido_fraco'";}
if($durabilidade_acido_forte){$sql_durabilidade_acido_forte=" and
item_material.`durabilidade_acido_forte` = '$durabilidade_acido_forte'";}
if($durabilidade_alcalis_fraco){$sql_durabilidade_alcalis_fraco=" and
item_material.`durabilidade_alcalis_fraco` = '$durabilidade_alcalis_fraco'";}
if($durabilidade_alcalis_forte){$sql_durabilidade_alcalis_forte=" and
item_material.`durabilidade_alcalis_forte` = '$durabilidade_alcalis_forte'";}
if($durabilidade_solvente_organico){$sql_durabilidade_solvente_organico=" and
item_material.`durabilidade_solvente_organico` =
'$durabilidade_solvente_organico'";}
if($durabilidade_uv){$sql_durabilidade_uv=" and item_material.`durabilidade_uv` =
'$durabilidade_uv'";}
if($durabilidade_oxidacao_500c){$sql_durabilidade_oxidacao_500c=" and
item_material.`durabilidade_oxidacao_500c` = '$durabilidade_oxidacao_500c'";}
if($formabilidade){$sql_formabilidade=" and item_material.`formabilidade_1` <=
'$formabilidade' and item_material.`formabilidade_2` >= '$formabilidade'";}
if($macnabilidade){$sql_macnabilidade=" and item_material.`macnabilidade_1` <=
'$macnabilidade' and item_material.`macnabilidade_2` >= '$macnabilidade'";}
if($soldabilidade){$sql_soldabilidade=" and item_material.`soldabilidade_1` <=
'$soldabilidade' and item_material.`soldabilidade_2` >= '$soldabilidade'";}
$sql_verifica = "SELECT *
FROM `materiais` AS item_material
WHERE item_material.`id` > '1'
$sql_densidade
$sql_dureza
$sql_condutor_eletrico
$sql_modulo_de_young
$sql_modulo_shear
$sql_modulo_bulk
$sql_raio_de_poisson
$sql_limite_elastico

```

```

$sql_forca_tensil
$sql_forca_compressiva
$sql_elongacao
$sql_limite_de_resistencia
$sql_resistencia_a_fratura
$sql_coeficiente_de_perda
$sql_termico
$sql_condutividade_termica
$sql_expansao_termica
$sql_capacidade_termica
$sql_ponto_fusao
$sql_temperatura_maxima
$sql_temperatura_minima
$sql_resistividade
$sql_producao_energia
$sql_producao_co2
$sql_transparencia
$sql_reciclavel
$sql_ciclo_de_baixa
$sql_biodegradavel
$sql_incineravel
$sql_aterro
$sql_fonte_renovavel
$sql_durabilidade_flamabilidade
$sql_durabilidade_agua_fresca
$sql_durabilidade_agua_marinha
$sql_durabilidade_acido_fraco
$sql_durabilidade_acido_forte
$sql_durabilidade_alcalis_fraco
$sql_durabilidade_alcalis_forte
$sql_durabilidade_solvente_organico
$sql_durabilidade_uv
$sql_durabilidade_oxidacao_500c
$sql_formabilidade
$sql_macnabilidade
$sql_soldabilidade
ORDER BY item_material.`nome` ASC";
// echo "<br>$sql_verifica";
$resultado_verifica = $MySQLi->query($sql_verifica) OR trigger_error($MySQLi-
>error, E_USER_ERROR);

```



```

while ($item_material = $resultado_verifica->fetch_object()) {
$id =$item_material-> id ;
$nome =$item_material-> nome ;
$classe =$item_material-> classe ;
$densidade_1 =$item_material-> densidade_1 ;
$densidade_2 =$item_material-> densidade_2 ;
$preco =$item_material-> preco ;
$modulo_de_young_1 =$item_material-> modulo_de_young_1 ;
$modulo_de_young_2 =$item_material-> modulo_de_young_2 ;
$modulo_shear_1 =$item_material-> modulo_shear_1 ;
$modulo_shear_2 =$item_material-> modulo_shear_2 ;
$modulo_bulk_1 =$item_material-> modulo_bulk_1 ;
$modulo_bulk_2 =$item_material-> modulo_bulk_2 ;
$raio_de_poisson_1 =$item_material-> raio_de_poisson_1 ;
$raio_de_poisson_2 =$item_material-> raio_de_poisson_2 ;
$dureza_1 =$item_material-> dureza_1 ;
$dureza_2 =$item_material-> dureza_2 ;
$limite_elastico_1 =$item_material-> limite_elastico_1 ;
$limite_elastico_2 =$item_material-> limite_elastico_2 ;
$forca_tensil_1 =$item_material-> forca_tensil_1 ;
$forca_tensil_2 =$item_material-> forca_tensil_2 ;
$forca_compressiva_1 =$item_material-> forca_compressiva_1 ;
$forca_compressiva_2 =$item_material-> forca_compressiva_2 ;
$elongacao_1 =$item_material-> elongacao_1 ;
$elongacao_2 =$item_material-> elongacao_2 ;
$limite_de_resistencia_1 =$item_material-> limite_de_resistencia_1 ;
$limite_de_resistencia_2 =$item_material-> limite_de_resistencia_2 ;
$resistencia_a_fratu_1 =$item_material-> resistencia_a_fratu_1 ;
$resistencia_a_fratu_2 =$item_material-> resistencia_a_fratu_2 ;
$coeficiente_de_perda_1 =$item_material-> coeficiente_de_perda_1 ;
$coeficiente_de_perda_2 =$item_material-> coeficiente_de_perda_2 ;
$condutor_termico =$item_material-> condutor_termico ;
$condutividade_termica_1 =$item_material-> condutividade_termica_1 ;
$condutividade_termica_2 =$item_material-> condutividade_termica_2 ;
$expansao_termica_1 =$item_material-> expansao_termica_1 ;
$expansao_termica_2 =$item_material-> expansao_termica_2 ;
$capacidade_termica_1 =$item_material-> capacidade_termica_1 ;
$capacidade_termica_2 =$item_material-> capacidade_termica_2 ;
$ponto_fusao_1 =$item_material-> ponto_fusao_1 ;
$ponto_fusao_2 =$item_material-> ponto_fusao_2 ;

```

```

$temperatura_maxima_1 =$item_material-> temperatura_maxima_1 ;
$temperatura_maxima_2 =$item_material-> temperatura_maxima_2 ;
$temperatura_minima_1 =$item_material-> temperatura_minima_1 ;
$temperatura_minima_2 =$item_material-> temperatura_minima_2 ;
$condutor_eletrico =$item_material-> condutor_eletrico ;
$resistividade_1 =$item_material-> resistividade_1 ;
$resistividade_2 =$item_material-> resistividade_2 ;
$transparencia =$item_material-> transparencia ;
$producao_energia_1 =$item_material-> producao_energia_1 ;
$producao_energia_2 =$item_material-> producao_energia_2 ;
$producao_co2_1 =$item_material-> producao_co2_1 ;
$producao_co2_2 =$item_material-> producao_co2_2 ;
$reciclavel =$item_material-> reciclavel ;
$ciclo_de_baixa =$item_material-> ciclo_de_baixa ;
$biodegradavel =$item_material-> biodegradavel ;
$incineravel =$item_material-> incineravel ;
$aterro =$item_material-> aterro ;
$fonte_renovavel =$item_material-> fonte_renovavel ;
$formabilidade_1 =$item_material-> formabilidade_1 ;
$formabilidade_2 =$item_material-> formabilidade_2 ;
$macnabilidade_1 =$item_material-> macnabilidade_1 ;
$macnabilidade_2 =$item_material-> macnabilidade_2 ;
$soldabilidade_1 =$item_material-> soldabilidade_1 ;
$soldabilidade_2 =$item_material-> soldabilidade_2 ;
$durabilidade_flamabilidade =$item_material->
durabilidade_flamabilidade ;
$durabilidade_agua_fresca =$item_material->
durabilidade_agua_fresca ;
$durabilidade_agua_marinha =$item_material->
durabilidade_agua_marinha ;
$durabilidade_acido_fraco =$item_material->
durabilidade_acido_fraco ;
$durabilidade_acido_forte =$item_material->
durabilidade_acido_forte ;
$durabilidade_alcalis_fraco =$item_material->
durabilidade_alcalis_fraco ;
$durabilidade_alcalis_forte =$item_material->
durabilidade_alcalis_forte ;
$durabilidade_solvente_organico =$item_material->
durabilidade_solvente_organico ;

```

```

$durabilidade_uv =$item_material-> durabilidade_uv ;
$durabilidade_oxidacao_500c =$item_material->
durabilidade_oxidacao_500c ;
echo "<div class=\"alert alert-success\"><strong> $nome</strong> <a
href='https://www.google.com.br/#q=$nome' target='_blank'><span class='glyphicon
glyphicon-search text-info'></span></a></div><br>
";
}
?>
</center>
<?php include "rodape.php"; ?><html>
<head>
<title>SSA Seleção de Materiais</title>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="stylesheet" href="css/bootstrap.min.css">
<script src="jquery.min.js"></script>
<script src="js/bootstrap.min.js"></script>
</head>
<body>
<center>
<h1>SSA Seleção de Materiais</h1>
</center>
<body>
<div id="container">
<div id="form">
<?php
// ini_set('display_errors',1);
// ini_set('display_startup_errors',1);
// error_reporting(E_ALL);
include('config.db.php');
$i=0;
//Transferir o arquivo
if (isset($_POST['submit'])) {
    if (is_uploaded_file($_FILES['filename']['tmp_name'])) {
        echo "<h1>" . "File " . $_FILES['filename']['name'] . " transferido com
sucesso ." . "</h1>";
        echo "<h2>Exibindo o conteúdo:</h2>";
    }

    //Importar o arquivo transferido para o banco de dados

```

```
$handle = fopen($_FILES['filename']['tmp_name'], "r");
```

```
while (($data = fgetcsv($handle, 1000, ";")) !== FALSE) {
    echo "$i->".$data[69]."<br>";
    for ($i=0;$i<80;$i++){
        echo "$i->".$data[$i]."<br>";
        $nome=$data[69];
        $densidade_1=$data[0];
        $densidade_2=$data[1];
        $modulo_de_young_1=$data[2];
        $modulo_de_young_2=$data[3];
        $modulo_shear_1=$data[4];
        $modulo_shear_2=$data[5];
        $modulo_bulk_1=$data[6];
        $modulo_bulk_2=$data[7];
        $raio_de_poisson_1=$data[8];
        $raio_de_poisson_2=$data[9];
        $dureza_1=$data[10];
        $dureza_2=$data[11];
        $limite_elastico_1=$data[12];
        $limite_elastico_2=$data[13];
        $forca_tensil_1=$data[14];
        $forca_tensil_2=$data[15];
        $forca_compressiva_1=$data[16];
        $forca_compressiva_2=$data[17];
        $elongacao_1=$data[18];
        $elongacao_2=$data[19];
        $limite_de_resistencia_1=$data[20];
        $limite_de_resistencia_2=$data[21];
        $resistencia_a_fratu_1=$data[22];
        $resistencia_a_fratu_2=$data[23];
        $coeficiente_de_perda_1=$data[24];
        $coeficiente_de_perda_2=$data[25];
        $condutor_termico=$data[26];
        $condutividade_termica_1=$data[27];
        $condutividade_termica_2=$data[28];
        $expansao_termica_1=$data[29];
        $expansao_termica_2=$data[30];
        $capacidade_termica_1=$data[31];
        $capacidade_termica_2=$data[32];
```

```

$ponto_fusao_1=$data[33];
$ponto_fusao_2=$data[34];
$temperatura_maxima_1=$data[35];
$temperatura_maxima_2=$data[36];
$temperatura_minima_1=$data[37];
$temperatura_minima_2=$data[38];
$condutor_eletrico=$data[39];
$resistividade_1=$data[40];
$resistividade_2=$data[41];
$transparencia=$data[42];
$producao_energia_1=$data[43];
$producao_energia_2=$data[44];
$producao_co2_1=$data[45];
$producao_co2_2=$data[46];
$reciclavel=$data[47];
$ciclo_de_baixa=$data[48];
$biodegradavel=$data[49];
$incineravel=$data[50];
$aterro=$data[51];
$fonte_renovavel=$data[52];
$formabilidade_1=$data[53];
$formabilidade_2=$data[54];
$macnabilidade_1=$data[55];
$macnabilidade_2=$data[56];
$soldabilidade_1=$data[57];
$soldabilidade_2=$data[58];
$durabilidade_flamabilidade=$data[59];
$durabilidade_agua_fresca=$data[60];
$durabilidade_agua_marinha=$data[61];
$durabilidade_acido_fraco=$data[62];
$durabilidade_acido_forte=$data[63];
$durabilidade_alcalis_fraco=$data[64];
$durabilidade_alcalis_forte=$data[65];
$durabilidade_solvente_organico=$data[66];
$durabilidade_uv=$data[67];
$durabilidade_oxidacao_500c=$data[68];
}
if($soldabilidade_2==0){$soldabilidade_2=$soldabilidade_1;}
if($formabilidade_2==0){$formabilidade_2=$formabilidade_1;}
if($macnabilidade_2==0){$macnabilidade_2=$macnabilidade_1;}

```

```

$transparencia = str_replace("Opaque", "Opaco", $transparencia);
$condutor_termico = str_replace("Good conductor", "Bom Condutor",
$condutor_termico);
$condutor_eletrico = str_replace("Good conductor", "Bom Condutor",
$condutor_eletrico);
$condutor_termico = str_replace("Poor conductor", "Mal Condutor",
$condutor_termico);
$condutor_eletrico = str_replace("Poor conductor", "Mal Condutor",
$condutor_eletrico);
$reciclavel = str_replace("True", "Sim", $reciclavel);
$reciclavel = str_replace("False", "Nao", $reciclavel);
$ciclo_de_baixa = str_replace("True", "Sim", $ciclo_de_baixa);
$ciclo_de_baixa = str_replace("False", "Nao", $ciclo_de_baixa);
$biodegradavel = str_replace("True", "Sim", $biodegradavel);
$biodegradavel = str_replace("False", "Nao", $biodegradavel);
$incineravel = str_replace("True", "Sim", $incineravel);
$incineravel = str_replace("False", "Nao", $incineravel);
$aterro = str_replace("True", "Sim", $aterro);
$aterro = str_replace("False", "Nao", $aterro);
$durabilidade_flamabilidade = str_replace("Poor", "Ruim",
$durabilidade_flamabilidade);
$durabilidade_flamabilidade = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_flamabilidade);$durabilidade_flamabilidade = str_replace("Good",
"Bom", $durabilidade_flamabilidade);
$durabilidade_flamabilidade = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_flamabilidade);
$durabilidade_agua_fresca = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_agua_fresca);
$durabilidade_agua_fresca = str_replace("Poor", "Ruim", $durabilidade_agua_fresca);
$durabilidade_agua_fresca = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_agua_fresca);$durabilidade_agua_fresca = str_replace("Good", "Bom",
$durabilidade_agua_fresca);
$durabilidade_agua_fresca = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_agua_fresca);
$durabilidade_agua_marinha = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_agua_marinha);
$durabilidade_agua_marinha = str_replace("Poor", "Ruim",
$durabilidade_agua_marinha);
$durabilidade_agua_marinha = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_agua_marinha);$durabilidade_agua_marinha = str_replace("Good",

```

```

"Bom", $durabilidade_agua_marinha);
$durabilidade_agua_marinha = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_agua_marinha);
$durabilidade_acido_fraco = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_acido_fraco);
$durabilidade_acido_fraco = str_replace("Poor", "Ruim", $durabilidade_acido_fraco);
$durabilidade_acido_fraco = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_acido_fraco);$durabilidade_acido_fraco = str_replace("Good", "Bom",
$durabilidade_acido_fraco);
$durabilidade_acido_fraco = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_acido_fraco);
$durabilidade_acido_forte = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_acido_forte);
$durabilidade_acido_forte = str_replace("Poor", "Ruim", $durabilidade_acido_forte);
$durabilidade_acido_forte = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_acido_forte);$durabilidade_acido_forte = str_replace("Good", "Bom",
$durabilidade_acido_forte);
$durabilidade_acido_forte = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_acido_forte);
$durabilidade_alcalis_fraco = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_alcalis_fraco);
$durabilidade_alcalis_fraco = str_replace("Poor", "Ruim",
$durabilidade_alcalis_fraco);
$durabilidade_alcalis_fraco = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_alcalis_fraco);$durabilidade_alcalis_fraco = str_replace("Good",
"Bom", $durabilidade_alcalis_fraco);
$durabilidade_alcalis_fraco = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_alcalis_fraco);
$durabilidade_alcalis_forte = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_alcalis_forte);
$durabilidade_alcalis_forte = str_replace("Poor", "Ruim",
$durabilidade_alcalis_forte);
$durabilidade_alcalis_forte = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_alcalis_forte);$durabilidade_alcalis_forte = str_replace("Good",
"Bom", $durabilidade_alcalis_forte);
$durabilidade_alcalis_forte = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_alcalis_forte);
$durabilidade_solvente_organico = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_solvente_organico);
$durabilidade_solvente_organico = str_replace("Poor", "Ruim",

```

```

$durabilidade_solvente_organico);
$durabilidade_solvente_organico = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_solvente_organico);$durabilidade_solvente_organico = str_replace
("Good", "Bom", $durabilidade_solvente_organico);
$durabilidade_solvente_organico = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_solvente_organico);
$durabilidade_uv = str_replace("Poor", "Ruim", $durabilidade_uv);
$durabilidade_uv = str_replace("Good", "Bom", $durabilidade_uv);
$durabilidade_uv = str_replace("Average", "Medio", $durabilidade_uv);
$durabilidade_uv = str_replace("Very Good", "Muito Bom", $durabilidade_uv);
$durabilidade_oxidacao_500c = str_replace("Very Poor", "Muito Ruim",
$durabilidade_oxidacao_500c);$durabilidade_oxidacao_500c = str_replace("Poor",
"Ruim", $durabilidade_oxidacao_500c);
$durabilidade_oxidacao_500c = str_replace("Very Good", "Muito Bom",
$durabilidade_oxidacao_500c);$durabilidade_oxidacao_500c = str_replace("Good",
"Bom", $durabilidade_oxidacao_500c);
$durabilidade_oxidacao_500c = str_replace("Average", "Medio",
$durabilidade_oxidacao_500c);
$classe='metal';
$sql = "INSERT INTO `materiais` (
`id`,
`nome`,
`classe`,
`densidade_1`,
`densidade_2`,
`modulo_de_young_1`,
`modulo_de_young_2`,
`modulo_shear_1`,
`modulo_shear_2`,
`modulo_bulk_1`,
`modulo_bulk_2`,
`raio_de_poisson_1`,
`raio_de_poisson_2`,
`dureza_1`,
`dureza_2`,
`limite_elastico_1`,
`limite_elastico_2`,
`forca_tensil_1`,
`forca_tensil_2`,
`forca_compressiva_1`,

```



`forca\_compressiva\_2`,  
`elongacao\_1`,  
`elongacao\_2`,  
`limite\_de\_resistencia\_1`,  
`limite\_de\_resistencia\_2`,  
`resistencia\_a\_fratura\_1`,  
`resistencia\_a\_fratura\_2`,  
`coeficiente\_de\_perda\_1`,  
`coeficiente\_de\_perda\_2`,  
`condutor\_termico`,  
`condutividade\_termica\_1`,  
`condutividade\_termica\_2`,  
`expansao\_termica\_1`,  
`expansao\_termica\_2`,  
`capacidade\_termica\_1`,  
`capacidade\_termica\_2`,  
`ponto\_fusao\_1`,  
`ponto\_fusao\_2`,  
`temperatura\_maxima\_1`,  
`temperatura\_maxima\_2`,  
`temperatura\_minima\_1`,  
`temperatura\_minima\_2`,  
`condutor\_eletrico`,  
`resistividade\_1`,  
`resistividade\_2`,  
`transparencia`,  
`producao\_energia\_1`,  
`producao\_energia\_2`,  
`producao\_co2\_1`,  
`producao\_co2\_2`,  
`reciclavel`,  
`ciclo\_de\_baixa`,  
`biodegradavel`,  
`incineravel`,  
`aterro`,  
`fonte\_renovavel`,  
`formabilidade\_1`,  
`formabilidade\_2`,  
`macnabilidade\_1`,  
`macnabilidade\_2`,

```

`soldabilidade_1`,
`soldabilidade_2`,
`durabilidade_flamabilidade`,
`durabilidade_agua_fresca`,
`durabilidade_agua_marinha`,
`durabilidade_acido_fraco`,
`durabilidade_acido_forte`,
`durabilidade_alcalis_fraco`,
`durabilidade_alcalis_forte`,
`durabilidade_solvente_organico`,
`durabilidade_uv`,
`durabilidade_oxidacao_500c`
)
VALUES (
NULL,
'$nome',
'$classe',
'$densidade_1',
'$densidade_2',
'$modulo_de_young_1',
'$modulo_de_young_2',
'$modulo_shear_1',
'$modulo_shear_2',
'$modulo_bulk_1',
'$modulo_bulk_2',
'$raio_de_poisson_1',
'$raio_de_poisson_2',
'$dureza_1',
'$dureza_2',
'$limite_elastico_1',
'$limite_elastico_2',
'$forca_tensil_1',
'$forca_tensil_2',
'$forca_compressiva_1',
'$forca_compressiva_2',
'$elongacao_1',
'$elongacao_2',
'$limite_de_resistencia_1',
'$limite_de_resistencia_2',
'$resistencia_a_fratu_1',

```

'\$resistencia\_a\_fratu\_2',  
'\$coeficiente\_de\_perda\_1',  
'\$coeficiente\_de\_perda\_2',  
'\$condutor\_termico',  
'\$condutividade\_termica\_1',  
'\$condutividade\_termica\_2',  
'\$expansao\_termica\_1',  
'\$expansao\_termica\_2',  
'\$capacidade\_termica\_1',  
'\$capacidade\_termica\_2',  
'\$ponto\_fusao\_1',  
'\$ponto\_fusao\_2',  
'\$temperatura\_maxima\_1',  
'\$temperatura\_maxima\_2',  
'\$temperatura\_minima\_1',  
'\$temperatura\_minima\_2',  
'\$condutor\_eletrico',  
'\$resistividade\_1',  
'\$resistividade\_2',  
'\$transparencia',  
'\$producao\_energia\_1',  
'\$producao\_energia\_2',  
'\$producao\_co2\_1',  
'\$producao\_co2\_2',  
'\$reciclavel',  
'\$ciclo\_de\_baixa',  
'\$biodegradavel',  
'\$incineravel',  
'\$aterro',  
'\$fonte\_renovavel',  
'\$formabilidade\_1',  
'\$formabilidade\_2',  
'\$macnabilidade\_1',  
'\$macnabilidade\_2',  
'\$soldabilidade\_1',  
'\$soldabilidade\_2',  
'\$durabilidade\_flamabilidade',  
'\$durabilidade\_agua\_fresca',  
'\$durabilidade\_agua\_marinha',  
'\$durabilidade\_acido\_fraco',

```

'$durabilidade_acido_forte',
'$durabilidade_alcalis_fraco',
'$durabilidade_alcalis_forte',
'$durabilidade_solvente_organico',
'$durabilidade_uv',
'$durabilidade_oxidacao_500c'
);
echo "<br>$sql<br>";
$resultado = $mysqli->query($sql) OR trigger_error($mysqli->error,
E_USER_ERROR);
fclose($handle);
print "Importação feita.";
exit();
}
//Visualizar formulário de transferência
} else {
    print "Transferir novos arquivos CSV selecionando o arquivo e clicando no
botão Upload<br />\n";

    print "<form enctype='multipart/form-data' action='importar_material.php'
method='post'>";

    print "Nome do arquivo para importar:<br />\n";

    print "<input size='50' type='file' name='filename'><br />\n";

    print "<input type='submit' name='submit' value='Upload'></form>";

}

?>

</div>
</div>
</body><?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<br>

```

```

<center>
<?php
echo "<div class=\"box col-md-4\"><a href=\"cadastra_material.php\" style=\"text-decoration:
none\" class=\"btn btn-info\"><font color=\"#FFFFFF\">CADASTRAR NOVO
MATERIAL</font></a></div>";
echo "<div class=\"box col-md-4\"><a href=\"ver_materiais.php\" style=\"text-decoration:
none\" class=\"btn btn-success\"><font color=\"#FFFFFF\">LISTA DE
MATERIAIS</font></a></div>";
echo "<div class=\"box col-md-4\"><a href=\"seleciona_material.php\" style=\"text-decoration:
none\" class=\"btn btn-warning\"><font color=\"#FFFFFF\">SELEÇÃO DE
MATERIAIS</font></a></div>";
?>
<br>
<div class="box col-md-12">&nbsp; &nbsp; &nbsp; </div>
<div class="box col-md-12">&nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; </div>
<div class="box col-md-12">&nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; </div>
<div class="box col-md-12">&nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; </div>
<div class="box col-md-12">&nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; </div>
<div class="box col-md-4"></div>
<div class="box col-md-4"></div>
<div class="box col-md-4"></div>
<div class="box col-md-4"></div>
<div class="box col-md-4"></div>
<div class="box col-md-4"></div>
</center>
<?php include "rodape.php"; ?><div class="box col-md-12">
<center>
<?php echo "<br>Desenvolvimento 2016 - ".date('Y');?><br>
Versão 0.1 Beta<br>
Aviso de falhas - evandro@evandrobs.com
</center>
</div><?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>

```

```

<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<br>
<center>
<h5>Digite os dados que deseja</h5>
<form method="POST" action="envia_selecao_material.php">
<div class="box col-md-12"><h4>Propriedades Mec&acirc;nicas</h4></div>
<div class="box col-md-4">Densidade (kg/m^3)<br><input type="text" class="formcontrol"
size="40" name="densidade" value=""></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Young (Pa) <br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_de_young"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo de Cisalhamento (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_shear"></div>
<div class="box col-md-4"> Modulo bulk (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="modulo_bulk"></div>
<div class="box col-md-4"> Raio de Poisson <br><input type="text" class="formcontrol"
size="40" name="raio_de_poisson"></div>
<div class="box col-md-4">Dureza (Pa)<br><input type="text" class="form-control"
size="40" name="dureza" value=""></div>
<div class="box col-md-4"> Limite el&aacute;stico (Pa)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="limite_elastico"></div>
<div class="box col-md-4"> For&ccedil;a t&ecirc;nsil (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="forca_tensil"></div>
<div class="box col-md-4"> For&ccedil;a compressiva (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="forca_compressiva"></div>
<div class="box col-md-4"> Elonga&ccedil;&atilde;o (%)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="elongacao"></div>
<div class="box col-md-4"> Limite de resist&ecirc;ncia (Pa)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="limite_de_resistencia"></div>
<div class="box col-md-4"> Resist&ecirc;ncia a fratura
(Pa.m^1/2)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="resistencia_a_fratura"></div>
<div class="box col-md-4"> Coeficiente de perda <br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="coeficiente_de_perda"></div>
<div class="box col-md-12"><h4>Propriedades T&eacute;rmicas</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Condutor t&eacute;rmico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="condutor_termico">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Bom Condutor">Bom Condutor</option>

```

```

<option value="Mal Condutor">Mal Condutor</option>
<option value="Nao Condutor">N&atilde;o Condutor</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Condutividade termica (W/m.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="condutividade_termica"></div>
<div class="box col-md-4"> Expans&atilde;o t&eacute;rmica ( $\mu\text{strain/K}$ )<br><input type="text" class="form-control" size="40" name="expansao_termica"></div>
<div class="box col-md-4"> Capacidade t&eacute;rmica (J/kg.K)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="capacidade_termica"></div>
<div class="box col-md-4"> Ponto de fus&atilde;o (K)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="ponto_fusao"></div>
<div class="box col-md-4"> Temperatura m&aacute;xima de Servi&ccedil;o
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_maxima"></div>
<div class="box col-md-4"> Temperatura M&iacute;nima de servi&ccedil;o
(K)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="temperatura_minima"></div>
<div class="box col-md-12"><h4>Propriedades El&eacute;tricas</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Condutor el&eacute;trico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="condutor_eletrico">
<option value="">Indiferente</option>
<option>Bom Condutor</option>
<option>Nao Condutor</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Resistividade (ohm.m)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="resistividade"></div>
<div class="box col-md-12"><h4>Propriedades &Oacute;pticas</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Transpar&ecirc;ncia <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="transparencia">
<option value="">Indiferente</option>
<option <?php if ($transparencia=="Opaco"){echo "selected ";}?>
value="Opaco">Opaco</option>
<option <?php if ($transparencia=="Transparente"){echo "selected ";}?>
value="Transparente">Transparente</option>
</select>

```

```

</div>
<div class="box col-md-12"><h4>Propriedades Ecológicas</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Producao de energia (J/kg)<br><input
type="text" class="form-control" size="40" name="producao_energia"></div>
<div class="box col-md-4"> Producao de CO2 (Kg/Kg)<br><input type="text"
class="form-control" size="40" name="producao_co2"></div>
<div class="box col-md-4"> Reciclável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="reciclavel">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">Não</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Ciclo de baixa <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="ciclo_de_baixa">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">Não</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Biodegradável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="biodegradavel">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">Não</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Incinerável <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="incineravel">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">Não</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Aterro <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"

```



```

name="aterro">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">N&atilde;o</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Fonte renovavel <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="fonte_renovavel">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Sim">Sim</option>
<option value="Nao">N&atilde;o</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-12"><h4>Processabilidade</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Formabilidade *Escala 1(Impratic&acute;vel) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="formabilidade" value="<?php echo $formabilidade ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Macnabilidade *Escala 1(Impratic&acute;vel) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="macnabilidade" value="<?php echo $macnabilidade ?>"></div>
<div class="box col-md-4"> Soldabilidade *Escala 1(Impratic&acute;vel) a 5
(Excelente)<br><input type="text" class="form-control" size="40"
name="soldabilidade" value="<?php echo $soldabilidade ?>"></div>
<div class="box col-md-12"><h4>Durabilidade</h4></div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em flamabilidade <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_flamabilidade">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em &acute;gua fresca <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_agua_fresca">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>

```

```

<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em &aacute;gua marinha <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_agua_marinha">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em &aacute;cido fraco <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_acido_fraco">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em &aacute;cido forte <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_acido_forte">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em alcalis fraco <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_alcalis_fraco">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>

```

```

<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em alcalis forte <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_alcalis_forte">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em solvente org&acirc;nico <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_solvente_organico">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade UV <br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_uv">
<option value="">Indiferente</option>
<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<div class="box col-md-4"> Durabilidade em Oxi&ccedil;&atilde;o a 500C
<br>
<select data-placeholder="Selecione..." class="chosen-select form-control"
name="durabilidade_oxidacao_500c">
<option value="">Indiferente</option>

```

```

<option value="Ruim">Ruim</option>
<option value="Medio">M&eacute;dio</option>
<option value="Bom">Bom</option>
<option value="Muito Bom">Muito Bom</option>
</select>
</div>
<br><br><br>
<div class="box col-md-12"><input type="submit" value="Selecionar" class="btn btninfo"></div>
</form>
</center>
<?php include "dicas.php"?>
<?php include "rodape.php"; ?><?php //include "protect.php"; ?>
<?php include "config.db.php"; ?>
<?php include "header.php"; ?>
<br>
<?php //include "painel.php"; ?>
<br>
<div align='center'>
<?php
echo "<br><br><a href=\"cadastra_material.php\" style=\"text-decoration: none\"
class=\"btn btn-info\"><font color=\"#FFFFFF\">CADASTRAR NOVO MATERIAL</font></
a><br><br>";
?>
<?php
echo "<table border='1' width='100%' class='table'>
<tr>
<td><b>Nome</b></td>
<td><b>Classe</b></td>
<td><b>Densidade (kg/m^3)</b></td>
<td><b>Módulo de Young (Pa)</b></td>
<td><b>Módulo de Cisalhamento (Pa)</b></td>
<td><b>Módulo Bulk (Pa)</b></td>
<td><b>Raio de Poisson</b></td>
<td><b>Dureza (Pa)</b></td>
<td><b>Limite Elástico (Pa)</b></td>
<td><b>Força Tênsil (Pa)</b></td>
<td><b>Força Compressiva (Pa)</b></td>
<td><b>Elongação (%)</b></td>
<td><b>Limite de Resistência (Pa)</b></td>
<td><b>Resistência a Fratura (Pa.m^1/2)</

```

b></td>  
 <td><b>Coeficiente de Perda</b></td>  
 <td><b>Condutor Térmico</b></td>  
 <td><b>Condutividade Térmica (W/m.K)</b></td>  
 <td><b>Expansão Térmica ( $\mu$ strain/K)</b></td>  
 <td><b>Capacidade Térmica (J/kg.K)</b></td>  
 <td><b>Ponto de Fusão (K)</b></td>  
 <td><b>Temperatura Máxima de Serviço (K)</b></td>  
 <td><b>Temperatura Mínima de Serviço (K)</b></td>  
 <td><b>Condutor Elétrico</b></td>  
 <td><b>Resistividade (ohm.m)</b></td>  
 <td><b>Transparência</b></td>  
 <td><b>Produção de Energia (J/kg)</b></td>  
 <td><b>Produção de CO<sub>2</sub> (kg/kg)</b></td>  
 <td><b>Reciclável</b></td>  
 <td><b>Ciclo de Baixa</b></td>  
 <td><b>Biodegradável</b></td>  
 <td><b>Incinerável</b></td>  
 <td><b>Aterro</b></td>  
 <td><b>Fonte Renovável</b></td>  
 <td><b>Formabilidade\*</b></td>  
 <td><b>Macnabilidade\*</b></td>  
 <td><b>Soldabilidade\*</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Formabilidade</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Água Fresca</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Água Marinha</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Ácido Fraco</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Ácido Forte</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Álcalis Fraco</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Álcalis Forte</b></td>  
 <td><b>Durabilidade em Solvente Orgânico</b></td>

```

<td><b>Durabilidade em UV</b></td>
<td><b>Durabilidade em Oxidação a 500C</b></td>
</tr>";
$sql_verifica = "SELECT *
FROM `materiais` AS item_material
ORDER BY item_material.`nome` ASC";
$resultado_verifica = $mysqli->query($sql_verifica) OR trigger_error($mysqli->error, E_USER_ERROR);
while ($item_material = $resultado_verifica->fetch_object()) {
    $id = $item_material-> id ;
    $nome = $item_material-> nome ;
    $classe = $item_material-> classe ;
    $densidade_1 = $item_material-> densidade_1 ;
    $densidade_2 = $item_material-> densidade_2 ;
    $preco = $item_material-> preco ;
    $modulo_de_young_1 = $item_material-> modulo_de_young_1 ;
    $modulo_de_young_2 = $item_material-> modulo_de_young_2 ;
    $modulo_shear_1 = $item_material-> modulo_shear_1 ;
    $modulo_shear_2 = $item_material-> modulo_shear_2 ;
    $modulo_bulk_1 = $item_material-> modulo_bulk_1 ;
    $modulo_bulk_2 = $item_material-> modulo_bulk_2 ;
    $raio_de_poisson_1 = $item_material-> raio_de_poisson_1 ;
    $raio_de_poisson_2 = $item_material-> raio_de_poisson_2 ;
    $dureza_1 = $item_material-> dureza_1 ;
    $dureza_2 = $item_material-> dureza_2 ;
    $limite_elastico_1 = $item_material-> limite_elastico_1 ;
    $limite_elastico_2 = $item_material-> limite_elastico_2 ;
    $forca_tensil_1 = $item_material-> forca_tensil_1 ;
    $forca_tensil_2 = $item_material-> forca_tensil_2 ;
    $forca_compressiva_1 = $item_material-> forca_compressiva_1 ;
    $forca_compressiva_2 = $item_material-> forca_compressiva_2 ;
    $elongacao_1 = $item_material-> elongacao_1 ;
    $elongacao_2 = $item_material-> elongacao_2 ;
    $limite_de_resistencia_1 = $item_material-> limite_de_resistencia_1 ;
    $limite_de_resistencia_2 = $item_material-> limite_de_resistencia_2 ;
    $resistencia_a_fratu_1 = $item_material-> resistencia_a_fratu_1 ;
    $resistencia_a_fratu_2 = $item_material-> resistencia_a_fratu_2 ;
    $coeficiente_de_perda_1 = $item_material-> coeficiente_de_perda_1 ;
    $coeficiente_de_perda_2 = $item_material-> coeficiente_de_perda_2 ;

```

```

$conductor_termico =$item_material-> conductor_termico ;
$condutividade_termica_1 =$item_material-> condutividade_termica_1 ;
$condutividade_termica_2 =$item_material-> condutividade_termica_2 ;
$expansao_termica_1 =$item_material-> expansao_termica_1 ;
$expansao_termica_2 =$item_material-> expansao_termica_2 ;
$capacidade_termica_1 =$item_material-> capacidade_termica_1 ;
$capacidade_termica_2 =$item_material-> capacidade_termica_2 ;
$ponto_fusao_1 =$item_material-> ponto_fusao_1 ;
$ponto_fusao_2 =$item_material-> ponto_fusao_2 ;
$temperatura_maxima_1 =$item_material-> temperatura_maxima_1 ;
$temperatura_maxima_2 =$item_material-> temperatura_maxima_2 ;
$temperatura_minima_1 =$item_material-> temperatura_minima_1 ;
$temperatura_minima_2 =$item_material-> temperatura_minima_2 ;
$conductor_eletrico =$item_material-> conductor_eletrico ;
$resistividade_1 =$item_material-> resistividade_1 ;
$resistividade_2 =$item_material-> resistividade_2 ;
$transparencia =$item_material-> transparencia ;
$producao_energia_1 =$item_material-> producao_energia_1 ;
$producao_energia_2 =$item_material-> producao_energia_2 ;
$producao_co2_1 =$item_material-> producao_co2_1 ;
$producao_co2_2 =$item_material-> producao_co2_2 ;
$reciclavel =$item_material-> reciclavel ;
$ciclo_de_baixa =$item_material-> ciclo_de_baixa ;
$biodegradavel =$item_material-> biodegradavel ;
$incineravel =$item_material-> incineravel ;
$aterro =$item_material-> aterro ;
$fonte_renovavel =$item_material-> fonte_renovavel ;
$formabilidade_1 =$item_material-> formabilidade_1 ;
$formabilidade_2 =$item_material-> formabilidade_2 ;
$macnabilidade_1 =$item_material-> macnabilidade_1 ;
$macnabilidade_2 =$item_material-> macnabilidade_2 ;
$soldabilidade_1 =$item_material-> soldabilidade_1 ;
$soldabilidade_2 =$item_material-> soldabilidade_2 ;
$durabilidade_flamabilidade =$item_material->
durabilidade_flamabilidade ;
$durabilidade_agua_fresca =$item_material->
durabilidade_agua_fresca ;
$durabilidade_agua_marinha =$item_material->
durabilidade_agua_marinha ;
$durabilidade_acido_fraco =$item_material->

```

```

durabilidade_acido_fraco ;
$durabilidade_acido_forte =$item_material->
durabilidade_acido_forte ;
$durabilidade_alcalis_fraco =$item_material->
durabilidade_alcalis_fraco ;
$durabilidade_alcalis_forte =$item_material->
durabilidade_alcalis_forte ;
$durabilidade_solvente_organico =$item_material->
durabilidade_solvente_organico ;
$durabilidade_uv =$item_material-> durabilidade_uv ;
$durabilidade_oxidacao_500c =$item_material->
durabilidade_oxidacao_500c ;
echo "<tr>";
echo "<td> $nome<br>
<a href='editar_material.php?nome=$nome'><span
class='glyphicon glyphicon-edit text-success'></span></a>
<a href='deletar_confirm_material.php?nome=$nome'><span
class='glyphicon glyphicon-remove-sign text-danger'></span></a>
<a href='https://www.google.com.br/#q=$nome'
target='_blank'><span class='glyphicon glyphicon-search text-info'></span></a>

</td>
<td>$classe </td>
<td>".$densidade_1." a ".$densidade_2 ."</td>
<td>".$modulo_de_young_1." a ".$modulo_de_young_2 ."</td>
<td>".$modulo_shear_1." a ".$modulo_shear_2 ."</td>
<td>".$modulo_bulk_1." a ".$modulo_bulk_2 ."</td>
<td>".$raio_de_poisson_1." a ".$raio_de_poisson_2 ."</td>
<td>".$dureza_1." a ".$dureza_2 ."</td>
<td>".$limite_elastico_1." a ".$limite_elastico_2 ."</td>
<td>".$forca_tensil_1." a ".$forca_tensil_2 ."</td>
<td>".$forca_compressiva_1." a ".$forca_compressiva_2 ."</td>
<td>".$elongacao_1." a ".$elongacao_2 ."</td>
<td>".$limite_de_resistencia_1." a ".$limite_de_resistencia_2 ."</td>
<td>".$resistencia_a_fratura_1." a ".$resistencia_a_fratura_2 ."</td>
<td>".$coeficiente_de_perda_1 ." a ".$coeficiente_de_perda_2 ."</td>
<td>".$condutor_termico ."</td>
<td>".$condutividade_termica_1." a ".$condutividade_termica_2 ."</td>
<td>".$expansao_termica_1." a ".$expansao_termica_2 ."</td>
<td>".$capacidade_termica_1." a ".$capacidade_termica_2 ."</td>

```



```

<td>".$ponto_fusao_1." a ".$ponto_fusao_2."</td>
<td>".$temperatura_maxima_1." a ".$temperatura_maxima_2."</td>
<td>".$temperatura_minima_1." a ".$temperatura_minima_2."</td>
<td>".$condutor_eletrico."</td>
<td>".$resistividade_1." a ".$resistividade_2."</td>
<td>".$transparencia."</td>
<td>".$producao_energia_1." a ".$producao_energia_2."</td>
<td>".$producao_co2_1." a ".$producao_co2_2."</td>
<td>".$reciclavel."</td>
<td>".$ciclo_de_baixa."</td>
<td>".$biodegradavel."</td>
<td>".$incineravel."</td>
<td>".$aterro."</td>
<td>".$fonte_renovavel."</td>
<td>".$formabilidade_1." a ".$formabilidade_2."</td>
<td>".$macnabilidade_1." a ".$macnabilidade_2."</td>
<td>".$soldabilidade_1." a ".$soldabilidade_2."</td>
<td>".$durabilidade_flamabilidade."</td>
<td>".$durabilidade_agua_fresca."</td>
<td>".$durabilidade_agua_marinha."</td>
<td>".$durabilidade_acido_fraco."</td>
<td>".$durabilidade_acido_forte."</td>
<td>".$durabilidade_alcalis_fraco."</td>
<td>".$durabilidade_alcalis_forte."</td>
<td>".$durabilidade_solvente_organico."</td>
<td>".$durabilidade_uv."</td>
<td>".$durabilidade_oxidacao_500c."</td>
";
echo "</tr>";
}

?>
</table>
<center>
<h3>Todos os dados acima estão no sistema internacional de unidades (SI).</h3>
<h6>*Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)</h6>
</center>
<?php include("rodape.php");?>

```