

Software Educativo de Seleção de Materiais pelo Método ASHBY

Elias Coutinho Vieira da Silva¹; Millena Lorrane de Souza¹; Lucas de Mendonça Neuba²; Jorge João Ferreira de Souza Junior³

¹Discente do Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu- UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134- Jardim Nova Era, 2627-5580, Nova Iguaçu- RJ, Brasil;

²Engenheiro Mecânico, Mestre em Ciência dos Materiais pelo MEMAT UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda- UniFOA, Av. Paulo Erlei Alvrdo Abrantes, 1325- Três Poços, 2246-0560, Volta Redonda – RJ, Brasil

³Docente do Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu-UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134- Jardim Nova Era, 2627-5580, Nova Iguaçu- RJ, Brasil;

eliascoutinho1208@gmail.com, millenalorrane@hotmail.com, lucasmneuba@gmail.com, juniorjjfs@gmail.com

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. Posteriormente é explanado 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 seleção de materiais e por sua característica de fácil manutenção.

Palavras-chave: Métodos, Ashby, Seleção de materiais.

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. 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. 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. Ashby's method was synthesized by means of a computer software containing a simple user interface, the PHP (Personal Home Page) was chosen allowing the reproduction of circumstances that demonstrate how material selection is performed.

Keywords: Methods, Ashby, Program, Material Selection.

1 Introdução

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 as 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 (Ashby, 2007). 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 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. (Scheleski, 2015)

O método de Ashby vem se mostrando uma metodologia adequada para estas demandas utilizadas a fim de identificar as propriedades que deverão ser utilizadas no projeto, podendo ser selecionadas através da mudança de relações químicas ou o padrão do material, podendo ainda ser adicionados ou removidos os elementos como 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, avaliando as vantagens e desvantagens do material para a aplicação referente. Neste trabalho serão utilizadas todas as famílias de matérias. (Forcellini, 2006)

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 pior 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. O projeto deverá ser realizado segundo as normas e atender as exigências técnicas, a fim de prever possíveis falhas. O projetista deverá garantir a segurança e confiabilidade do projeto durante a vida útil, tanto quanto sua capacidade de competir no mercado (Garcia, 2000)

Além disso 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. (Ashby, 2012)

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta voltada para área da educação, seu fundamento é a 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 a seleção de materiais em conjunto com seu manual facilitada pela operação do software.

2 Materiais e Métodos

Para criar a arquitetura geral do programa que irá prover os resultados desejados como o produto

final. Sendo assim, a primeira etapa do projeto consistiu realizar um levantamento das informações gerais de alguns materiais para a primeira versão do programa, através de um estudo bibliográfico utilizando as principais características e propriedades mecânicas, físicas, químicas e agrupando os materiais nas classes propostas por Ashby e em ordem alfabética. Posteriormente foi feita 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. A síntese de todas as características e propriedades utilizadas na versão beta do projeto, tendo o sistema internacional de unidades (SI) como padrão para a maioria. Como etapa seguinte no levantamento dos dados, foi 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 buscaram-se informações como processabilidade e durabilidade, das quais abrangeram o grau de empregabilidade do material dentro de suas possibilidades.

Assim, em seguida 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. Além disso, 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.

Devido a necessidade do programa em permanecer on-line em um servidor, consultar e armazenar informações em uma biblioteca de dados, fazer busca de informações on-line, entre outras finalidades. Optou-se por utilizar as seguintes ferramentas que se sintetizam 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, 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, criaram-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 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. 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. A figura 1 exemplifica um modelo de programação em PHP para um 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 1 - Modelo de programação PHP para criação da etapa denominada “cadastra_material”.

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 desempenho, 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 quer, 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.

Todo o programa foi construído em ambiente Linux. O pop 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 pop estiver instalado, o servidor web compila seus scripts e envia em formato hm 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 pop. 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 tem 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 Resultados e Discussão

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). O protótipo na versão 0.1 beta recebeu o nome de “programa SSA (Souza Santos Alvarenga) Seleção de Materiais”. A tela inicial do programa apresenta as três principais funções, conforme a figura 2. 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 2 - Tela inicial do programa.

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 na correção

dos códigos já elaborados. A utilização da ferramenta Bootstrap associada à jQuery, trouxeram para a interface gráfica dinâmica, 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*, oferecendo ao produto final uma característica de mobilidade.

O usuário poderá cadastrar um novo material, fornecendo as informações solicitadas pelo programa, conforme a figura 3. 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:

Metal ▼

Densidade min (kg/m³)

Densidade max (kg/m³)

Modulo de Young min (Pa)

Modulo de Young max (Pa)

Modulo de Cisalhamento min (Pa)

Figura 3 - Tela Cadastro de Novo Material.

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 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 4.

Transparência

Opaco

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

Opções de preenchimento oferecidas pelo programa.

Figura 4 - Exemplo pré preenchimento de características físicas existentes para determinados materiais.

E características que referem-se ao trabalho, processo e conformação 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 e 5 para a condição excelente, conforme figura 5.

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

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

Macnabilidade min *Escala 1(Impraticável) a 5(Excelente)

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

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

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

Escala de avaliação elaborada.

Figura 5 - Exemplo de características referente à algum processo mecânico de fabricação.

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 final da página do programa e será exibido uma tela de confirmação, 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. Nessa tela o usuário visualizará o banco de dados com todos os materiais já cadastrados, conforme a figura 6 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 de cadastro de novo material.

SSA Seleção de Materiais

Materiais cerâmicos ou metálicos.

Botão
CADASTRAR NOVO MATERIAL

Nome	Classe	Densidade (kg/m³)	Módulo de Young (Pa)	Módulo de Cisalhamento (Pa)	Módulo Bulk (Pa)	Raio de Poisson
Aço Carbono	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	77000000000 a 84000000000	155000000000 a 175000000000	0.285 a 0.295
Aço Carbono-Leve	metal	7800 a 7900	200000000000 a 215000000000	76000000000 a 84000000000	156000000000 a 171000000000	0.285 a 0.295
Aço Carbono-Médio	metal	7800 a 7900	200000000000 a 216000000000	77000000000 a 85000000000	158000000000 a 170000000000	0.285 a 0.295
Aço Inoxidável	metal	7900 a 8100	180000000000 a 210000000000	74000000000 a 84000000000	134000000000 a 151000000000	0.265 a 0.275
Bronze	metal	8500 a 9000	70000000000 a 105000000000	25000000000 a 33000000000	84000000000 a 95000000000	0.34 a 0.35

Figura 6 - Lista de materiais.

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. 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. No final da tela Lista de Materiais, o usuário encontra duas informações extremamente importantes para auxiliar na operação do programa.

A primeira se refere aos valores numéricos para as propriedades dos materiais existentes no banco de dados do 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 outra forma de classificação das propriedades dos materiais, na qual se subdivide em classificações físicas como, se o material é

biodegradável, de fonte renovável, condutor elétrico, nível de transparência, durabilidade, etc. E as classificações quanto ao trabalho, 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 solvabilidade ou maneabilidade poderá ser de 4 a 5, o que traduz na escala um material bom à excelente diante do processo de soldagem ou conformação mecânica.

Por fim, ainda na tela Lista de Materiais, temos três botões abaixo do nome de cada material, 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, para então o programa redirecionar o usuário a lista de materiais. 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. Ao selecionar no botão 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. A existência desta tela serve simplesmente para retificar 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. 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, logo em seguida o programa retorna a tela Lista de Materiais.

Na tela Seleção de Materiais o usuário é instruído a realizar o preenchimento do formulário para a seleção de materiais, conforme a figura 7. O formulário para este caso possui identificações das propriedades e características, tornando seu preenchimento extremamente simples e rápido, uma vez respitada as mesmas dicas citadas na tela de cadastro de materiais.

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.

SSA Seleção de Materiais

Espaço para inserção
dos caracteres.

Propriedades Mecânicas

Identificação
das etapas de
preenchimento

Densidade (kg/m³)

Modulo de Young (Pa)

Modulo de Cisalhamento (Pa)

Modulo bulk (Pa)

Figura 7 - Tela de seleção de materiais.

Para a simulação do programa foi escolhido 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. 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 8, lembrando que a unidade mesmo inserida 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:	Titânio Puro
Classe:	Metal
Densidade min (kg/m³)	4500
Densidade max (kg/m³)	4515
Modulo de Young min (Pa)	10000000000
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 8 - Cadastro do material Titânio puro.

Em uma situação real de seleção de materiais, como o de uma barra circular metálica submetida a um esforço de tração. O engenheiro responsável pela seleção dos materiais buscaria 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 a Figura 9, e em seguida clicar na opção Selecionar.

Valor calculado no projeto.	Força tensil (Pa)
	Força compressiva (Pa)
	Elongação (%)
	Limite de resistência (Pa)

Figura 9 - Seleção por elongação.

A próxima tela do programa exibe uma lista dos materiais dos quais possuem o valor de Elongação próximo ao calculado no projeto, conforme a figura 10. 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 recalculer 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.

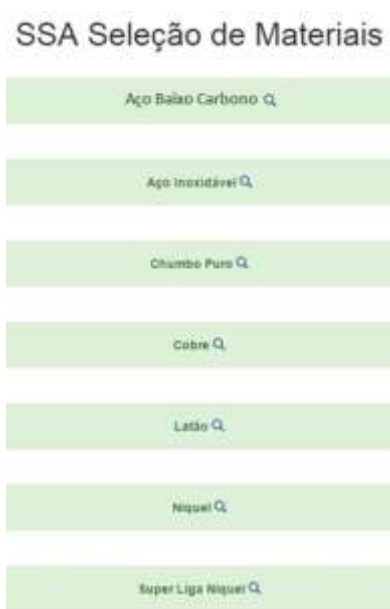


Figura 10 - Tela com os possíveis materiais.

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.

4 Conclusão

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, a fim 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, a fim 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.

5 Referências

Ashby MF, Jones DRH (2007) Engenharia de materiais: uma introdução a propriedades, aplicações e projeto. Rio de Janeiro.

Scheleski S. (2015). Seleção de materiais no projeto de máquinas e implementos agrícolas. Design E Tecnologia. Disponível em: <http://www.pgdesign.ufrgs.br/designtecnologia/index.php/>. Acessado em 1 de novembro de 2020

Forcellini FA, Rozenfeld H (2006) Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo.

Collins J (2005) Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas. LTC. São Paulo

Juvinall, RC, Marshek KM.(2008) Fundamentos do projeto de componentes de máquinas.

Kwon YW, Bang H(2000) The Finite Element Method Using MatLAB.New York.

Garcia A, Spim JA, Santos CA(2000) Ensaio dos Materiais. Rio de Janeiro.

Ashby MF (2012) Seleção de Materiais no Projeto Mecânico. Oxford.