



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RONNY SOUSA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA WEB PARA CÁLCULOS DE
DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES DE ESTRUTURAS METÁLICAS
CONFORME NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS**

SÃO LUÍS

2021

RONNY SOUSA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA WEB PARA CÁLCULOS DE
DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES DE ESTRUTURAS METÁLICAS
CONFORME NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO **RONNY SOUSA SILVA** E ORIENTADA PELO PROF. ME. **CARLOS RONYHELTON SANTANA DE OLIVEIRA**.

SÃO LUÍS

2021

Silva, Ronny Sousa.

Desenvolvimento de uma plataforma WEB para cálculos de dimensionamentos e verificações de estruturas metálicas conforme normas técnicas brasileiras: desenvolvimento de uma plataforma de cálculos WEB / Ronny Sousa Silva. – São Luís, 2021.

... 102

Monografia (Graduação) – Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA WEB PARA CÁLCULOS DE
DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES DE ESTRUTURAS METÁLICAS
CONFORME NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS**

Autor: Ronny Sousa Silva

Orientador: Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira

A banca examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta monografia:

Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Me. XXX
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. XXX
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís, 08 de dezembro de 2021.

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial meus pais, Telma dos Santos Sousa Silva e Cid Carvalho Silva por todo esforço, apoio e incentivo durante este processo. Aos meus irmãos, Cid Carvalho Silva Junior e Luke Skywalker Fuveiro pelo apoio e dias sem dormir ao meu lado. A minha companheira de vida e aventuras, que acompanhou esta carreira do início ao fim, vendo todas as dificuldades e vitórias durante o processo.

A toda minha família, por todos os momentos de apoio e palavras de incentivo. Avô, avó, tios e tias, assim como meus primos e afilhado por todo apoio direto e indireto.

Aos amigos que formam meu caráter e me deram apoio, desde sempre. Em especial, aos grandes amigos do Colégio Militar Tiradentes.

A todos que fazem parte e formam o Ronny Sousa Silva, de sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que esteve sempre à frente de todas as decisões, propósitos e vitórias da minha vida. Deus é bom o tempo todo e a todo tempo Deus é bom.

Aos meus pais, Telma dos Santos Sousa Silva e Cid Carvalho Silva, onde não existem folhas para descrever o nível de importância de suas vidas ensinamentos em minha vida. Agradecer a todo apoio e suporte, dedicação, ensinamentos que me foram dados durante toda minha vida e por não medirem esforços aos bons exemplos, ensinamentos e uma boa educação. Aos meus irmãos, Cid Carvalho Silva Junior e Luke Skywalker Fuveiro, que sempre me apoiaram e estavam noites adentro comigo durante os anos de graduação.

A minha família: Avôs, avós, tios, tias, primos e sobrinho que mesmo de maneira indireta fizeram parte de todas as conquistas obtidas durante os anos de graduação até quando iniciar a carreira profissional.

A minha companheira de vida e aventuras, que em todos os momentos esteve presente e que já faz parte da minha vida. Todo momento, de vitórias as derrotas, está ao meu lado.

Ao meu orientador, Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira, por todos os conselhos, incentivos e orientações prestadas, pela disponibilidade e apoio durante este processo. Parabéns por ser um professor orientador como vocação, não profissão. Todos as conquistas e vitórias são merecidas pela pessoa que se tornou.

Aos meus grandes amigos que estiveram comigo na jornada de graduação e que de forma direta ou indireta contribuíram para que este trabalho fosse realizado, em especial aos grandes amigos do Colégio Militar Tiradentes – CMT do grupo P.D.G's/2014.

A todos que não estão aqui, mas ainda assim, fazem parte de mim!

RESUMO

Este trabalho aborda o desenvolvimento de uma plataforma *WEB* para cálculos e dimensionamentos de perfis metálicos e estruturas metálicas conforme a ABNT NBR 8800:2008 (Projeto de Estruturas Metálicas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios), entre outras normas técnicas que estão em conjunto. O dimensionamento através da plataforma é subdividido conforme as condições de aplicações de forças e carregamentos: tração, compressão, flexão e torção. Programação na atualidade está cada vez mais aplicado na Indústria 4.0 e a computação em nuvem, por meio de plataformas *WEB* de cálculos. Verifica-se a necessidade de redução de tempo gasto com dimensionamentos de perfis e verificações estruturais e no acompanhamento da geração de memoriais de cálculos e visualização do sistema utilizado. No presente momento de apresentação da plataforma desenvolvida neste trabalho o dimensionamento de peças ocorre por aplicações de conceitos e modelos para esforços de tração, compressão e conteúdos básicos de resistência dos materiais. A plataforma *WEB RSSSteel* como assim foi nomeada a plataforma desenvolvida neste trabalho foi desenvolvida utilizando como editor de código-fonte o Visual Studio Code e as linguagens programação e marcação HTML 5, Javascript (ECMAScript 2021) e CSS 3 para compor o *front-end* de todo o sistema e PHP 5.6 para construção do *back-end*, assim como MySQL para desenvolver o banco de dados do sistema utilizado para armazenar informações de usuários e dados gerados em dimensionamentos. Como apoio no desenvolvimento do *front-end* foi utilizado o *framework* Bootstrap 4.6 com propósito de facilitar a criação de um design elegante e interfaces responsivas. O resultado obtido foi satisfatório para os testes de responsividade, objetividade e intuitividade aplicados sendo apresentada para o público alvo e obtendo aprovação dos usuários.

Palavra-chave: Estruturas metálicas, plataforma *WEB*, programação, dimensionamentos, ABNT NBR 8800:2008.

ABSTRACT

This work approaches the application of a programming method in a WEB platform's development for calculations and sizing of metallic profiles and metallic structures according to the NBR 8800-2008 (Project Steel Structures of Steel and of Composite Structures of Steel and Concrete of Buildings), among others technical standards that are together. The design is subdivided according to the force application's condition and loads suffered: Traction, compression, bending and torsion. The current way of programming is increasingly applied to 4.0 industry and cloud computing, through WEB calculation platforms. Thus, there is a need to reduce the time spent with sizing profiles, structural verification, monitoring of the calculation memorials generated and the used system visualization. The developed platform will follow, at this moment, the parts' sizing in Traction and Compression, the application of some concepts of Strength of Materials that are most used and previous knowledge. The WEB platform RSSteel Online Calculation Platform was be developed using a Visual Studio Code source code editor in which was programmed using HTML 5, Javascript (ecmaSCRIPT 2021) and CSS 3 to compose the entire system's front-end and PHP 5.6 for the back-end, as well as MySQL to work the system's database, being useful to user registration, user differentiation, access levels and possibility of saving developed works. For the development of the front-end's support, the Bootstrap 4.6 framework was used for design and direct visualization in the user-platform iteration. The result obtained was satisfactory with an objective, intuitive and responsive WEB platform being presented to the target audience and obtaining approval from users.

Keyword: Metallic structures, WEB platform, programming, database, sizing, NBR 8800-2008.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxo de processo siderurgico de produção do aço.....	30
Figura 2: Constante de empenamento e momento de inércia à rotação pura.....	34
Figura 3: Constante módulo plástico e sua relação com o módulo elástico.	35
Figura 4: Carga uniformemente distribuido em viga bi-apoiada.	38
Figura 5: Carga pontual em viga bi-apoiada.....	38
Figura 6: Carga pontual e carga uniformemente distribuidas em viga em balanço.....	39
Figura 7: Principio da superposição.....	39
Figura 8: Perfil cantoneira submetida a tração.	41
Figura 9: Perfil cantoneira submetida a tração com indicações de percurso para análise das furações.	43
Figura 10: Coeficiente de flambagem por flexão de elementos isolados.	49
Figura 11: Valores referentes a $(b/t)_{lim}$	53
Figura 12: Esquemático de peça sofrendo ações de carga em compressão, elemento barra em representação cem flecha indicada.....	55
Figura 13: Representação dos efeitos de flexão.....	57
Figura 14: Parâmetros referentes ao momento fletor resistente.....	58
Figura 15: Esquemático de perfis metálicos e suas aplicações: (a) Coluna; (b) Contraventamentos.	60
Figura 16: <i>Interface do Visual Studio Code</i>	63
Figura 17: Ilustração sobre <i>front-end</i> e <i>back-end</i>	64
Figura 18: Páginial inicial do <i>Bootstrap</i>	65
Figura 19: Início do código <i>Index.php</i> onde apresenta estrutura HTML, ambiente de edição Visual Studio Code, referente ao desenvolvimento da plataforma.....	67
Figura 20: Código referente aos cálculos de Resistência dos Materiais, onde apresenta a aplicação <i>Javascript nas fórmulas de iteração</i> , ambiente de edição <i>Visual Studio Code</i> , referente ao desenvolvimento da plataforma.	69
Figura 21: Relação <i>cliente-side</i> e <i>server-side</i> na comparação <i>front-end</i> e <i>back-end</i>	72
Figura 22: Tela do software XAMPP.	73
Figura 23: Banco de virtualização no ambiente <i>PHPMYAdmin</i>	74
Figura 24: Etapas de pesquisa para desenvolvimento da plataforma.	76
Figura 25: Indicação da <i>footer</i> no código da plataforma.	79

Figura 26: Representação da <i>footer e header</i> no navegador, da plataforma RSSSteel.....	80
Figura 27: Código referente a pagina de acesso da plataforma.	81
Figura 28: Código referente a pagina de cadastro da plataforma e linhas de código de verificação, como a de CPF.	82
Figura 29: Informações necessárias de cadastro.....	82
Figura 30: Código referente ao banco de dados dos resultador de verificação e dimensionamento.	83
Figura 31: Código <i>PHP</i> referente ao banco de dados dos resultador de verificação e dimensionamento.	83
Figura 32: Código <i>HTML</i> referente ao dimensionamento de elementos, onde apresentam as condições de card.....	84
Figura 33: Página de login.	85
Figura 34: Página de cadastro.	86
Figura 35: Cadastro de usuário referente a cada entrada de dados fornecidas pelo usuário.....	87
Figura 36: Tela informativa de cadastro aprovado.	87
Figura 37: Página inicial da plataforma.	88
Figura 38: Página inicial de desenvolvimento – Resistência dos Materiais.	89
Figura 39: Página inicial de desenvolvimento – Peças Tracionadas.	89
Figura 40: Página inicial de desenvolvimento – Elementos de verificação.....	90
Figura 41: Elementos básicos de verificação para resistência dos materiais.....	91
Figura 42: Elementos de verificação para resistência dos materiais.....	91
Figura 43: Dimensionamento de elementos submetidos a tração.....	92
Figura 44: Elementos de verificação para dimensionamento submetidos a tração.	93
Figura 45: Controle de acesso de dimensionamentos.....	94
Figura 46: Alerta de cadastro concluído com sucesso..	94
Figura 47: Alerta de erro ao acessar pagina inicial.....	95
Figura 48: Alerta de obrigatoriedade de preechimento de informações.....	95
Figura 49: Alerta de erro ao cadastrar usuário.....	96
Figura 50: Alerta de obrigatoriedade de preechimento de dados.	97
Figura 51: Alerta de erro de valor inválido, em verificação numérica (Operação m soma).....	97
Figura 52: Adequação de janela visual da plataforma para <i>notebooks e desktop</i>	98
Figura 53: Adequação de janela visual da plataforma para <i>smarthphones</i>	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de coeficientes de ponderação das ações.....	26
Quadro 2: Valores dos fatores de combinação e de redução para ações variáveis.....	29
Quadro 3: Valores dos coeficientes de ponderação das resistências.....	29
Quadro 4: Constantes físicas do Aço.....	32
Quadro 5: Espessura e largura das partes componentes dos perfis metálicos.....	33

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$K_z L_z$ = coeficiente de flambagem por torção;
 γ_{a1} = coeficiente de ponderação relacionado a escoamento, flambagem e instabilidade;
 γ_{a2} = coeficiente de ponderação relacionado à ruptura;
 σ_{cr} = tensão normal crítica;
 M_{Rd} = momento fletor resistente de cálculo;
 M_{Sd} = momento fletor solicitante de cálculo;
 $N_{c,Rd}$ = força axial de compressão resistente de cálculo;
 $N_{c,Sd}$ = força axial de compressão solicitante de cálculo;
 $N_{t,Rd}$ = força axial de tração resistente de cálculo;
 $N_{t,Sd}$ = força axial de tração solicitante de cálculo;
 V_{Rd} = força cortante resistente de cálculo;
 V_{Sd} = força cortante solicitante de cálculo;
 f_u = resistência à ruptura do aço;
 f_y = resistência ao escoamento do aço;
 h_0 = índice de esbeltez reduzido;
 h_p = parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação;
 h_r = parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento;
 a = distância entre enrijecedores transversais adjacentes;
 A_c = área dos segmentos ligados;
 A_e = área líquida efetiva da seção transversal da barra;
 A_{ef} = área efetiva da seção transversal;
 A_g = área bruta da seção transversal ;
 A_n = área líquida da barra;
 A_w = área efetiva de cisalhamento;
 b = largura dos elementos comprimidos AL;
 b_{ef} = largura efetiva dos elementos comprimidos AA;
 b_f = largura da mesa;
 b_{fi} = largura da mesa inferior; b_{fs} = largura da mesa superior;
 c_a = coeficiente igual a 0,38 para mesas e almas de seções tubulares retangulares ou quadradas, e 0,34 para os demais casos;
 C_b = fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme;

C_t = coeficiente de redução da área líquida;

C_w = constante de empenamento da seção transversal;

CPF = Cadastro de pessoa física;

CSS = Cascading Style Sheets;

d = altura externa da seção;

d = diâmetro da barra;

D = diâmetro externo da seção tubular circular;

E = módulo de elasticidade do aço;

E = módulo de elasticidade do aço;

e_c = excentricidade do plano de ligação em relação ao centro geométrico da seção da porção que resiste ao esforço de tração;

G = módulo de elasticidade transversal do aço;

h = altura da alma;

HTML = Hypertext Markup Language;

I = momento de inércia de seção transversal em relação a um dos eixos principais de inércia;

I_y = momento de inércia em relação ao eixo y ;

J = constante de torção da seção transversal;

KL = comprimento de flambagem por flexão em relação a um dos eixos principais de inércia;

P = comprimento efetivo da ligação;

L_b = distância entre duas seções contidas à flambagem lateral com torção (comprimento destravado);

L_v = distância entre as seções de forças cortantes máxima e nula;

M_A = valor do momento fletor solicitante de cálculo situado a um quarto do comprimento destravado, medido a partir da extremidade esquerda;

M_B = valor do momento fletor solicitante de cálculo situado na seção central do comprimento destravado;

M_C = valor do momento fletor solicitante de cálculo situado a três quartos do comprimento; destravado, medido a partir da extremidade esquerda;

M_{cr} = momento fletor de flambagem elástica;

M_{max} = valor máximo do momento fletor solicitante de cálculo no comprimento destravado;

M_{pl} = momento fletor de plastificação;

M_r = momento fletor correspondente ao início do escoamento, incluindo a influência das tensões residuais (exceto para flambagem local da mesa);

N_e = força axial de flambagem elástica;

PHP = Hypertext Preprocessor;

Q = fator de redução total associado à flambagem local;

Q_a = fator de redução que leva em conta flambagem local dos elementos AA;

Q_s = fator de redução que leva em conta flambagem local dos elementos AL; r_0 = raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento;

r_x = raio de giração em relação ao eixo central x;

r_y = raio de giração em relação ao eixo central y;

r_{yc} = raio de giração da seção T;

SQL = Structured Query Language;

t = espessura da parede;

t_d = espessura de cálculo da parede da seção transversal, tomada igual a 0,93 vez a espessura nominal para tubos com costura, e igual à espessura nominal para tubos sem costura;

t_f = espessura da mesa;

t_{fi} = espessura da mesa inferior; t_{fs} = espessura da mesa superior;

t_w = espessura da alma;

V_{pl} = força cortante correspondente a plastificação da alma por cisalhamento;

W = módulo resistente elástico;

W_c = módulo resistente elástico do lado comprimido da seção;

x_0 = coordenada do centro de cisalhamento na direção do eixo x em relação ao centro geométrico da seção;

y_0 = coordenada do centro de cisalhamento na direção do eixo y em relação ao centro geométrico da seção;

Z = módulo de resistência plástico;

h = parâmetro de esbeltez da seção transversal;

λ = fator de redução associado à resistência à compressão;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização	17
1.2 Motivação.....	19
2 OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 ABORDAGENS HISTÓRICAS E TEORIAS DA CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	23
3.1 Aplicações de modelos.....	23
3.2 Introdução à Engenharia de Estruturas Metálicas	30
3.2.1 Propriedades do aço.....	32
3.2.2 Solicitações de cálculos	35
3.2.2.1 <i>Ações permanentes</i>	36
3.2.2.2 <i>Ações variáveis</i>	36
3.2.2.3 <i>Ações excepcionais</i>	37
3.2.3 Solicitações de cálculos	37
3.3 Dimensionamentos e memorial de cálculo.....	40
3.3.1 Dimensionamento de peças e elementos tracionadas	40
3.3.2 Dimensionamento de peças e elementos comprimidos	45
3.3.3 Outras formas de dimensionamento	56
3.3.3.1 <i>Flexão</i>	56
3.3.3.2 <i>Cisalhamento e Esforços Combinados</i>	59
3.3.4 Processos de verificação estrutural em perfis metálicos	60
3.4 Cálculos e dimensionamentos específicos	61

3.5 Sistemática de desenvolvimento da plataforma WEB	61
4 TECNOLOGIAS NECESSÁRIAS E SOLUÇÕES UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA <i>WEB</i>	62
4.1 Editor de programação Visual Studio Code	62
4.2 Linguagens de programação utilizadas para desenvolvimento <i>WEB</i>	63
4.2.1 Aplicações de <i>Front-end</i>	64
4.2.1.1 <i>Bootstrap v4.6</i>	65
4.2.1.2 <i>HTML 5</i>	66
4.2.1.3 <i>JavaScript</i>	68
4.2.1.4 <i>CSS</i>	70
4.2.2 Aplicações de Back-End	71
4.2.2.1 <i>XAMPP</i>	72
4.2.2.2 <i>MySQL</i>	73
4.2.2.3 <i>PHP</i>	74
5 METODOLOGIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	76
5.1 Planejamento para desenvolvimento	78
5.2 Desenvolvimento e estruturação de elementos da plataforma	79
5.3 Banco de dados e implementação da página de cadastro	80
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES: PLATAFORMA RSSTEEL	85
6.1 Página de login	85
6.2 Página inicial	88
6.3 Implementação para desenvolvimento	90
6.4 Teste primário de erros	94
6.5 Teste de responsividade	98

7 CONCLUSÃO	99
7.1 Sugestões de trabalhos futuros	100
8 REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No presente momento da história é notável o aumento no uso de estruturas de aço no Brasil, desde as edificações residenciais à sistemas mecânicos. Este processo está ocorrendo por meio da propagação e confrontação das vantagens deste tipo de construção em relação às estruturas mais usuais utilizadas no decorrer da história da humanidade, tais como madeira e concreto.

De acordo com Faleiros (2010) a indústria de estruturas metálicas, amplamente difundida em países como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha por anos, vem nos últimos anos apresentando um expressivo crescimento no Brasil.

A fabricação de estruturas metálicas acontece por meio de processos de fabricação industrial, que são caracterizados pela racionalização. A eficiência no processo de fabricação e montagem fica condicionada ao bom dimensionamento e detalhamento durante a fase de projeto, a partir disso é possível se usufruir das vantagens do sistema (BELLEI; PINHO; PINHO, 2004).

Com a evolução da capacidade de processamento dos computadores e a progressiva redução dos preços tornando-os mais acessíveis, os softwares passaram a ser **ferramentas** necessárias dentro do meio profissional e acadêmico. Na formação do Engenheiro, a utilização e implementação de softwares é utilizada no propósito de otimização de tempo e aumento da confiabilidade dentro das competências de uma atividade realizada.

Na área de Engenharia Mecânica, especificamente no desenvolvimento de projetos e acompanhamento de obras, para se obter êxito, as necessidades vão muito além do conhecimento técnico e experiência de campo dos profissionais desta área de conhecimento, mas também das ferramentas com que estes profissionais atuam. A elaboração e acompanhamento de projetos na atualidade tornam – se necessários ao uso e aprimoramento dos programas e recursos técnicos digitais de auxílio em suas atividades, sendo elas ferramentas de cálculos, desenhos técnicos, planejamento e até tomada de decisões.

Como foi apresentado anteriormente, o uso de programas de Engenharia para dimensionamento de estruturas metálicas em escritórios e empresas da área é bem grande, porém existe um alto custo financeiro envolvido na aquisição destes meios. Analisando a área acadêmica, além das dificuldades financeiras na aquisição destas licenças dos programas, acrescenta-se o fato de que os principais *softwares* utilizados para esta finalidade não são

intuitivos ao ponto de apresentar a ideia e as necessidades aos usuários leigos e/ou iniciantes em conhecimento técnico.

O desenvolvimento de *softwares* começou com as aplicações *desktop*, na qual são utilizadas diretamente no computador, tendo relação direta com o sistema operacional, acesso a dados pessoais e ocupação de memória interna do dispositivo. Aplicações *desktop* são quaisquer *softwares* instalados em um computador, utilizado na execução de tarefas, em nosso caso no auxílio de cálculos, dimensionamentos, desenhos técnicos e modelagens. Com o surgimento da *internet*, principalmente no modelo como a conhecemos hoje, as aplicações *WEB* tem se destacado, pois utilizam apenas a conexão com a internet e um navegador *WEB* como *interface*.

Segundo PENG (2012), uma *WEB SERVICE* pode ser descrita, de forma simplificada, como um conjunto de aplicações e dados que podem ser acessados a partir de qualquer dispositivo com acesso à internet. Este conceito é relacionado ao armazenamento em nuvem, onde toda informação é guardada em servidores da internet, espalhados em diversos lugares do planeta, e para serem acessados os seus conteúdos necessita-se apenas da utilização de um dispositivo que se conecte a internet.

Conforme Law (2011), a integração das tecnologias de informação com a engenharia (neste caso a engenharia de estruturas) encontra-se bem integrada e documentada e pode-se afirmar que tem sido bem sucedida nos últimos anos. Atualmente, é indispensável para o engenheiro de estruturas a utilização de ferramentas de informática para a execução de diversas operações, desde a modelagem até a análise de uma estrutura.

No âmbito das análises e projetos de estruturas metálicas deve-se atender as Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) vigentes aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde a principal norma considerada para este trabalho foi NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mista de aço e concreto de edifícios. Outras normas técnicas vão surgir no decorrer do processo e serão aplicadas, mas em complemento a esta em específico.

O projeto de estruturas metálicas atendendo a todas as normas necessárias e realizando todos os processos obrigatórios para segurança da integridade estrutural, ocorre em decorrência da análise de diversas normas técnicas e por sua vez através de diversos cálculos e verificações recomendados por estas normas. É recorrente que durante a elaboração destes projetos muitas vezes o mesmo passa por correções ou alterações da concepção de projeto.

A geração do relatório como um memorial de cálculo representa o processo de cálculo que o usuário não visualiza durante a utilização de programas de dimensionamentos de estruturas metálicas. No mercado, apresentam planilhas automatizadas que fazem alguns processos destas análises e existem *softwares desktop* pagos de análise de cálculo e de modelagem, que também fazem estas verificações, mas que não são gratuitos e muitos não apresentam versão de teste ou estudantil.

O uso da plataforma *WEB* a ser desenvolvida por meio deste projeto com as análises e cálculos necessários para a verificação estrutural aplicada a estruturas metálicas e os seus dimensionamentos necessários, tem como função facilitar a rotina de calculistas e projetistas podem encontrar as informações pertinentes ao cálculo de estruturas metálicas em um único local, tendo seu próprio cadastro e acesso a plataforma necessitando apenas de um dispositivo (Computador, *tablet* ou *smartphone*) com conexão e acesso a internet.

1.2 Motivação

O estudo acerca de estruturas metálicas, durante o seu procedimento, apresenta um grande número de cálculos e verificações que são realizadas ao longo do processo. A sistematização destes procedimentos dentro da análise de perfis laminados e outros elementos estruturais, torna - se possível e praticável o desenvolvimento de uma plataforma de cálculos que tem como base parâmetros fornecidos nas normas técnicas brasileiras, perfis estes submetidos a diversos tipos de esforços.

Diante do mercado de trabalho em estruturas metálicas, em comparação a demanda de projetos necessários desta área e a quantidade de profissionais qualificados e novos profissionais, justifica – se a criação desta ferramenta que além de agilizar o processo de estudo, cálculo e verificação dessas estruturas apresenta um processo de computação em nuvem, no qual não necessita de instalação de *softwares desktop* e ocupação de memória interna em equipamentos. Para Guarnier (2009), o profissional dessa área deve possuir conhecimentos específicos, que geralmente não são obtidos numa graduação. Embora, atualmente o conhecimento seja mais difundido, o número de profissionais capacitados não é suficiente para acompanhar a demanda do mercado.

Mediante o levantamento de dados, observa-se que existem programas que executam estes serviços com licenças de utilização pagas e gratuitas. Os *softwares* de licença gratuita de dimensionamento e verificação estrutural para estruturas metálicas encontram-se

desatualizados. Durante as pesquisas e buscas não foram identificadas plataformas *WEB* de cálculo destinadas a área de estrutura metálica.

Mediante a demanda do mercado aplicado a projetos de estruturas metálicas e a falta de profissionais qualificados ou com conhecimento técnico necessário, justifica-se a criação de uma ferramenta que possibilita a automatização, gerando uma maior agilidade, e facilitando a verificação destas estruturas e que auxilie na obtenção de conhecimentos para estudantes de Engenharia.

Deste modo, procura-se desenvolver uma plataforma *WEB* de fácil utilização, que vá orientar o usuário, totalmente online, assim limitando o erro, com cadastro e banco de dados para armazenamento de trabalhos desenvolvidos e apresentando um relatório de verificações detalhado. O modelo de resultados em relatório já existe em outros softwares comerciais e torna-se muito útil para leitura e revisão de cálculos executados pelo programa, assim como apresentação em relatórios e reuniões, pois é acessível toda a rotina de cálculo desenvolvida pelo código fonte da plataforma.

O produto destas análises necessita de algumas restrições, visto que o escopo pode se tornar extenso:

- Análise de perfis laminados comerciais, em padrão Gerdau (Dados fornecidos pelo usuário no primeiro momento);
- Apresentação de conceitos iniciais de Resistência dos Materiais e princípios de estruturas;
- Dimensionamento vinculados a peças tracionadas e comprimidas;

A aplicação *WEB SERVICE* em uma aplicação de cálculos é algo totalmente inovador, pensando especificadamente nos novos profissionais que estão surgindo no mercado e na facilidade que este desenvolvimento pode proporcionar aos profissionais que atuam com cálculo estrutural e dimensionamento de estruturas metálicas. Utilizando a distinção entre *front-end* e *back-end* a níveis de linguagens de programação aplicadas, seleciona-se as linguagens necessárias dentro deste escopo de trabalho. *HTML*, *CSS*, *PHP*, Javascript e um *framework* de apoio: Bootstrap. Todas as linguagens de programação serão editadas e simuladas por meio do editor de código-fonte *Visual Studio Code*.

A criação de um cadastro no site com banco de dados, sem precisar utilizar memória interna do computador, além de emissão de relatórios na extensão PDF, com

informações mais explicativas e diretas ao usuário final são vinculadas ao *back-end* simulada pelo uso do *XAMPP* em conjunto ao *MySQL* durante a fase de desenvolvimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo a criação de uma plataforma *WEB* para cálculos de dimensionamentos de peças tracionadas e comprimidas em estruturas metálicas conforme normas técnicas brasileiras, promovendo uma redução de tempo nesta atividade e viabilizando a execução por meio de dispositivos como computadores, tablets e celulares através do uso de qualquer navegador *web* e conexão com a internet.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar o perfil do usuário final da plataforma desenvolvida neste trabalho por meio de uma observação participante e uma entrevista com profissional da área;
- Aprofundar o conhecimento no dimensionamento de estruturas metálicas, buscando o entendimento dos conceitos e as verificações apresentadas em normas, neste momento limitado apenas a condições de tração e compressão;
- Sistematizar os procedimentos de cálculo com base nas normas técnicas brasileiras para cálculos de tração e compressão;
- Desenvolver a plataforma *WEB* com ênfase em um design responsivo, objetivo, intuitivo e esclarecedor onde se deve verificar e entender os cálculos desenvolvidos, assim como os dados fornecidos pelo usuário;
- Plataforma de cálculos com banco de dados, incluindo cadastro de usuários e de dimensionamentos desenvolvidos;
- Apresentar a plataforma desenvolvida ao público alvo do projeto, após testes de funcionalidade.

3 ABORDAGENS HISTÓRICAS E TEORIAS DA CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

3.1 Aplicações de modelos

Torna-se de grande valia o cumprimento de todo o dimensionamento e verificação de maneira coerente com as metodologias presentes em norma já estabelecidas, utilizando métodos e as equações de maneira correta, pois estes resultados apresentados serão posteriormente utilizados em fases de projeto, orçamento, aquisição de material e montagem.

No decorrer do tempo, utiliza-se dois tipos de método que foram aplicados ao dimensionamento de estruturas metálicas: Método dos Estados Limites (LRFD) e Método das Tensões Admissíveis (ASD).

O método das tensões admissíveis (ASD) é a verificação pelas resistências admissíveis ASD – *Allowable Strength Design*, onde se aplicam fatores de redução em resistência das peças verificadas. Utilizado, em comum, pré-dimensionamentos e ocasiões onde deve ser mais prático e fácil verificação e dimensionar. Gera resultados muito próximos ao outro método, adotado por Normas atuais.

Este é um método determinístico, ou seja, para um mesmo elemento estrutural, com as mesmas vinculações, a partir da aplicação de uma solicitação de acordo com determinada lei de variação ao longo do tempo, se pudesse ser repetida diversas vezes, produziria em todas elas os mesmos esforços internos, as mesmas deformações e os mesmos deslocamentos (ABRASFE, 2012).

A equação básica para o método das Tensões Admissíveis é:

$$\sigma_{MAX} \leq R_K/\gamma \quad (3.1)$$

Onde cada elementos da fórmula 3.1 representam:

- R_K = Resistência nominal (Característica) do material;
- γ = Coeficiente que considera as incertezas quanto carregamentos, resistência do material, modelo de cálculos utilizados e imperfeições na execução.
- σ_{MAX} = Tensão máxima.

O cálculo em tensões admissíveis é um método de cálculo muito atrativo, fácil de usar do ponto de vista computacional e de fácil compreensão. Basta simplesmente verificar se a estrutura é segura sob ações, usando uma tensão admissível substancialmente abaixo de um valor limitante. Nessa filosofia todas as cargas são consideradas com a mesma variabilidade. Toda a variabilidade de cargas e resistências é colocada no lado direito da desigualdade, isto é, do lado da resistência do material (ABRASFE, 2012).

Método dos Estados Limites (LRFD) é a verificação de cargas e resistências seguindo as orientações na NBR 8800:2008 e segue desde a sua versão NBR 8800:1986, e é a metodologia mais utilizadas nos dimensionamentos de estruturas metálicas. No LRFD – *Load and Resistance Factor Design*, onde as cargas são majoradas e as resistências são minoradas seguindo uma margem probabilística de exceções. O Método é subdividido entre: Estados Limites de Serviço (E.L.S) e Estados Limites Últimos (E.L.U).

Conforme o Método dos Estados Limites (LRFD), especificamente o E.L.S são relacionadas ao uso e ocupação da edificação, onde especifica o deslocamento e a flecha resultante em estruturas em geral. O E.L.U é relacionado às resistências dos materiais empregados por deformação, torções de deformação global, fadiga, fraturas e deslizamentos. As resistências receberão coeficiente de ponderação (Minoração), onde deve absorver incertezas da resistência e as cargas receberão um coeficiente de ponderação (Majoração) para absorver as incertezas estatísticas das cargas adotadas, ou seja, de acordo com ABRASFE (2012, p – 5) o método se baseia na decomposição dos coeficientes de segurança em dois fatores: Fator de amplificação das solicitações e de redução da resistência interna do material.

A equação básica para o Método dos Estados Limites (LRFD) é:

$$\sigma_{sd} \times \gamma_f \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_a} \quad (3.2)$$

Onde cada elementos da fórmula 3.2 representam:

- σ_{sd} = Esforço solicitante de projeto ou de cálculo;
- γ_f = Coeficiente de majoração das cargas;
- σ_u = Esforço de resistência de projeto do material;
- γ_a = Coeficiente de minoração da resistência;

A combinação de cargas para este método, representando a combinação E.L.U, é representada na fórmula 3.3, citada abaixo.

$$Sd = \Sigma(Y_g \times F_g) + (Y_q \times F_Q) + \Sigma(Y_{qj} \times \Psi_{0j} \times F_Q) \quad (3.3)$$

Onde cada elementos da fórmula 3.3 representam:

- $\Sigma(Y_g \times F_g)$ = Somatório das cargas permanentes aplicados ao fator de ponderação;
- $(Y_q \times F_Q)$ = Somatório das cargas variáveis aplicados a fatores de ponderação;
- $\Sigma(Y_{qj} \times \Psi_{0j} \times F_Q)$ = Somatório das cargas variáveis aplicados a fatores de ponderação e combinação;

A combinação de cargas para este método, representando a combinação E.L.U, é representada na fórmula 3.4, citada abaixo.

$$Sd = \Sigma(F_g) + (F_Q) + \Sigma(\Psi_1 \times F_Q) \quad (3.4)$$

Onde cada elementos da fórmula 3.4 representam:

- $\Sigma(F_g)$ = Somatório das cargas permanentes;
- (F_Q) = Somatório das cargas variáveis;
- $\Sigma(\Psi_1 \times F_Q)$ = Somatório das cargas variáveis aplicados a fatores de redução;

As referências de coeficientes de majoração e minoração são referenciadas pelas tabelas: Tabela 01, tabela 02 e tabela 03 com suas respectivas informações.

Combinações	Ações permanentes (γ_p) ^{a,c}					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis (γ_q) ^{a,d}					
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30		
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00		

Quadro 1: Valores de coeficientes de ponderação das ações, presente na NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

(Adaptado da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008; P – 28)

As cargas são classificadas em: Permanentes e variáveis. As cargas ou ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida útil do sistema, são elas peso próprio da estrutura, peso dos elementos fixo conectados ao sistema e equipamentos. As cargas e ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante toda vida útil do sistema, são elas a sobrecarga de uso e ocupação (Referência a NBR 6120) e a carga de vento (Referência a NBR 6123).

As combinações de carga para E.L.S e E.L.U são diferente, onde cada aplicação segue suas orientações.

Para **E.L.S:**

Combinações:

$$\text{a) PP + SC} \quad (3.5)$$

$$\text{b) PP + Vento} \quad (3.6)$$

Para **E.L.U:**

Combinações:

$$\text{a) } (1,4 \times \text{PP}) + (1,5 \times \text{SC}) \quad (3.7)$$

$$\text{b) PP} + (1,4 \times \text{Vento}) \quad (3.8)$$

$$\text{c) } (1,4 \times \text{PP}) + (1,5 \times \text{SC}) + (0,84 \times \text{Vento}) \quad (3.9)$$

Segundo Pfeil e Pfeil (2009), o Estado Limite ocorre quando a estrutura não satisfaz mais um de seus objetivos, seja manter a sua estabilidade, seja gerar conforto e segurança para seus usuários.

O estado limite de serviço ou de utilização, como também é conhecido, está associado a cargas em serviço e é atingido sempre que a estrutura apresentar vibrações ou deformações excessivas que gerem desconforto aos seus usuários (PFEIL; PFEIL, 2009). Este trabalho não irá se ater a esse estado limite, uma vez que não gera riscos à estabilidade estrutural.

O estado limite último está associado à ocorrência de cargas excessivas e consequente colapso da estrutura, e pode ser visto como uma condição que deve ser atendida, no qual os esforços solicitantes, S , devem ser menores que os resistentes, R . A diferença entre esses dois esforços é denominada margem de segurança.

Ações		γ_{fz}^a		
		Ψ_0	Ψ_1^d	Ψ_2^e
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^{b)}	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ^{c)}	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas (ver B.5.1)	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4
^a Ver alínea c) de 4.7.5.3. ^b Edificações residenciais de acesso restrito. ^c Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público. ^d Para estado-limite de fadiga (ver Anexo K), usar Ψ_1 igual a 1,0. ^e Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para Ψ_2 o valor zero.				

Quadro 2: Valores dos fatores de combinação e de redução para ações variáveis, referente a NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

(Adaptado da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008; P – 29)

Combinações	Aço estrutural ^a		Concreto γ_c	Aço das armaduras γ_s
	γ_a			
	Escoamento, flambagem e instabilidade γ_{a1}	Ruptura γ_{a2}		
Normais	1,10	1,35	1,40	1,15
Especiais ou de construção	1,10	1,35	1,20	1,15
Excepcionais	1,00	1,15	1,20	1,00
^a Inclui o aço de fôrma incorporada, usado nas lajes mistas de aço e concreto, de pinos e parafusos.				

Quadro 3: Valores dos coeficientes de ponderação das resistências, referente a NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

(Adaptado da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008; P – 33)

3.2 Introdução à Engenharia de Estruturas Metálicas

As estruturas metálicas, atualmente no Brasil, estão se consolidando. Observa-se isto através do crescimento contínuo da utilização dessa tecnologia, permitido pelo aumento de conhecimento dos profissionais da área, variedade de produtos oferecidos e as vantagens do sistema, como soluções arrojadas, alta qualidade e grande eficiência (GUARNIER, 2009).

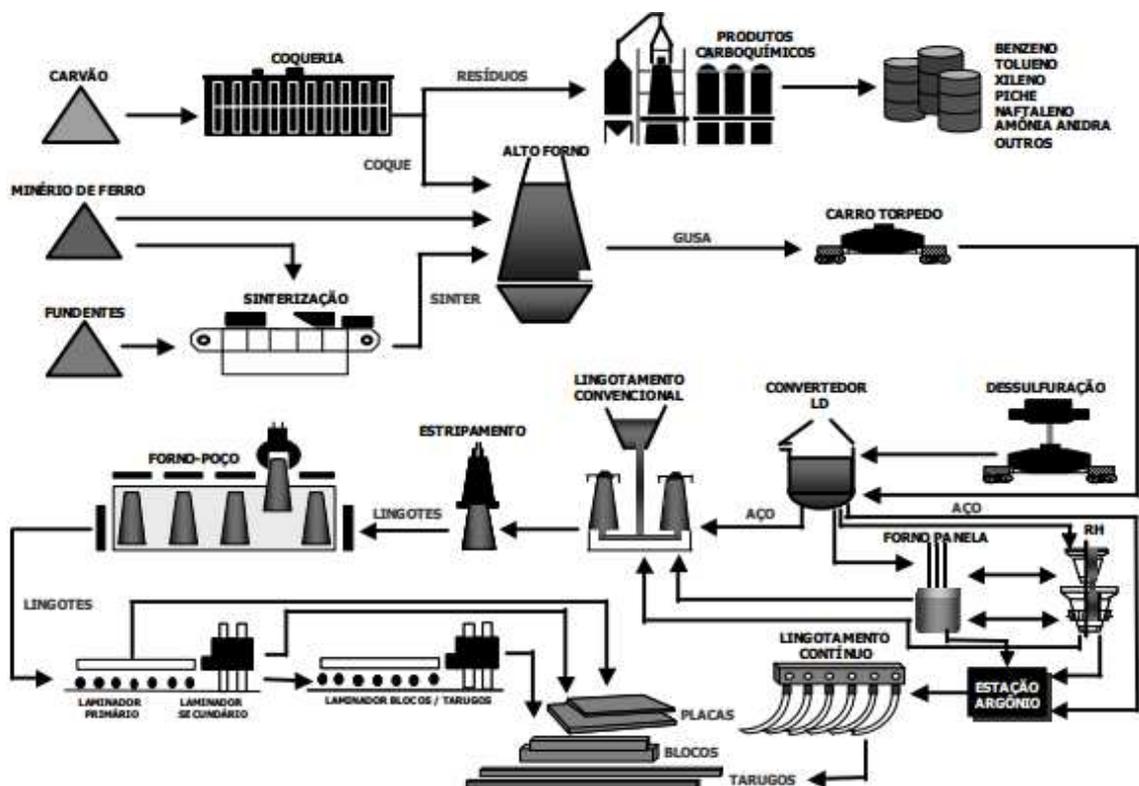


Figura 1: Fluxo de processo siderúrgico de produção do aço.

Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Segundo Chaves (2007), também se deve destacar que estrutura em aço causa uma grande redução nos gastos com as fundações. Muitas vezes as construções em aço são pavilhões de um pavimento com uma ampla área construída.

Pfeil e Pfeil (2009) explicam que o primeiro material siderúrgico empregado na construção foi o ferro fundido, entre 1780 e 1820, sendo utilizado na construção de pontes em arco e treliçadas nos elementos sujeitos à compressão. Os elementos que resistiam aos esforços de tração eram feitos de ferro forjado que, além da excelente resistência à tração, apresentava boa resistência à corrosão.

O aço, apesar de ser conhecido desde a Antiguidade, não era muito utilizado até meados do século XIX devido a seu preço pouco competitivo. Fato esse que mudou com a invenção de Henry Bessemer: um forno que permitia a produção de aço em larga escala, dessa forma tornando o preço do produto mais competitivo (PFEIL; PFEIL, 2009).

De acordo com Bellei (2006) as principais vantagens das estruturas metálicas são:

- i. Alta resistência do material nos diversos estados de tensão (tração, compressão, flexão etc.), o que permite aos elementos estruturais suportarem grandes esforços apesar da área relativamente pequena das suas seções; por isso, as estruturas de aço, apesar da sua grande densidade (7.850 kg/m^3), são mais leves do que elementos produzidos em concreto armado.
- ii. Os elementos de aço oferecem uma grande margem de segurança no trabalho, o que se deve ao fato de o material ser único e homogêneo, com limite de escoamento, ruptura e módulo de elasticidade bem definidos.
- iii. Os elementos de aço são fabricados em oficinas, de preferência seriados, e sua montagem é bem mecanizada, permitindo com isso diminuir o prazo final de construção.
- iv. Os elementos de aço podem ser desmontados e substituídos com facilidade, o que permite reforçar ou substituir facilmente diversos elementos da estrutura.
- v. Possibilidade de reaproveitamento do material que não seja mais necessário à construção.

Em áreas portuárias, industriais e agrícolas o aço e as estruturas metálicas estão em domínio, desde a edificações e galpões até os dispositivos de proteção individual e dispositivos de uso contínuo em áreas de risco.

A fabricação de estruturas metálicas acontece por meio de processos de fabricação industrial, que são caracterizados pela racionalização. A eficiência no processo de fabricação e montagem fica condicionada ao bom dimensionamento e detalhamento durante a fase de projeto, a partir disso é possível se usufruir das vantagens do sistema (BELLEI; PINHO; PINHO, 2004).

3.2.1 Propriedades do aço

Nesta seção apresenta-se as propriedades principais consideradas no dimensionamento de perfis em estruturas metálicas, sendo elas as propriedades mecânicas e as geometrias dos perfis.

As propriedades mecânicas do aço variam bastante devido aos diferentes materiais incorporados a sua liga. Por exemplo, para níveis de carbono mais altos, tanto a resistência do aço quanto sua fragilidade aumentam e sua resistência à tração diminui (PFEIL; PFEIL, 2009).

Por isso a NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008, p. 13) define como propriedades do aço para uso em estruturas as constantes físicas e informações de acordo com o Quadro 4.

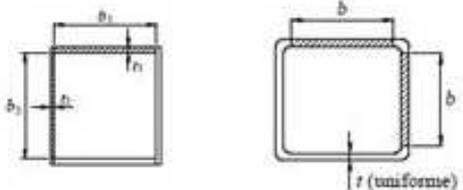
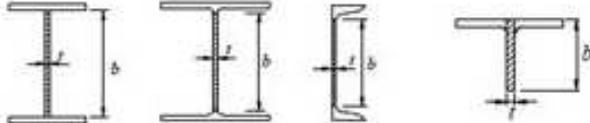
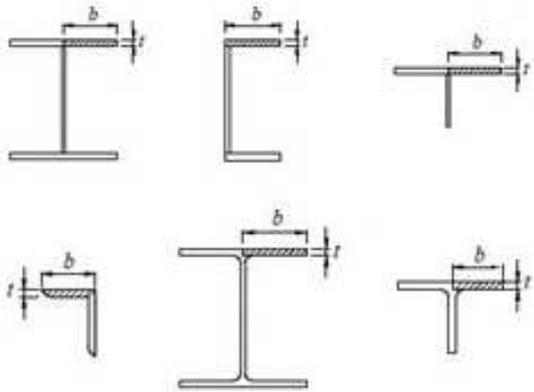
Constante Física	Valor
Módulo de elasticidade, E	200.000 MPa
Coeficiente de Poisson, ν	0,3
Coeficiente de dilatação térmica, β	$12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Massa específica, ρ	7.850 kg/m^3
Módulo de elasticidade transversal do aço, G	77.000 MPa

Quadro 4: Constantes físicas do Aço.

Fonte: PFEIL e PFEIL (2009)

As relações de propriedades geométricas dos perfis metálicos são importantes, assim como as propriedades mecânicas, sendo aplicadas aos dimensionamentos das estruturas. Possuem

fórmulas para determinação das propriedades geométricas de um corpo, tais como constante de empenamento (C_w), momento de inércia à torção pura (J), módulo plástico (Z), e elástico (W), dependem somente da sua geometria, seja ela qual for. Dessa forma, pode-se calcular essas propriedades para cada tipo de perfil em termos gerais, uma vez que sua produção é padronizada e sua seção conhecida, o que facilita em muito o processo de dimensionamento das peças metálicas, deixando-o mais ágil. As propriedades geométricas estão apresentadas nas figuras 2, 3 e 4 mas podem ser obtidas por ferramentas CAD, como AutoCAD ou outras ferramnetas.

Elemento	Largura, b , e espessura, l
Seção fechada	
Alma	
Mesa	

Quadro 5: Espessura e largura das partes componentes dos perfis metálicos, disponível em NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

(Adaptado da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008; P – 33)

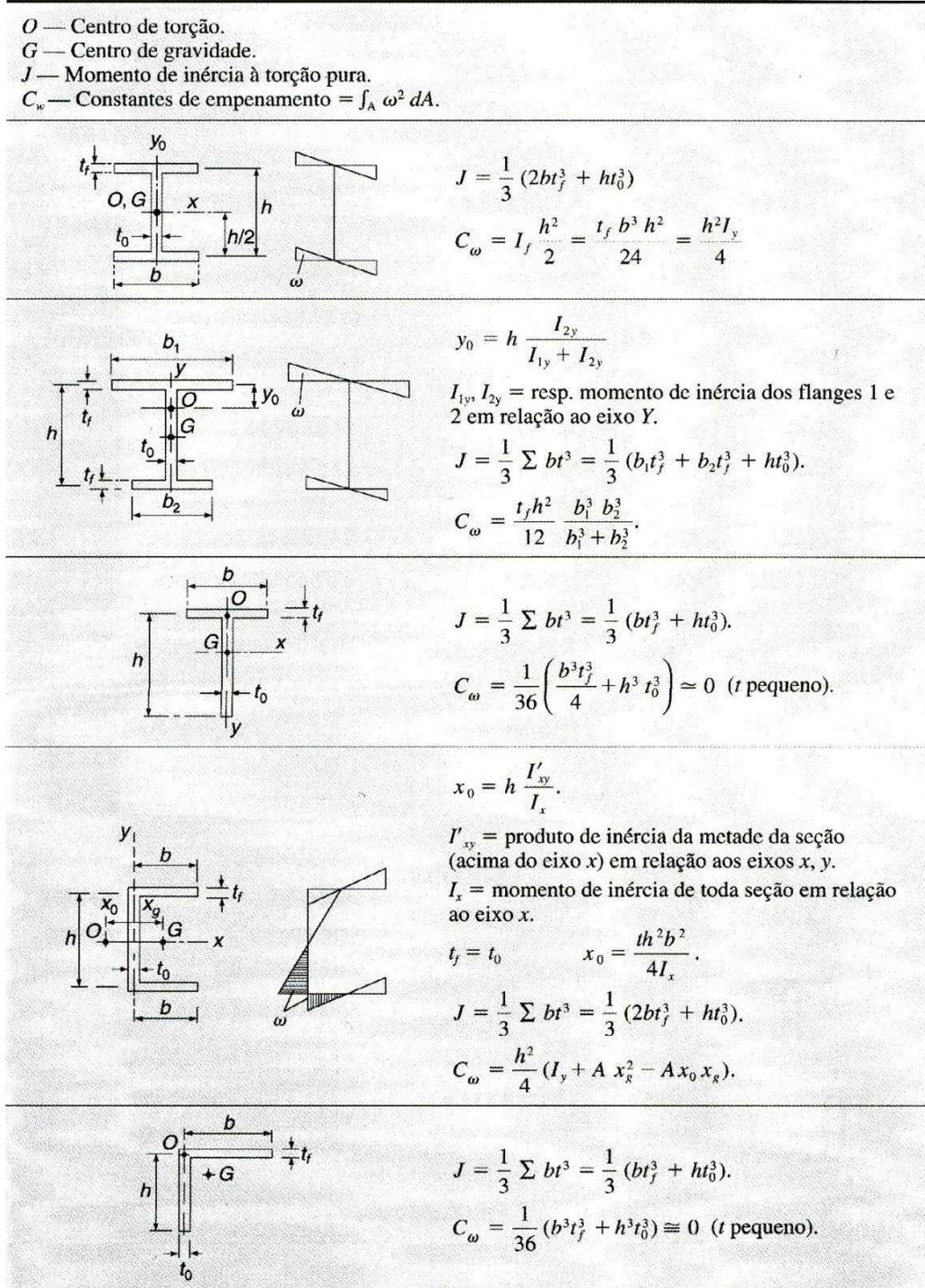


Figura 2: Constante de empenamento e momento de inércia à rotação pura.

Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

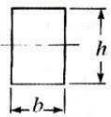
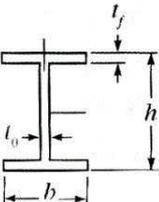
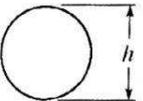
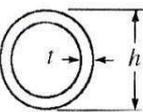
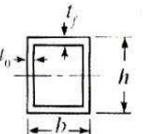
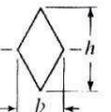
Seção	Módulo Plástico Z	Z/W
	$\frac{bh^2}{4}$	1,5
	$(x-x)$ $bt_f(h-t_f) + \frac{t_0}{4}(h-2t_f)^2$	1,12 (aprox.)
	$(y-y)$ $\frac{b^2t_f}{2} + \frac{1}{4}(h-2t_f)t_0^2$	1,55 (aprox.)
	$\frac{h^3}{6}$	1,70
	$\frac{h^3}{6} \left[1 - \left(1 - \frac{2t}{h} \right)^3 \right]$ $th^2 (t \ll h)$	$\frac{16}{3\pi} \left[\frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{h} \right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{h} \right)^4} \right]$ 1,27 ($t \ll h$)
	$\frac{bh^2}{4} \left[1 - \left(1 - \frac{2t_0}{b} \right) \left(1 - \frac{2t_f}{h} \right)^2 \right]$	1,12 (aprox.)
	$\frac{bh^2}{12}$	2

Figura 3: Constante módulo plástico e sua relação com o módulo elástico.

Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

3.2.2 Solicitações de cálculos

Uma das partes iniciais do projeto é a análise das ações atuantes na estrutura. A estrutura deve suportar as cargas e suas combinações no pior caso e manter condições de conforto dentro dos limites de estabilidade.

A ABNT NBR 8800:2008 determina as ações, suas combinações e os limites de estabilidade, levando em conta os estados limites últimos e de utilização. Segundo a ABNT NBR 8681:2003, as ações a considerar são classificadas em três categorias:

- a) Ações permanentes;
- b) Ações variáveis;
- c) Ações excepcionais.

3.2.2.1 Ações permanentes

De acordo com a ABNT NBR 8800:2008:

Ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida útil da construção. Também são consideradas permanentes as ações que crescem com o tempo, tendo um valor limite constante.

A seguir algumas ações permanentes atuantes em estruturas, conforme na norma citada acima:

- Pesos dos elementos da própria estrutura;
- Pesos dos elementos construtivos associados à estrutura (laje, cobertura, piso do mezanino).

Os pesos específicos dos materiais comumente utilizados nas construções são indicados pela ABNT NBR 6120:2019. Na falta desses, valores podem ser obtidos dos catálogos de fabricantes, onde é comum usar-se como referência em projetos, assim como massa linear e área.

3.2.2.2 Ações variáveis

De acordo com a ABNT NBR 8800:2008, ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida útil da construção. Estas ações normalmente ocorrem pelo uso e ocupação da edificação, como sobrecargas em pisos e coberturas, ação de equipamentos e divisórias móveis e ações do vento.

Valores de carga linear para o uso e ocupação da edificação podem ser obtidos pela ABNT NBR 6120:2019 e a ação dos ventos é determinada pela ABNT NBR 6123:1988.

3.2.2.3 Ações excepcionais

A ABNT NBR 8800:2008 afirma que:

As ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrência durante a vida da construção[...] São ações excepcionais aquelas decorrentes de causas como explosões, choques de veículos, enchentes e sismos excepcionais.

Em projetos onde essas ações não podem ser controladas deve ser considerado normas brasileiras específicas e realizar com mais critério e atenção as verificações.

3.2.3 Solicitações de cálculos

A Aço Minas Gerais S/A (1989) afirma: é uma necessidade de qualquer edifício ou estrutura que ela não enfraqueça ou se torne insegura durante o seu tempo de vida útil programado, devido à ação de qualquer forma ou combinação de forças que por ventura possam surgir. Neste caso, é importante determinar como as cargas aplicadas agem e quais as solicitações que são geradas por elas. Esses efeitos são apresentados nas Figuras 5 a 7.

Em caso de mais de um tipo de carregamento atuar ao mesmo tempo, pode-se usar o princípio da superposição, que, segundo Gere e Weaver (1981) afirma: é um dos conceitos mais importante na análise estrutural. Pode ser usado sempre que existam relações lineares entre as ações e os deslocamentos. Ainda afirmam que: De acordo com o princípio da superposição as ações e os deslocamentos causados por A1 e A2 atuando separadamente, presente na figura 8, podem ser combinados para obter as ações e deslocamentos causados por A1 e A2 atuando simultaneamente.

As solicitações de cálculo seguem orientações e conceitos de Resistência dos Materiais, de maneira mais completa em anexo as normas técnicas como a ABNT NBR 8800:2008 como referência principal.

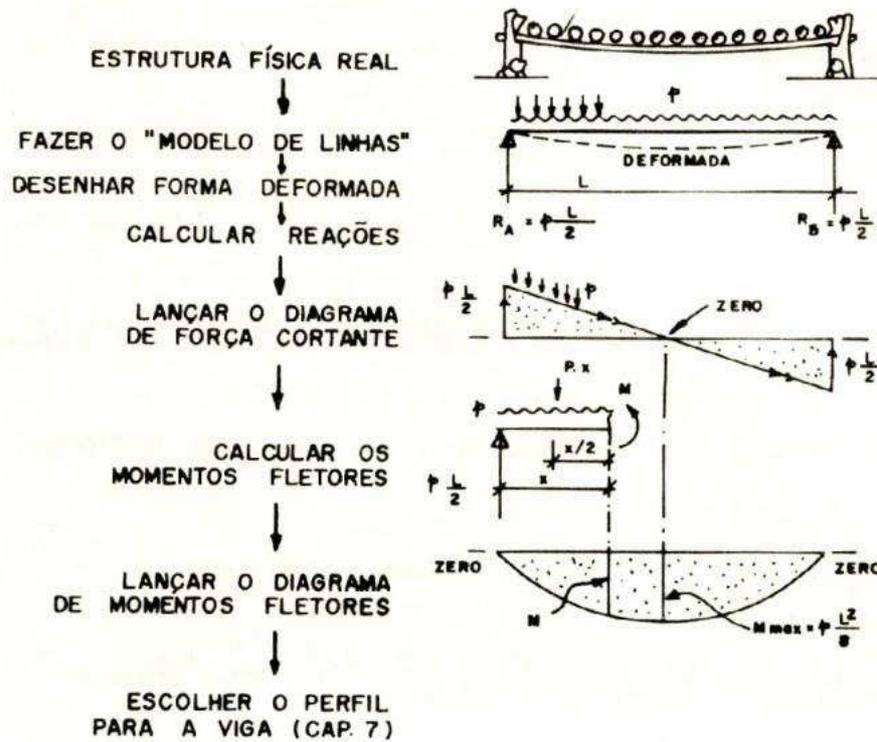


Figura 4: Carga uniformemente distribuída em viga bi-apoiada.

Fonte: AÇO MINAS GERAIS S/A (1989)

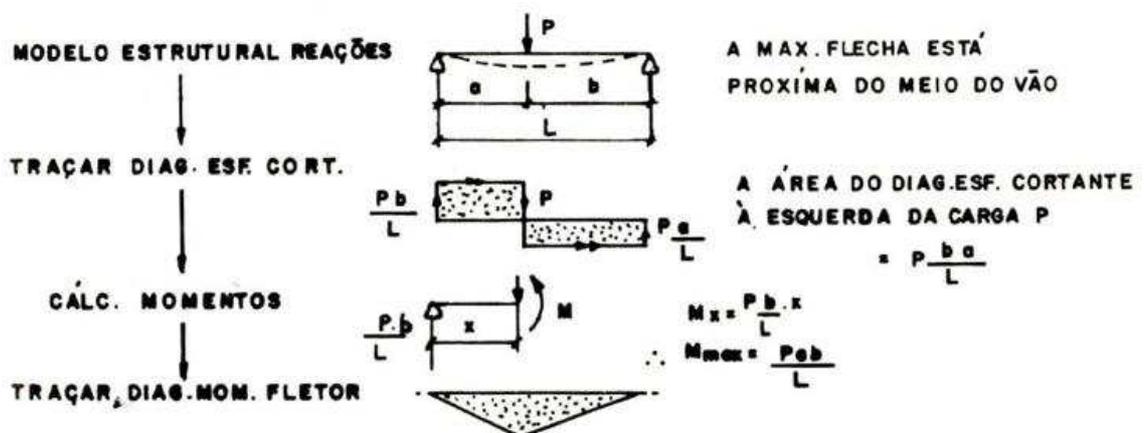


Figura 5: Carga pontual em viga bi-apoiada.

Fonte: AÇO MINAS GERAIS S/A (1989)

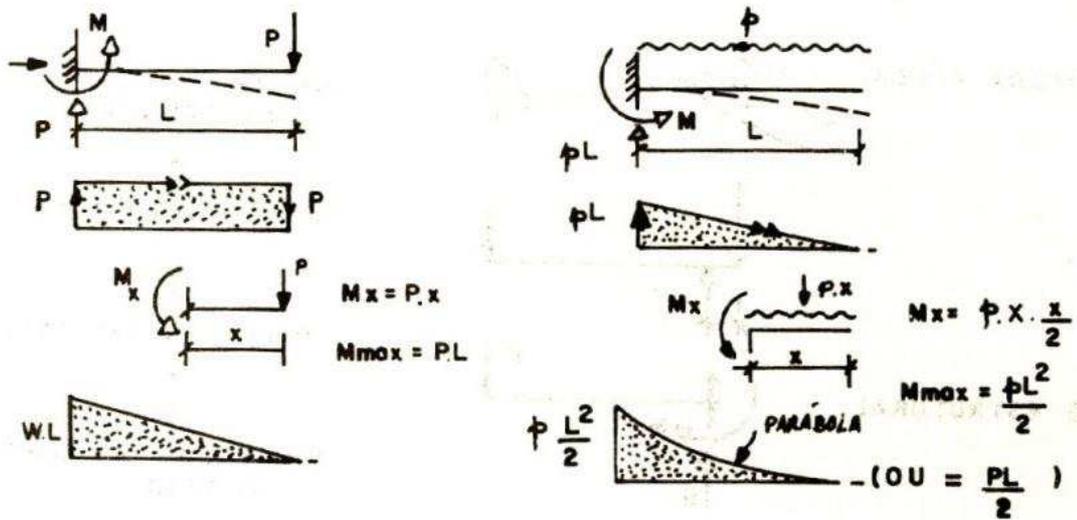


Figura 6: Carga pontual e carga uniformemente distribuidas em viga em balanço.

Fonte: AÇO MINAS GERAIS S/A (1989)

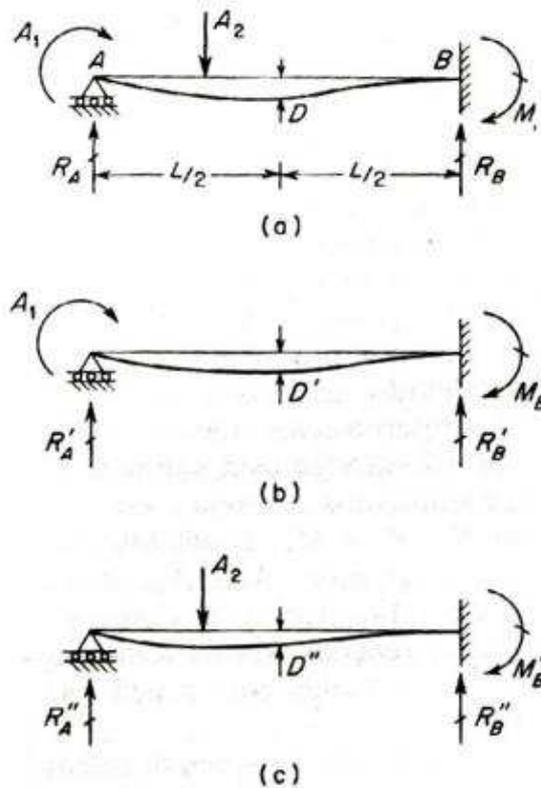


Figura 7: Princípio da superposição.

Fonte: GERE; WEAVER (1981)

3.3 Dimensionamentos e memorial de cálculo

A metodologia de dimensionamentos deste trabalho segue como principal literatura a norma técnica ABNT NBR 8800:2008 na qual se apresenta o método dos estados limites, base esta para o cálculo e verificação de estruturas metálicas.

O desenvolvimento de memoriais de cálculo apresenta uma grande importância, pois o usuário que utiliza a plataforma web recebe um relatório pelo sistema desenvolvido para revisar o processo de cálculo cumprido.

No banco de dados do site ficarão salvas informações de cálculo, as informações de perfis comerciais deverão ser inseridos pelo usuário neste momento. A seleção automática de perfis mais utilizados em condições de montagem estrutural metálica para aquelas condições, assim como uma criação de banco de dados destes perfis deverão ser criados posteriormente.

Este tópico do capítulo, apresenta o dimensionamento das peças metálicas, sendo subdivididas para cada um dos esforços analisados, sendo tração, compressão, flexão, cortante e combinadas. O dimensionamento é feito conforme as orientações propostas pela ABNT NBR 8800:2008. O escopo do desenvolvimento da plataforma, neste momento, engloba apenas os dimensionamento e verificações de tração e compressão.

3.3.1 Dimensionamento de peças e elementos tracionadas

As condições de dimensionamento de peças em estruturas metálicas estão dispostas na ABNT NBR 8800:2008, item 5.2. A seção 5 apresenta o dimensionamento de elementos estruturais quando submetidos a ações estáticas.

O dimensionamento de perfis metálicos destinados ao cálculo e verificação de estruturas metálicas, estão relacionados a aplicação de condições de contorno, onde sofrem ações do tempo, diretos de sua concepção e de meios externos, além de sua forma de montagem.

As ações passam por diversas solicitações, e estas solicitações possuem formas específicas de se analisar. As condições de verificação estrutural de aprovação ou reprovação de um determinado perfil ou elemento estrutural, para o dimensionamento a tração passa pela condição descrita abaixo, presente na ABNT NBR 8800:2008 seção 5.2.1.2: A força axial de tração solicitante de cálculo deve ser menor que a força axial de tração resistente de cálculo.

A distribuição de tensões em regime elástico depende do tipo de ligação entre as peças, ou seja, para condições de peças fixadas em ligações soldadas e parafusadas apresentam comportamento e análises distintas, Pfeil e Pfeil (2009).

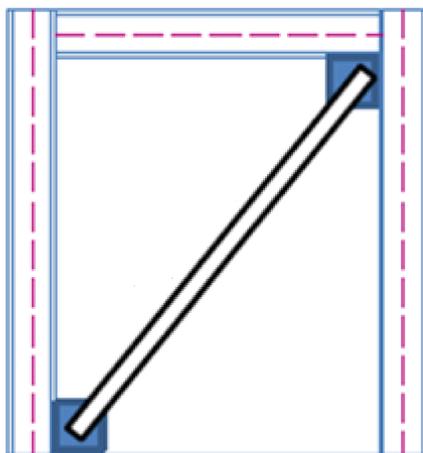


Figura 8: Perfil cantoneira submetida a tração.

Fonte: Autor (2021)

Dentro dos métodos empregados pela norma, a definição de algumas condições é necessária, como por exemplo nesta condição o uso de definição do limite de Esbeltez, dentro do estado ultimo de serviço.

Pfeil e Pfeil (2009) explicam que peças tracionadas são aquelas sujeitas a solicitações de tração axial ou tração simples. Sendo empregadas nas estruturas sob diversas formas:

- Tirantes ou pendurais;
- Contraventamentos de torres;
- Travamento de vigas ou colunas;
- Barras tracionadas de treliças.

Conforme a ABNT NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), (Na norma identifica-se na página 47, item 5.2.1.2) para o dimensionamento de barras tracionadas deve ser respeitada a condição expressa pela equação 3.10:

$$N_{t,Sd} \leq N_{t,Rd} \quad (3.10)$$

Onde:

$N_{t,Ed}$ = Força axial de tração solicitante de cálculo;

$N_{t,Rd}$ = Força axial de tração resistente de cálculo;

A força axial de tração resistente de cálculo deve ser o menor dos valores obtidos nas equações 3.11 e 3.12, sendo a primeira para o escoamento da seção bruta e a segunda para a ruptura da seção líquida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008):

a) Escoamento da **seção bruta**:

$$N_{tRd} = \frac{A_g \times f_y}{\gamma_{a1}} \quad (3.11)$$

b) Escoamento da **seção líquida**:

$$N_{tRd} = \frac{A_e \times f_u}{\gamma_{a2}} \quad (3.12)$$

Onde:

A_g = área bruta da seção transversal da barra;

A_e = área líquida efetiva da seção transversal da barra;

f_y = resistência ao escoamento do aço;

f_u = resistência à ruptura do aço;

γ_{a1} = coeficiente de ponderação relacionado a escoamento, flambagem e instabilidade;

γ_{a2} = coeficiente de ponderação relacionado à ruptura.

A área líquida efetiva para barras prismáticas é dada pela equação 3.13 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008), na página 48:

$$A_g = C_t \times A_n \quad (3.13)$$

Onde:

A_n = Área líquida da barra;

C_t = Coeficiente de redução da área líquida.

Pfeil e Pfeil (2009) definem como área líquida das barras (A_n) a área obtida subtraindo-se da área bruta (A_g) as áreas dos furos contidos em uma seção reta da peça.

Pfeil e Pfeil (2009) Também indicam que o caso de furação enviesada, é necessário pesquisar diversos percursos para encontrar o menor dos valores de seção líquida, uma vez que a peça pode romper segundo qualquer um desses percursos.

Esse conceito é representado na figura 9, com as linhas tracejadas representando os possíveis percursos de ruptura da peça a serem considerados e as indicações de percursos por cálculo e espaçamento.

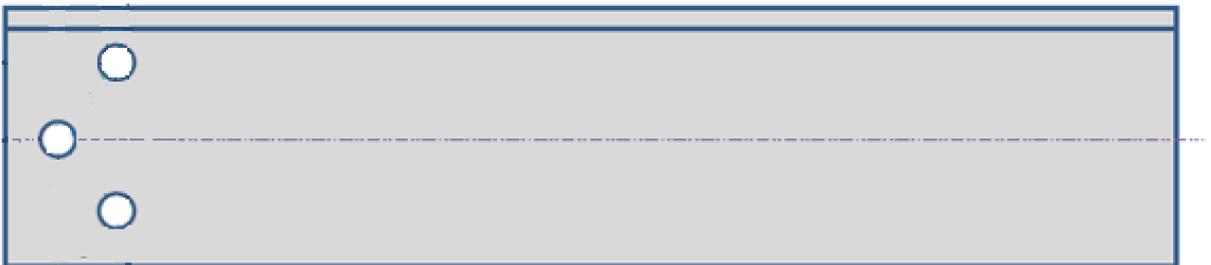


Figura 9: Perfil cantoneira submetida a tração com indicações de percurso para análise das furações.

Fonte: Autor (2021)

No caso de barras com extremidades rosqueadas, a área líquida efetiva é dada segundo a equação 3.14 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008):

$$A_g = 0,75 \times A_b \quad (3.14)$$

Sendo:

$$A_b = 0,25 \times G \times d^2 \quad (3.15)$$

Onde:

d = diâmetro da barra.

O coeficiente de redução de área líquida depende do tipo de perfil e do comprimento de ligação dos elementos soldados ou parafusados. Pfeil e Pfeil (2009) indicam que quanto maior o comprimento da ligação, menor é a redução aplicada às áreas.

Segundo a ABNT NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008), o valor desse coeficiente é de 1,00, quando a força de tração for transmitida diretamente para todos os elementos por soldas ou parafusos, ou é dado pela equação 3.15, para ligações compostas apenas por soldas, ou pela equação 3.16, para perfis de seção aberta:

- a) Quando a força de tração for transmitida diretamente para cada um dos elementos da seção transversal da barra, por solda ou parafuso.

$$C_t = 1,00 \quad (3.16)$$

- b) Quando a força de tração for transmitida somente por soldas transversais.

$$C_t = \frac{A_c}{A_q} \quad (3.17)$$

- c) Nas barras com seções transversais abertas, quando a força de tração for transmitida somente por parafusos ou somente por soldas longitudinais ou ainda por uma combinação de soldas longitudinais e transversais para alguns (Não todos) elementos da seção transversal (Devendo, no entanto, ser usado 0,90 como limite superior, e não se permitindo o uso de ligações que resultem em um valor inferior a 0,60).

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} \quad (3.18)$$

Onde:

A_c = área dos segmentos ligados;

A_g = área bruta da seção transversal da barra

e_c = excentricidade do plano de ligação em relação ao centro geométrico da seção da porção que resiste ao esforço de tração;

l_c = comprimento efetivo da ligação (é igual ao comprimento da solda na direção da força de tração, para ligações soldadas, ou a distância entre o primeiro e o último parafuso na direção da força de tração, para ligações parafusadas).

3.3.2 Dimensionamento de peças e elementos comprimidos

Este item do capítulo apresenta os critérios de dimensionamento de barras prismáticas submetidas à compressão simples, levando em conta os efeitos de flambagem. Sendo que os efeitos da flexo-compressão não serão abordados.

Pfeil e Pfeil (2009) mostram as principais diferenças entre os esforços de compressão e os de tração:

Ao contrário do esforço de tração, que tende a retificar as peças reduzindo o efeito de curvaturas iniciais existentes, o esforço de compressão tende a acentuar esse efeito. Os deslocamentos laterais produzidos compõem o processo conhecido por **flambagem por flexão** que, em geral, reduz a capacidade de carga da peça em relação ao caso da peça tracionada.

Conforme a NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008), no dimensionamento de barras prismáticas submetidas à força axial de compressão, deve ser atendida a condição:

$$N_{c,Sd} \leq N_{c,Rd} \quad (3.19)$$

Onde:

$N_{c,Sd}$ = força axial de compressão solicitante de cálculo;

$N_{c,Rd}$ = força axial de compressão resistente de cálculo.

A força axial resistente de cálculo é dada pela equação 3.20, inserida abaixo. É importante ressaltar que os efeitos associados aos Estados Limites Últimos de instabilidade por flexão, por torção ou flexo torção e de flambagem local já estão considerados na equação descrita abaixo:

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (3.20)$$

Onde:

χ = fator de redução associado à resistência à compressão;

Q = fator de redução total associado à flambagem local;

A_g = área bruta da seção transversal da barra;

f_y = resistência ao escoamento do aço;

γ_{a1} = coeficiente de ponderação relacionado a escoamento, flambagem e instabilidade.

O fator de redução associado à resistência à compressão varia de acordo com o índice de esbeltez reduzido (λ_0), que é apresentado na equação 3.21. Para valores de λ_0 inferiores ou iguais à 1,5, χ é dado pela equação 3.22. Para os demais valores do índice de esbeltez reduzido, determina-se o fator de redução associado à resistência à compressão conforme indicado na equação 3.23 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008), seguindo as equações abaixo.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} \quad (3.21)$$

$$\chi = 0,658\lambda_0^2 \quad (3.22)$$

$$\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \quad (3.23)$$

Onde:

N_e = força axial de flambagem elástica;

λ_0 = índice de esbeltez reduzido

A força axial de flambagem elástica representa a carga de compressão máxima em que ainda é possível manter a configuração retilínea da estrutura, sem que ocorra o efeito de flambagem (PFEIL; PFEIL, 2009). Essa força é definida para cada tipo de perfil nos próximos itens.

São exemplos de perfis com dupla simetria ou simetria em relação a um ponto os perfis I, H, barras redondas, entre outros. Nesse caso precisa-se calcular o N_e para flambagem em relação aos eixos principais de inércia e para flambagem por torção. Os valores de N_e são apresentados nas equações 3.24 e 3.25, respectivamente, e deve ser escolhido o menor dos valores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008):

$$N_e = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(KL)^2} \quad (3.24)$$

$$N_e = \frac{1}{r_0^2} \frac{\pi^2 \times E \times C_w}{(K_z \times L_z)^2} + G \times J \quad (3.25)$$

Onde:

KL = comprimento de flambagem por flexão em relação a um dos eixos principais de inércia;

I = momento de inércia de seção transversal em relação a um dos eixos principais de inércia;

$K_z L_z$ = coeficiente de flambagem por torção;

E = módulo de elasticidade do aço;

C_w = constante de empenamento da seção transversal;

G = módulo de elasticidade transversal do aço;

J = constante de torção da seção transversal;

r_0 = raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

O item raio de giração polar r_0 vai seguir a equação 3.26, descrita abaixo:

$$\lambda_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)} \quad (3.26)$$

Onde:

r_x = raio de giração em relação ao eixo central x;

r_y = raio de giração em relação ao eixo central y;

x_0 = coordenada do centro de cisalhamento na direção do eixo x em relação ao centro geométrico da seção;

y_0 = coordenada do centro de cisalhamento na direção do eixo y em relação ao centro geométrico da seção.

Os coeficientes de flambagem por flexão são definidos segundo representações no figura 10. Caso o elemento analisado seja contraventado, esse coeficiente deve ser tomado igual a 1,0, a menos que seja possível adotar um valor inferior (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008).

O coeficiente de flambagem por torção a ser utilizado é 1,0 quando ambas as extremidades possuírem rotação em torno do eixo longitudinal impedida e empenamento livre. No caso de apenas uma extremidade da barra possuir rotação em torno do eixo longitudinal e empenamento impedidos enquanto na outra eles são livres, o valor do coeficiente deve ser 2,0 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008).

A linha tracejada indica a linha elástica de flambagem	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K_x ou K_y	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Código para condição de apoio	Rotação e translação impedidas Rotação livre, translação impedida Rotação impedida, translação livre Rotação e translação livres					

Figura 10: Coeficiente de flambagem por flexão de elementos isolados, referenciado em NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

Conforme a ABNT NBR 8800:2008 para efeitos de flambagem local, os elementos componentes das seções transversais usuais, exceto as seções tubulares circulares, são classificadas em AA, quando possuem as duas bordas longitudinais vinculadas, e AL, quando possuem apenas uma. A Norma ainda define valores do fator de redução total associado à flambagem local, Q , em função do tipo de perfil e de suas propriedades geométricas.

Se a relação entre largura e espessura (b/t) dos elementos componentes da seção transversal for inferior à relação $(b/t)_{lim}$, apresentada na figura 10, o fator de redução total associado à flambagem local, Q , será igual a 1,00. Caso a relação (b/t) for superior à $(b/t)_{lim}$, Q será determinado segundo a equação 3.27.

$$Q = Q_s \times Q_a \quad (3.27)$$

Onde:

Q_s = fator de redução que leva em conta flambagem local dos elementos AL (figura 10);

Q_a = fator de redução que leva em conta flambagem local dos elementos AA (figura 10).

No caso da seção possuir apenas elementos AL, o termo Q_a é suprimido. O inverso acontece para seção que apresenta somente elementos AA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008).

Para elementos do tipo AA cuja relação entre largura e espessura ultrapassar os valores indicados na figura 10, é necessário calcular o Q_a . A ABNT NBR 8800:2008 indica a equação 3.28 como forma de obter o valor do fator de redução total associado à flambagem local, seguindo equação abaixo.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} \quad (3.28)$$

Onde:

$$Q_a = A_g - (b - b_{ef}) \times t \quad (3.29)$$

e

$$Q_a = A_g - (b - b_{ef}) \times t \quad (3.29)$$

Onde:

A_g = área bruta;

A_{ef} = área efetiva da seção transversal;

b = largura dos elementos comprimidos AA;

t = espessura dos elementos comprimidos AA;

b_{ef} = largura efetiva dos elementos comprimidos AA; E = módulo de elasticidade do aço;

f_y = resistência ao escoamento do aço;

c_a = coeficiente igual a 0,38 para mesas e almas de seções tubulares retangulares ou quadradas, e 0,34 para os demais casos.

Para elementos do tipo AL, o cálculo de Q_s somente é necessário quando a relação entre largura e espessura ultrapassar os valores indicados no quadro 5. A norma NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008, p. 126-127) determina os valores desse fator conforme o grupo ao qual o elemento AL pertence.

Determina-se o Q_s para elementos AL pertencentes ao grupo 3 (quadro 5) utilizando as equações 3.30 e 3.31, descritas abaixo.

$$Q_s = 1,34 - 0,76 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}, \text{ para } 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{b}{t} < 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

e

$$Q_s = \frac{0,53 \times E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}, \text{ para } \frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.31)$$

Se o elemento pertence ao grupo 4, da figura 10, seguir as equações 3.32 e 3.33 dispostos abaixo.

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \sqrt{\frac{f_y}{E}}, \text{ para } 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{b}{t} < 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.32)$$

e

$$Q_s = \frac{0,69 \times E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}, \text{ para } \frac{b}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.33)$$

Elementos	Grupo	Descrição dos elementos	Alguns exemplos com indicação de b e t	$(b/t)_{lim}$
AA	1	<ul style="list-style-type: none"> Mesas ou almas de seções tubulares retangulares Lamelas e chapas de diafragmas entre linhas de parafusos ou soldas 		$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	2	<ul style="list-style-type: none"> Almas de seções I, H ou U Mesas ou almas de seção-caixão Todos os demais elementos que não integram o Grupo 1 		$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
AL	3	Abas de cantoneiras simples ou múltiplas providas de chapas de travessamento		$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	4	<ul style="list-style-type: none"> Mesas de seções I, H, T ou U laminadas Abas de cantoneiras ligadas continuamente ou projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas Chapas projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas 		$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	5	Mesas de seções I, H, T ou U soldadas ^a		$0,64 \sqrt{\frac{E}{(f_y/k_c)}}$
	6	Almas de seções T		$0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Figura 11: Valores referentes a $(b/t)_{lim}$, indicado em **NBR 8800**.

Fonte: ABNT (2008)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 8800 (2008)

Se o elemento pertence ao grupo 5, da figura 10, seguir as equações 3.34 a 3.36 dispostos abaixo.

$$Q_s = 1,415 - 0,65 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{K_c \times E}}, \text{ para } 0,64 \sqrt{\frac{E}{f_y/K_c}} < \frac{b}{t} < 1,17 \sqrt{\frac{E}{f_y/K_c}} \quad (3.34)$$

e

$$Q_s = \frac{0,90 \times E \times K_c}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}, \text{ para } \frac{b}{t} > 1,17 \sqrt{\frac{E}{f_y/K_c}} \quad (3.35)$$

e

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \quad (3.36)$$

Se o elemento pertence ao grupo 6, da figura 10, seguir as equações 3.37 e 3.38 dispostos abaixo.

$$Q_s = 1,908 - 1,22 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}, \text{ para } 0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{b}{t} < 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.37)$$

e

$$Q_s = \frac{0,69 \times E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}, \text{ para } \frac{b}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.38)$$

Onde:

k_c = coeficiente que varia entre 0,35 e 0,76; h = altura da alma;

t_w = espessura da alma;

b = largura dos elementos comprimidos AL;

t = espessura dos elementos comprimidos AL; E = módulo de elasticidade do aço;

f_y = resistência ao escoamento do aço.

Nos elementos de seção tubular circular, o fator de redução para flambagem local, Q , é determinado na NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008) pelas equações 3.39 e 3.40. Não sendo prevista a utilização de seções com D/t superior a $0,45E/f_y$.

$$Q_s = 1,908 - 1,22 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}, \text{ para } 0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{b}{t} < 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.39)$$

e

$$Q_s = \frac{0,69 \pi E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}, \text{ para } \frac{b}{t} > 1,03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.40)$$

Onde:

D = diâmetro externo da seção tubular circular;

t = espessura da parede.

E = módulo de elasticidade do aço;

f_y = resistência ao escoamento do aço.

A condição de compressão em elementos estruturais de perfis metálicos aplicados a estruturas metálicas, seguem os princípios da teoria clássica de flambagem, aplicado em consideração a pilar ideal, sem deslocamento e flambagem.

Dentro desta análise, se considera ao material ele homogêneo, com comportamento elástico linear, sem imperfeições geométricas, sem instabilidade local ou torção.

Aplicado a colunas e contraventamentos, além de apresentar esta condição em outros pontos de estruturas, o dimensionamento por compressão ou de peças comprimidas, segue as orientações da NBR 88800:2008 e sua verificação estará conforme ela.

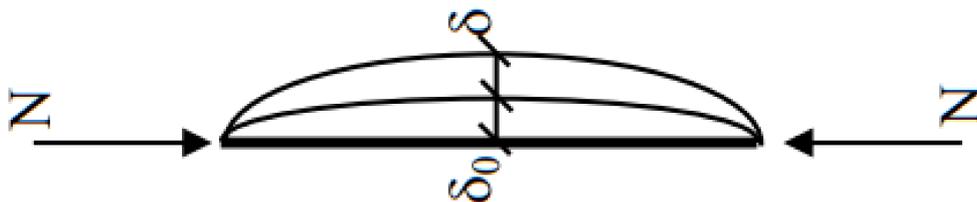


Figura 12: Esquemático de peça sofrendo solicitações de carga em compressão, elemento barra em representação com flecha indicada.

Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Existem verificações de instabilidade local para esta condição, por ser aplicada a colunas que podem sofrer com esta condição podendo sofrer torças em sua geometria.

As tensões residuais e as imperfeições geométricas trazem efeitos adicionais a esta condição de aplicação, logo estes efeitos vão ser considerados.

3.3.3 Outras formas de dimensionamento

Durante o processo de verificação apresentam outros dimensionamentos, onde estes estarão em dimensionamentos anexados futuramente a plataforma. São condições de flexão simples dos sistemas de montagem e aplicação e as condições contidas provenientes de esforços cortantes e combinadas.

Os aprofundamentos do tema em específico nesta condição não se fez necessário pois estará incluso no dimensionamento geral do sistema, na área de verificações.

As aplicações em flexão simples são atendidas de maneira mais específica dentro da plataforma por sua condição mais comum de aplicação.

3.3.3.1 Flexão

Pfeil e Pfeil (2009) demonstram a importância do dimensionamento à flexão:

No projeto no estado limite último de vigas sujeitas à flexão simples calcula-se, para as seções críticas, o momento e o esforço cortante resistentes de projeto para compará-los aos respectivos esforços solicitantes de projeto.

A resistência à flexão das vigas pode ser afetada pela flambagem local e pela flambagem lateral. A **flambagem local** é a perda de estabilidade das chapas comprimidas componentes do perfil, a qual reduz o momento resistente da seção.

Na **flambagem lateral** a viga perde seu equilíbrio no plano principal de flexão (em geral vertical) e passa a apresentar deslocamentos laterais e rotações de torção.

Os tipos de seções transversais mais adequados para o trabalho à flexão são aqueles com maior inércia no plano da flexão, isto é, com as áreas mais afastadas do eixo neutro. O ideal, portanto, é concentrar as áreas em duas chapas, uma superior e uma inferior, ligando-as por uma chapa fina. Concluímos assim que as vigas em forma de I são as mais funcionais.

Da citação anterior nota-se que a determinação do momento resistente de cálculo dependerá dos efeitos de flambagem local e de flambagem lateral, e chega-se à mesma conclusão apontada pela NBR 8800:2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008) e apresentada na equação:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (3.41)$$

Onde:

M_{Sd} = Momento fletor solicitante de cálculo;

M_{Rd} = Momento fletor resistente de cálculo.

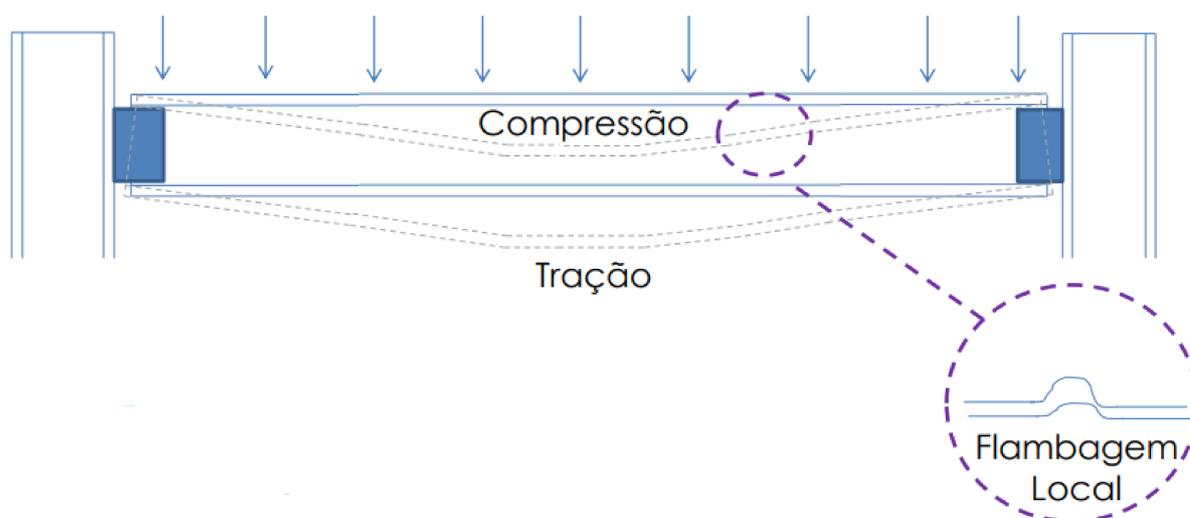


Figura 13: Representação dos efeitos de flexão.

Fonte: Autor, 2021.

Tipo de seção e eixo de flexão	Estados-limites aplicáveis	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h}{t_w}$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com apenas um eixo de simetria situado no plano médio da alma, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia (ver Nota 9)	FLT	$(f_y - \sigma_r)W_c$ $\leq f_y W_t$ Ver Nota 5	Ver Nota 2	$\frac{L_b}{r_{yc}}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 2
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W_c$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_c}{t_w}$	$\frac{\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{f_y}}}{\left(0,54 \frac{M_{pl}}{M_r} - 0,09\right)^2} \leq \lambda_r$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U fletidas em relação ao eixo de menor momento de inércia	FLM Ver Nota 3	$(f_y - \sigma_r)W$	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA Ver Nota 3	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$\frac{h}{t_w}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções sólidas retangulares fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$f_y W$	$\frac{2,00 C_b E}{\lambda} \sqrt{JA}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E}{M_{pl}} \sqrt{JA}$	$\frac{2,00 E}{M_r} \sqrt{JA}$
Seções-caixão e tubulares retangulares, duplamente simétricas, fletidas em relação a um dos eixos de simetria que seja paralelo a dois lados	FLT Ver Nota 7	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	$\frac{2,00 C_b E}{\lambda} \sqrt{JA}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E}{M_{pl}} \sqrt{JA}$	$\frac{2,00 E}{M_r} \sqrt{JA}$
	FLM	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	FLA	$f_y W$	-	$\frac{h}{t_w}$	Ver Nota 10	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Figura 14: Parâmetros referentes ao momento fletor resistente, referente a NBR 8800.

Fonte: ABNT (2008)

O momento fletor resistente de cálculo deve ser determinado para o caso de flambagem lateral com torção (FLT), de flambagem local da mesa (FLM) e de flambagem

local da alma (FLA), sendo seu valor o menor encontrado nesses casos. Além disso, o momento fletor resistente de cálculo depende da esbeltez do perfil, devendo ser calculado diferentemente em função de seu valor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008).

Nos itens seguintes, serão apresentadas as equações para a determinação do momento fletor resistente de cálculo. Cabe ressaltar que os valores das variáveis h_p , h_r , e M_{cr} serão indicados posteriormente na figura 12.

O momento fletor resistente de cálculo para seções do tipo I, H, U e C com exceção do perfil T, é determinado de acordo com as equações que seguem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008).

A figura 13 define os valores do momento fletor de plastificação, do momento fletor correspondente ao início do escoamento, da esbeltez da seção e dos parâmetros de esbeltez correspondentes à plastificação e ao início do escoamento.

O dimensionamento segue conforme a figura 13, adaptado as condições de verificação como tipo de perfil e aplicações. Seguir referências da figura 13, acima.

3.3.3.2 Cisalhamento e Esforços Combinados

A Aço Minas Gerais S/A (1989) afirma que o cisalhamento ocorre quando há um desligamento das porções adjacentes do material de uma barra e é resistido essencialmente pela área vertical da seção transversal da viga. Para o dimensionamento desse esforço, utilizando a NBR 8800:2008, deve ser atendida a equação 3.42 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 8800:2008):

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (3.42)$$

Onde:

V_{Sd} = Força cortante solicitante de cálculo;

V_{Rd} = Força cortante resistente de cálculo.

O cálculo da força cortante resistente de cálculo segundo a NBR 8800 difere entre perfis de seção tubular circular e os demais. Dessa forma, as próximas seções apresentam as equações envolvidas no dimensionamento de cada um desses casos, respectivamente.

3.3.4 Processos de verificação estrutural em perfis metálicos

O processo de cálculo para verificação estrutural de perfis metálicos vai passar pela definição dos tipos de perfis utilizados pelo projetista ou calculista, assim as condições contorno vão ser definidas com base na condição de uso de cada peça.

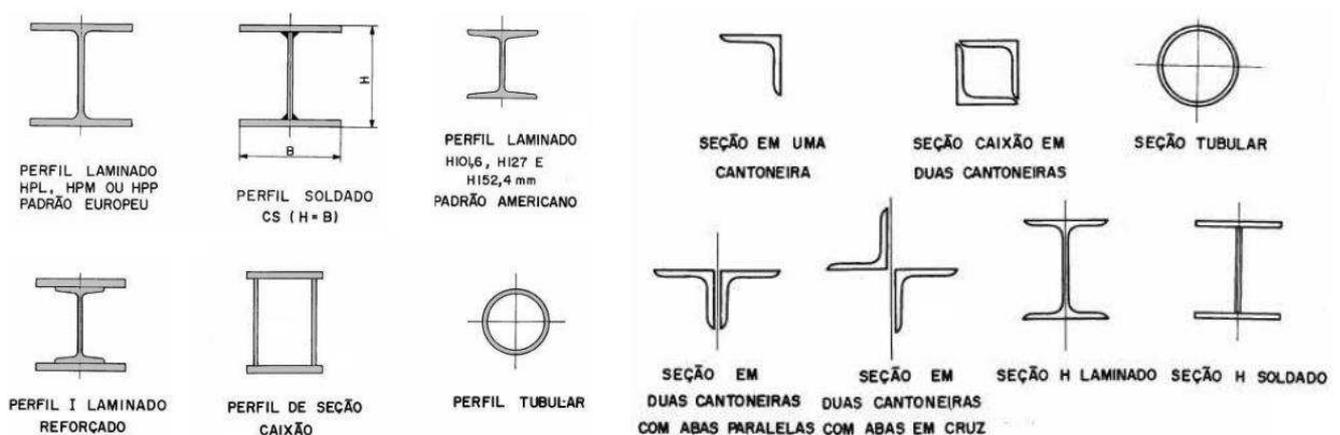


Figura 15: Esquemático de perfis metálicos e suas aplicações: (a) Coluna; (b) Contraventamentos.

Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Além da seleção do perfil que pretende utilizar, neste caso verificar por condição, a definição dos carregamentos e as suas aplicações é de grande importância pois devem ser seguidos processos conforme a norma ABNT NBR 8800:2008, sendo majorado os carregamentos e minoradas as resistências conforme os sub métodos dentro do método dos estados limites (LRFD), sendo eles o estado limite de serviço e estados limites últimos, duas condições que devem ser analisadas.

Os processos vão ser desenvolvido no decorrer do processo, assim criado um mapa mental de como vai funcionar o dimensionamento geral de cada subdimensionamento e a verificação por perfil.

3.4 Cálculos e dimensionamentos específicos

As rotinas de dimensionamentos passam por algumas verificações de rotina, com as conexões podendo ser elas parafusadas ou soldadas, além das interface aço-aço ou aço-concreto. Para cada situação descrita acima, existe um procedimento de cálculo para definição de algumas condições.

Como aba de dimensionamentos específicos, está incluso:

- Ligações soldadas;
- Ligações parafusadas;
- Placas base;

Os mesmos, por serem dimensionamentos específicos apresentam a sua emissão de relatório separado do procedimento de outras verificações. A aplicação na plataforma *WEB* destas condições citadas acima será feita posteriormente, após esta fase inicial de desenvolvimento.

3.5 Sistemática de desenvolvimento da plataforma WEB

No desenvolvimento da plataforma web, serão utilizadas 4 (quatro) linguagens de programação, sendo elas: *HTML 5*, *Javascript*, *CSS 3* (estas vinculadas ao front-end) e *PHP 5.6* (este último aplicado ao back-end).

A utilização de sistemas de banco de dados com *MySQL* para proporcionar o armazenamento de informações dos usuários e dos dimensionamentos, assim como a criação de sua conta própria no sistema.

Para a criação das interfaces de plataforma, foi utilizado o *Bootstrap*, 4.0, por ser um framework com simplicidade de uso e que tem como vantagem de ser gratuito e atender as necessidades de intuitividade e responsividade para diferentes tamanhos de tela.

Serão selecionados três profissionais para fazerem testes iniciais com o site, comparando serviços desenvolvidos sem o uso da aplicação web e com o uso da plataforma web, assim conseguindo avaliar a mesma condição de uso nas duas situações, tendo um panorama de sua funcionalidade e confirmando sua aplicação prática, necessária e eficiente ao que se propõe.

4 TECNOLOGIAS NECESSÁRIAS E SOLUÇÕES UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA WEB

Neste capítulo apresenta-se todas as tecnologias necessárias para o desenvolvimento de uma plataforma *WEB*, como proposta deste trabalho. A estrutura geral segue em duas fases: *front-end* e *Back-end*. Aplicações de *front-end* são elementos visuais da relação código-usuário, tratando da experiência na página *WEB* ou aplicativo, incluindo elementos como botões, menus, links, gráficos e textos. *back-end* equivale ao serviço de servidor, gerenciando dados de entrada, saída e aplicações, estes que são solicitados com informações da organização interna do sistema.

Para testes de desenvolvimento do *front-end* e *back-end* da plataforma foi utilizada o *XAMPP Control Panel*, visto que apresentam servidores de código aberto, tal como banco de dados *MySQL*, e apache com suporte a linguagens *PHP* utilizados na plataforma. Servidor *WEB* livre, disponível para dispositivos Microsoft Windows, Linux e MacOS X.

As linguagens incorporadas ao *front-end* são: *HTML*, *Javascript* e *CSS* em paralelo ao *Bootstrap*, *framework* livre para construção em código nas linguagens de programação citadas acima.

4.1 Editor de programação Visual Studio Code

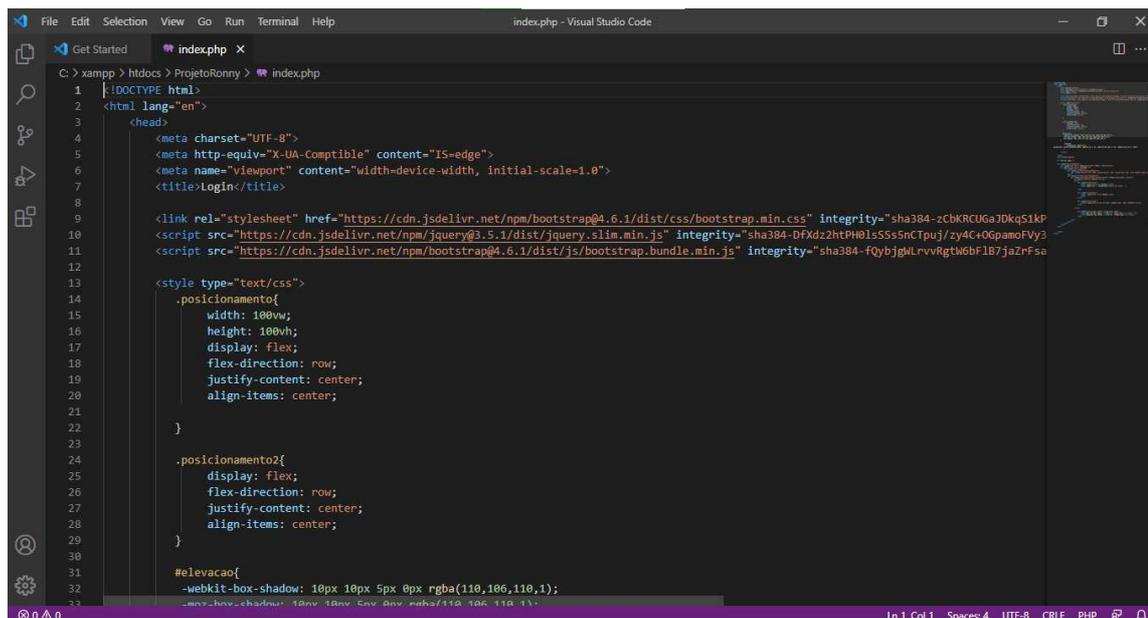
O *Visual Studio Code* é um editor de código aberto, gratuito, para desenvolvimento de plataformas, sites e aplicativos *WEB*, disponível gratuitamente para *Linux*, *MacOS X* e *Windows*.

Este editor de código-fonte é um software livre e de código aberto desenvolvido pela *Microsoft*, disponível para diversos sistemas operacionais. Suporta mais de 30 linguagens de programação e banco de dados distintos, algumas das quais são as linguagens de programação utilizadas na construção da plataforma.

Javascript, *PHP*, *Java*, *HTML*, *CSS*, *Python* são algumas das mais comuns linguagens neste editor. O *Visual Studio Code* funciona com arquivos e pastas, em conjunto ao *XAMPP* simulam o funcionamento da plataforma de maneira *WEB*.

O editor é considerado um ambiente de programação e edição de códigos bastante intuitivo, fácil de se utilizar, possuindo interfaces com diversas cores auxiliando no entendimento e construção dos códigos, principalmente aos iniciantes em ambientes de programação. Integra vários recursos que auxilia o desenvolvimento de uma aplicação, produzindo economia de tempo

e esforço, visto que disponibiliza funções de complementação de códigos, atuando como corretor ou atalho automático de uso. Dentre os recursos disponíveis para facilitar os desenvolvimentos, o funcionamento em paralelo com o *Bootstrap*, presente no item 4.2.1.1, produz uma praticidade, pois existem modelos de elementos já desenvolvidos na plataforma *Bootstrap*, visto que o editor funciona com diversas linguagens de programação e com os códigos oriundos da plataforma, permitida por extensões adquiridas no *software*.



```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
6   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
7   <title>login</title>
8
9   <link rel="stylesheet" href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/css/bootstrap.min.css" integrity="sha384-zCbKRCUGa7DkqS1kP
10 <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/jquery@3.5.1/dist/jquery.slim.min.js" integrity="sha384-DfXdz2htPH0lsSS55nCTpuj/zy4C+0GpaoFVY3
11 <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/js/bootstrap.bundle.min.js" integrity="sha384-FqybjgWlrVvRgtW6bF1B7jzrFsa
12
13 <style type="text/css">
14   .posicionamento{
15     width: 100vw;
16     height: 100vh;
17     display: flex;
18     flex-direction: row;
19     justify-content: center;
20     align-items: center;
21   }
22
23
24   .posicionamento2{
25     display: flex;
26     flex-direction: row;
27     justify-content: center;
28     align-items: center;
29   }
30
31   #elevacao{
32     -webkit-box-shadow: 10px 10px 5px 0px rgba(110,106,110,1);
33

```

Figura 16: Interface do Visual Studio Code.

Fonte: Autor, 2021.

Para a construção da plataforma *WEB* proposta neste trabalho, foi utilizado um editor de programação performático, simples e com interface agradável, além de ser reconhecido no mercado de desenvolvimento *WEB*. As linguagens de programação de referência, citadas em determinado momento, serão apresentadas a seguir.

4.2 Linguagens de programação utilizadas para desenvolvimento *WEB*

Em virtude deste trabalho abordar o projeto e desenvolvimento de uma plataforma *WEB* com a finalidade de facilitar e automatizar o processo de dimensionamento de estruturas metálicas para diversos perfis metálicos comerciais, seguindo as normas técnicas brasileiras, e

faz-se necessários apresentar as principais linguagens de programação que serão utilizadas no decorrer do desenvolvimento. Os subitens que seguem abaixo apresentam uma breve explicação sobre as linguagens utilizadas no *front-end* e *back-end*.

4.2.1 Aplicações de *Front-end*

O *front-end* é a parte da aplicação *WEB* que fica do lado do usuário, o *cliente-side*, isso significa que é a parte do site que foi renderizado no navegador do cliente. É a visualização de uma aplicação *WEB*, que gera a relação código-usuário, sendo necessário uma atenção aos elementos da experiência do usuário na página *WEB* ou aplicativos, sendo páginas, botões, menus, links e gráficos. A adesão entre programação e design tem relação direta com o *front-end*, visto que tem influência no desempenho do usuário e os resultados que ele pode alcançar neste sistema, sendo plataforma ou aplicativo, representado na figura 17.



Figura 17: Ilustração sobre *front-end* e *back-end*.

Fonte: Apex (2020)

Conforme as tendências aplicadas por desenvolvedores nas principais indústrias, existe uma necessidade de criar uma interface simples, de fácil visualização, intuitiva, e que possa ser autoexplicativa, responsiva nas aplicações, compatível com diferentes tamanhos de telas e dispositivos, combinados a uma estética atraente e atual. De forma, com o intuito de facilitar a composição para atender aos requisitos apresentados acima, o *Bootstrap* atua como *framework* de desenvolvimento gráfico.

Para elaborar o *front-end* da plataforma, com uso do *Bootstrap*, serão utilizados 03 (Três) linguagens de programação, sendo elas: *HTML 5*, *Javascript* e *CSS 3*. Suas respectivas funções serão apresentadas nos subitens abaixo.

4.2.1.1 Bootstrap v4.6

O *Bootstrap* é um *framework CSS* gratuito para desenvolvimento *HTML*, *CSS* e *Javascript*. Facilita a criação de protótipos rapidamente ou aplicações completas com nossas variáveis e *mixins Sass*, sistemas de grid responsivos, componentes pré-construídos e poderosos plugins Javascript (BOOTSTRAP, 2020). É uma ferramenta utilizada em aplicações *front-end*, ou seja, nas camadas de interface com o usuário para o desenvolvimento de aplicações adaptáveis à tela de qualquer dispositivo, indicada na figura 18 a interface do site origem.

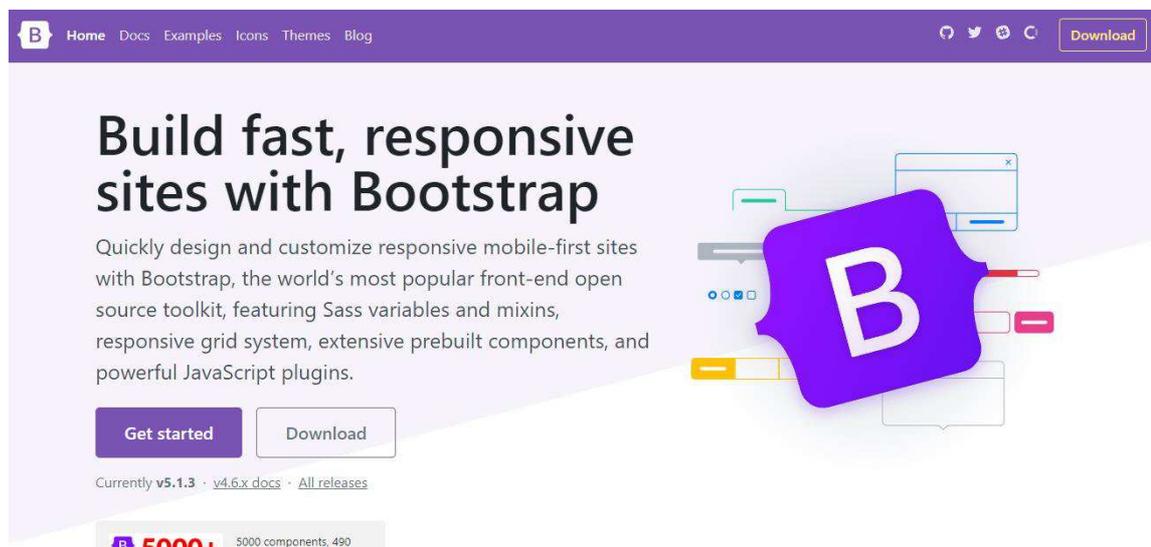


Figura 18: Página inicial do *Bootstrap*.

Fonte: BOOTSTRAP (2020).

O objetivo está relacionado com a interação do usuário final, sendo profissionais ou estudantes que estejam utilizando a plataforma, proporcionando uma experiência mais agradável e ténue ao usuário durante a manipulação da mesma. Desenvolvido pelo *Twitter* no ano de 2010, no intuito da padronização de ferramentas aplicadas na empresa, neste momento chamado de *Twitter Blueprint*. Em 2011, pela transformação em código aberto, teve o nome alterado para *Bootstrap*.

Combinando *CSS* e *Javascript* para estilizar os elementos de uma página *HTML*. Com relação ao *Design*, vai além da mudança de cores, botões e geração de links, visto que apresenta diversos modelos para cada elemento construtivo presente em páginas *HTML* utilizados. Atualmente além de proporcionar uma experiência interativa na página, vinculada a ferramentas de menus de navegação, barras de progresso, cards; contendo outros elementos construtivos.

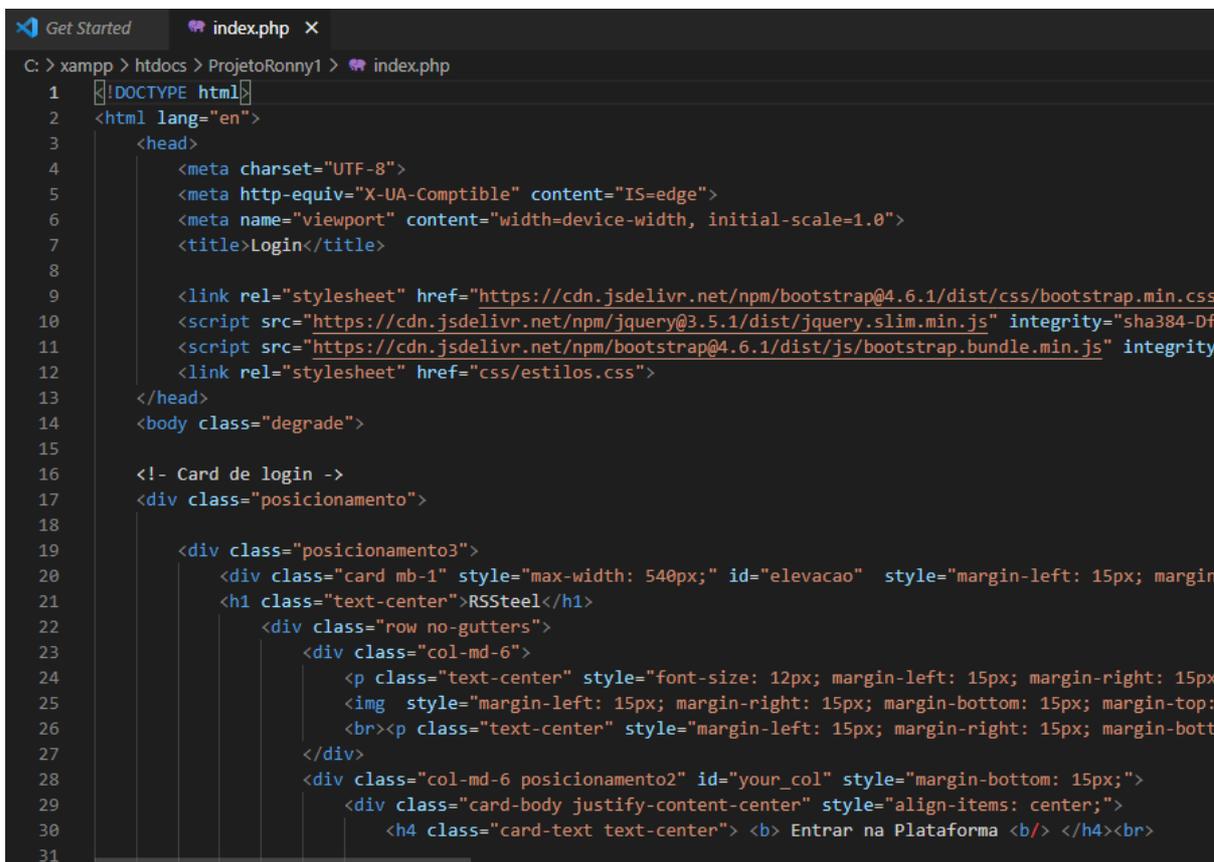
Além de todas essas funcionalidades que o *framework* oferece, o seu principal objetivo é permitir a construção de sites responsivos para dispositivos móveis. Então significa que as páginas são desenvolvidas para serem executadas em desktop, notebooks, tablets e *smarthphones* de uma forma simples e bem organizada (SOUZA, 2019). O *Bootstrap* oferece uma série de funcionalidades que podem ser implementadas em um site, como: *Layout* responsivo e biblioteca de componentes (BOOTSTRAP, 2020).

4.2.1.2 HTML 5

O *HTML* é uma linguagem de marcação, padrão de páginas da *internet*, que é interpretada pelo navegador resultando na formatação e posicionamento do conteúdo do *website*. Suas atribuições são declaradas em forma de *tags* com início e fim representando na forma “<comando>” e “</comando>” (BONATI, 2013). É um componente fundamental da *WEB*, permitindo inserir o conteúdo e estabelecer a estrutura básica de um *website*, ou seja, o *HTML* representa toda a estrutura de uma página enquanto as demais linguagens de programação serão combinadas ao corpo principal.

O *HTML*, que significa *Hipertext Markup Language*, traduzido para o português como “Linguagem de Marcação de Hipertexto”, foi originalmente desenvolvida pelo britânico Tim Berners-Lee enquanto estava no CERN – Organização Europeia de Pesquisa, com sede em Genebra na Suíça, e popularizado pelo Mosaic, navegador desenvolvido pela NCSA – Centro Nacional de Aplicações para Supercomputação. Durante a década de 1990, floresceu com o crescimento explosivo da *WEB* (RAGGETT, 1999).

É um componente fundamental da *WEB*, permitindo a inserção do conteúdo, mais também estabelece a estrutura básica de um *website*. Sua finalidade é organizar e proporcionar significado as informações de uma página na *WEB*. Sem este recurso, o navegador não poderia apresentar os textos com elementos ou carregar imagens, indicada na figura 19.



```

1  <!DOCTYPE html>
2  <html lang="en">
3    <head>
4      <meta charset="UTF-8">
5      <meta http-equiv="X-UA-Comptible" content="IS=edge">
6      <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
7      <title>Login</title>
8
9      <link rel="stylesheet" href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/css/bootstrap.min.css">
10     <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/jquery@3.5.1/dist/jquery.slim.min.js" integrity="sha384-Df">
11     <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@4.6.1/dist/js/bootstrap.bundle.min.js" integrity="
12     <link rel="stylesheet" href="css/estilos.css">
13   </head>
14   <body class="degrade">
15
16   <!-- Card de login -->
17   <div class="posicionamento">
18
19     <div class="posicionamento3">
20       <div class="card mb-1" style="max-width: 540px; id="elevacao" style="margin-left: 15px; margin-
21       <h1 class="text-center">RSSteel</h1>
22       <div class="row no-gutters">
23         <div class="col-md-6">
24           <p class="text-center" style="font-size: 12px; margin-left: 15px; margin-right: 15px;
25           <img style="margin-left: 15px; margin-right: 15px; margin-bottom: 15px; margin-top:
26           <br><p class="text-center" style="margin-left: 15px; margin-right: 15px; margin-bott
27         </div>
28         <div class="col-md-6 posicionamento2" id="your_col" style="margin-bottom: 15px;">
29           <div class="card-body justify-content-center" style="align-items: center;">
30             <h4 class="card-text text-center"> <b> Entrar na Plataforma </b> </h4><br>
31

```

Figura 19: Início do código Index.php onde apresenta estrutura HTML, ambiente de edição Visual Studio Code, referente ao desenvolvimento da plataforma.

Fonte: Autor (2021).

A condução e funcionalidade do *HTML* é explicada por SILVA (2007), é uma linguagem utilizada para criar páginas *WEB*. Essas por sua vez são lidas por navegadores instalados nos dispositivos de seus visitantes. Os navegadores tem como função ler a linguagem *HTML* e a partir dela renderizar na tela o conteúdo das páginas, como textos, formulários de entrada de dados, tabelas, entre outros. Os Hipertextos são conjuntos de elementos conectados. Esses podem ser palavras, imagens, vídeos ou documentos que quando se conectam formam uma rede de informações que assim permitem a comunicação dos dados, organizando conhecimentos e

guardando informações. Este tipo de linguagem utiliza de conteúdos multimídia (Áudios, textos, imagens e vídeos) para comunicação e criação de determinadas páginas *WEB* (W3C Escritório Brasil, 2016).

Ao visitar uma página simples na web você pode perceber que existem diferentes distribuições e tamanhos para títulos, parágrafos, imagens, vídeos e qualquer outro elemento. Essa estrutura é estabelecida através do *HTML*. No início da web, era rotineiro encontrar sites com apenas textos e imagens simples, com uma estrutura básica e sem estilizações. Entretanto, nos dias atuais, dificilmente você encontrará sites que possuam apenas elementos *HTML*. (MARQUES, 2019).

O *HTML* atualmente se encontra na sua 5ª versão (conhecida como *HTML5*), que é a evolução da versão 4. Dentre os objetivos desta versão, destaca-se deixar o *HTML* mais semântico, ou seja, dar mais significado e objetividade na leitura do código (MAZZA, 2013). Graças ao *HTML5*, as folhas de estilo em cascata (*CSS*) e o *JavaScript* (que serão apresentados a seguir), podem realizar seu trabalho com maior eficiência (FERREIRA, 2011).

Atualmente grandes empresas utilizam *HTML5*, pode-se citar entre elas a *Adobe*, *Ebay*, *Paypal*, *Facebook*, *Intel* e a *Microsoft* (W3C, 2014). Como vantagem do uso do *HTML5*, pode-se citar que por ele possuir uma maior semântica em relação as versões anteriores, visto que o código é mais interpretável, então quando acontece a busca por dados acaba tendo um maior sucesso (MAZZA, 2013).

Ao considerar as condições do projeto da plataforma *WEB*, o *HTML* torna – se a estrutura principal de uma página, na qual o *CSS* e o *Javascript* como complementares formam a base para todo e qualquer *website* atualmente.

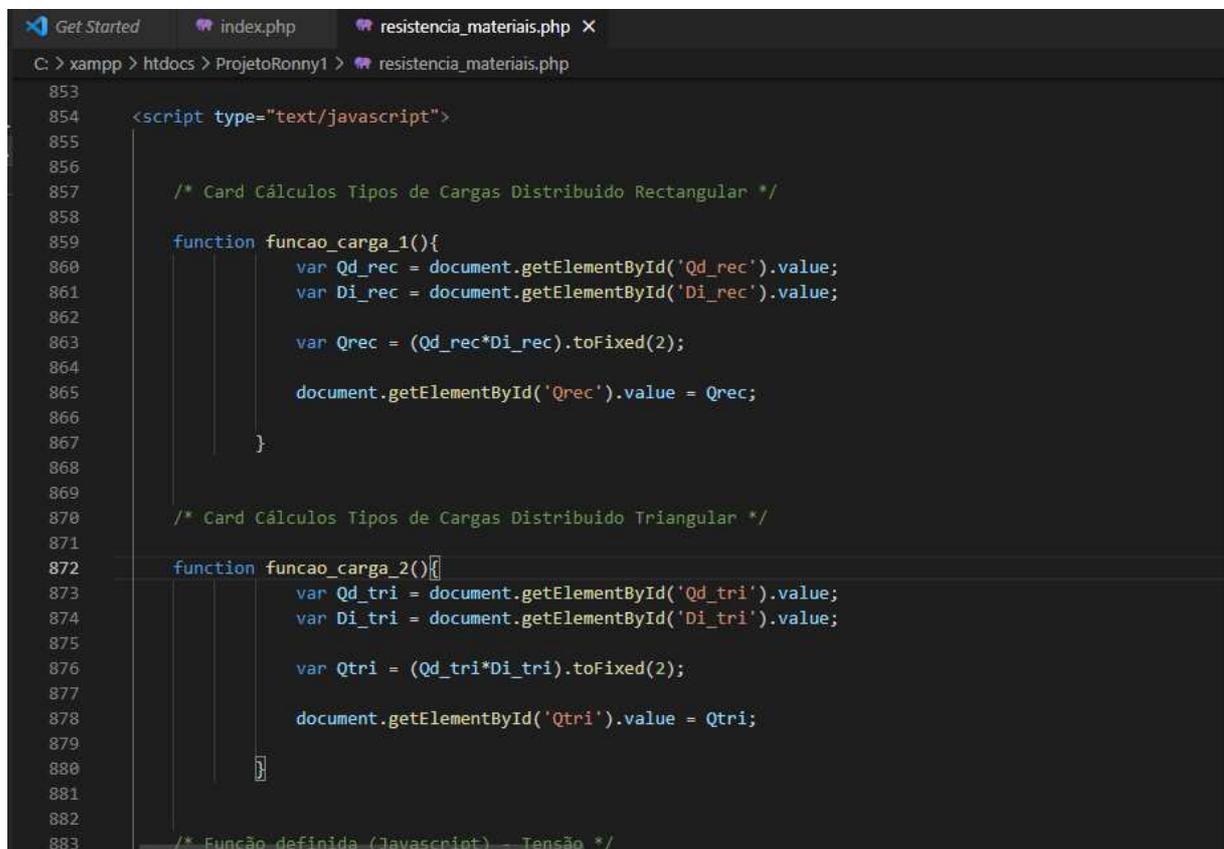
Na figura 18, apresenta o ambiente *Visual Studio Code* com código aplicado a plataforma *WEB*, onde apresenta a conexão da estrutura *HTML 5* com códigos-fonte do *Bootstrap* v4.6.

4.2.1.3 JavaScript

O *JavaScript* é uma linguagem de programação que oferece mais interatividade com o usuário, disponibilizando diversos recursos de interface gráfica necessárias para a construção de *website*. Sendo uma das linguagens de programação que mais cresce em seu número de usuários atualmente. *JavaScript* é uma linguagem que oferece interação em tempo real com usuários de uma página *WEB*, visto que, o usuário possa interagir com a página. É uma linguagem que

trabalha com eventos, podendo ser considerado um evento, entre outros, clicks do mouse, movimentos do mouse, uma tecla ser pressionada, etc. Também é orientada a objeto, o que entre outras coisas, traz mais organização, produtividade e desempenho para o programador (POWERS, 2008).

De acordo com Morrison (2008), o *JavaScript* permite manipular tudo que é renderizado por um navegador. Ele é capaz de capturar praticamente todas as ações do usuário em uma página *WEB*. Por ser considerado um “meio de comunicação” entre o usuário e a página, o *JavaScript* é lido, renderizado e executado dentro do navegador. Ou seja, ele trabalha do lado do cliente na maioria de suas utilizações (*client-side*).



```

853
854 <script type="text/javascript">
855
856
857 /* Card Cálculos Tipos de Cargas Distribuido Rectangular */
858
859 function funcao_carga_1(){
860     var Qd_rec = document.getElementById('Qd_rec').value;
861     var Di_rec = document.getElementById('Di_rec').value;
862
863     var Qrec = (Qd_rec*Di_rec).toFixed(2);
864
865     document.getElementById('Qrec').value = Qrec;
866
867 }
868
869 /* Card Cálculos Tipos de Cargas Distribuido Triangular */
870
871
872 function funcao_carga_2(){
873     var Qd_tri = document.getElementById('Qd_tri').value;
874     var Di_tri = document.getElementById('Di_tri').value;
875
876     var Qtri = (Qd_tri*Di_tri).toFixed(2);
877
878     document.getElementById('Qtri').value = Qtri;
879
880 }
881
882
883 /* Função definida (Javascript) — Tensão */

```

Figura 20: Código referente aos cálculos de Resistência dos Materiais onde apresenta a aplicação Javascript nas fórmulas de iteração, ambiente de edição Visual Studio Code, referente ao desenvolvimento da plataforma.

Fonte: Autor (2021).

Isso pode ser considerada uma vantagem, do ponto de vista de que a comunicação se torna mais rápida por estar do lado do cliente, e uma desvantagem, se pensarmos que o programador não consegue garantir segurança, já que a aplicação roda em um ambiente que o desenvolvedor não manipula (MORRISON, 2008). Por ser processado no lado do cliente da aplicação, ou seja, na máquina que acessa a aplicação, o *JavaScript* pode ser desabilitado pelo usuário da página, o que pode causar *randes bugs* na aplicação (POWERS, 2008).

Como modelo de funcionalidade do *JavaScript* apresenta criações de funções que realizam operações mediante acionamento de botões ou mudanças em campos de formulários, criação e manipulação de vetores para armazenamento de informações no *front-end*, entende-se como tudo aquilo que o usuário consegue interagir diretamente. Essa linguagem também permite o envio de informações e dados para o *back-end* e o processamento de dados no servidor, manipulação de banco de dados, sem necessidade de atualizar a página em questão.

Na idealização e criação da plataforma *WEB* de cálculos deste presente trabalho, aplica - se a linguagem *JavaScript* para construção da rotina de cálculos de dimensionamento, conforme as normas técnicas, em paralelo ao editor de programação *Visual Studio Code*, indicada na figura 20.

4.2.1.4 CSS

A definição da linguagem *CSS* (*Cascading Style Sheet*), conforme Bonatti (2013) os mecanismos de estilo da linguagem podem ser compartilhados entre diversas páginas, permitindo assim uma padronização visual simplificada de tamanhos, posições e formatações de textos e imagens do website. O *CSS* surgiu tendo como sua maior missão separar a estrutura do documento de sua aparência (GRANNEL, 2007). Dessa forma, fazendo com que sua manutenção e escrita fiquem mais práticas, além de deixar o código mais limpo (MURPHY, 2012).

O *CSS* em sua tradução define-se como “*folhas de estilo em cascata*”, tendo como propósito estilizar a forma como as páginas em *HTML* que serão representadas em tela, vinculadas a cores, *background*. Conforme Mazza (2013), nas primeiras versões do *HTML*, os códigos eram bastante confusos pois eram aplicadas técnicas de estilização dentro dos próprios elementos. A partir do desenvolvimento da linguagem *CSS* os códigos passaram a ficar mais organizadas e conseqüentemente mais fácil alteração. Ainda por cima Mazza (2013), um design responsivo, é o poder de uma aplicação, em dispositivos diversos, ser renderizada e visualizada de forma bem quista. Ou seja, a página deve ter uma boa qualidade seja aberta de um notebook ou de

um celular. O propósito seria de empregar o *HTML* somente para estruturar o website e a tarefa de apresentação; a estilização ficaria com o *CSS* disposto em um arquivo separado *.css* ou no próprio *HTML* demarcado pelas *tags*.

De acordo com Silva (2011) cita que, na versão 3 (conhecida como *CSS 3*), o *CSS* traz diversas novas funcionalidades de cor, estilização de imagens, alinhamento e espaçamento de elementos, entre outros. Entretanto, sua melhor conquista foi o *design* responsivo. Segundo Mazza (2013), um design responsivo é poder que dá a uma aplicação, ser renderizada e visualizada agradavelmente em diferentes dispositivos, tipos e tamanhos. Por exemplo, uma página web que é criada na qual desenvolvedor não se preocupa com a visualização em dispositivos diferentes. Um *framework* é um conjunto de classes utilizadas para atender a demandas comuns, facilitando o desenvolvimento de websites e programas, pois já comportam uma série de funcionalidades previamente codificadas, prontas para o uso, com a necessidade de realizar apenas algumas configurações para serem utilizadas (BONATTI, 2013).

Em suma, na elaboração da plataforma de cálculos e dimensionamentos do presente trabalho, utiliza-se o *CSS 3* para estilização das páginas, com o objetivo de gerar uma agradável interação com o usuário final, proporcionando uma experiência positiva. Por ser aplicável a condição de responsividade, é destinado a usabilidade da plataforma, sendo acessível de forma prática, satisfatória e ténue em diversos dispositivos (*Computadores, notebooks, tablets e smartphones*). A funcionalidade do conjunto *HTML 5* e *CSS 3* são facilitados pela aplicação do *framework Bootstrap v4.6*, favorecendo as estilizações da interface e melhorando a experiência do programador.

4.2.2 Aplicações de Back-End

O *back-end* é a área do site que fica do lado do servidor (*server-side*), oculto ao usuário da página *WEB*, gerando conexão entre os dados oriundos do navegador e os dados fornecidos pelo usuário em uso. Sua base é explicada pela arquitetura cliente-servidor, visto que esse modelo atua por meio de duas fontes: O *cliente-side*, área onde as linguagens são processadas pelo navegador do usuário, e o *server-side*, referenciado ao que é processado em uso do servidor, por diversas linguagens. O *back-end* é relacionado ao *server-side*, atuando juntamente com sua outra face para um bom funcionamento, mesmo este atuando no interior do sistema. O *back-end* atua diretamente na dinamicidade e funcionalidade de uma aplicação *WEB*, desenvolvendo códigos para que funções nativas e desenvolvidas do site possam ser executadas

com sucesso, sem *bugs*. Envolve linguagens de programação distintas do desenvolvimento *front-end* e envolvem banco de dados, este responsável pelo processamento de informações recebidas, representada pela figura 21.

Dentro da aplicação da plataforma de cálculos *WEB*, utiliza-se serviços de *back-end* pois ele busca e seleciona informações, onde como linguagens de programação tem-se: PHP, que se utiliza neste projeto, Python e Ruby. O uso é de responsabilidade do *back-end* mas como são exibidas ao usuário é de responsabilidade do *front-end*.



Figura 21: Relação *cliente-side* e *server-side* na comparação *front-end* e *back-end*.

Fonte: Ironhack (2018).

4.2.2.1 XAMPP

O *XAMPP* (Figura 21), é um software que permite a emulação de um servidor Apache no próprio computador, assim ele cria um servidor local com o Apache e outros recursos como o *MySQL*, e é capaz de processar a linguagem *PHP*.

Consequentemente, a partir da instalação do *XAMPP*, pode-se operar como se o servidor e o cliente fossem pontos diferentes, mesmo que estejam no mesmo computador conectados à mesma rede. A escolha por ele deve-se pela gratuidade, compatibilidade com o *Windows*, *Linux* e *Mac OS X*, ser fácil de utilizar e de instalar.

O *XAMPP* é um ambiente de desenvolvimento *PHP*, gratuito, de fácil usabilidade de instalação do Apache, com banco *MySQL*, *PHP* e *Perl*.

Neste projeto, utiliza-se o *XAMPP* na simulação do sistema em servidor, no intuito de desenvolver testes e realizar alterações no sistema antes de subir em um servidor a plataforma, interface presente na figura 22.



Figura 22: Tela do software XAMPP.

Fonte: Autor, 2021.

4.2.2.2 MySQL

Para implementar a possibilidade de cadastrar usuários e diferencia-los quanto ao login por e-mail e senha, além de salvar parâmetros que são calculados na plataforma, foi desenvolvido um banco de dados relacional no ambiente de virtualização do *PHPMyAdmin*, apresentado na Figura 4.9 e acessado por requisições em *SQL*.

O *MySQL* foi criado pela empresa sueca *MySQL AB* no ano de 1995. É um sistema gerenciador de banco de dados que utiliza a linguagem *SQL* para inserir, acessar e gerenciar conteúdo armazenado no banco de dados.

Para o projeto da plataforma *WEB* a utilização do *PHPMysqlAdmin* foi direcionada ao uso de banco de dados, para cadastro de usuários, verificações de acesso, salvamento automático de dimensionamentos, alterações e consultas de trabalhos desenvolvidos anteriormente e adequações aos níveis de acesso, indicada na figura 23.

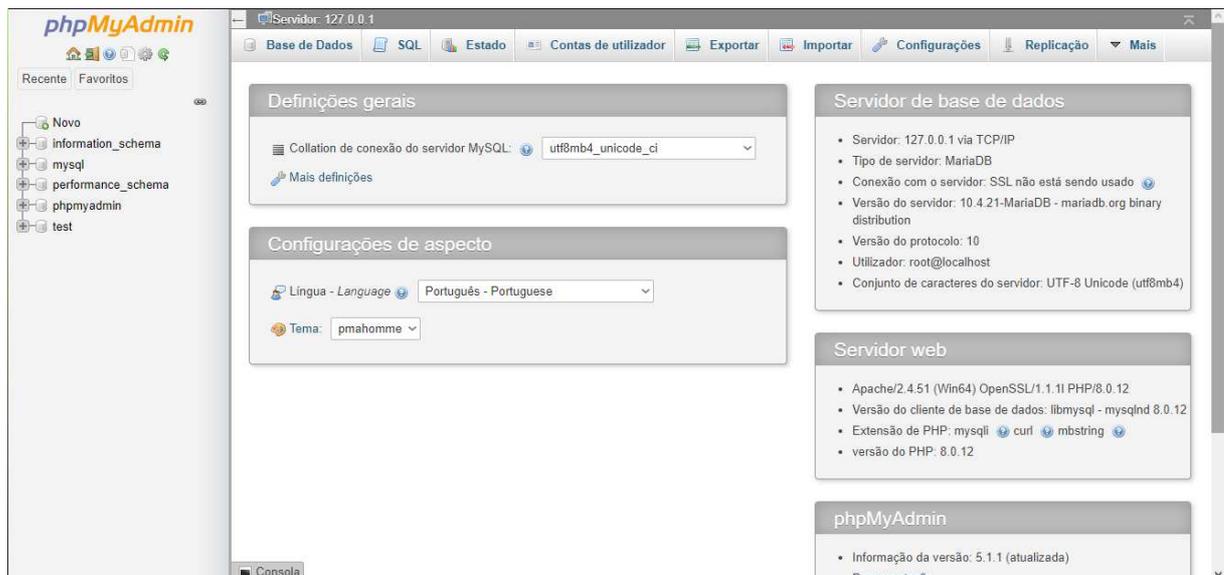


Figura 23: Banco de virtualização no ambiente *PHPMysqlAdmin*.

Fonte: Autor, 2021.

4.2.2.3 PHP

PHP é um acrônimo recursivo para *PHP: Hypertext Preprocessor*, traduzindo para o português significa: Preprocessador de Hipertexto, anteriormente chamado de *Personal Home Page* (Página Inicial Pessoal). Surgiu por volta de 1994 com o programador dinamarquês Rasmus Lerdorf que utilizava conjuntos de códigos binários CGI em linguagem C. Tinha como objetivo inicial fazer a ligação de dois sistemas ou servidores da internet. Rasmus conseguia monitorar o tráfego de acessos em seu site particular.

Com o passar do tempo, ele foi desenvolvendo novos scripts, ganhando cada vez mais recursos e assim passou a ser um conjunto de ferramentas úteis entre sistemas e aplicações web que utilizava sem dificuldades. Em 1995, Rasmus abriu o código para o público e assim novos desenvolvedores puderam otimizar a estrutura do código fonte livremente e se tornou muito popular, ficando mundialmente conhecida como *PHP* no mesmo ano.

Atualmente, o *PHP* está em sua versão 7.4, é uma das aplicações mais utilizadas no mundo inteiro, a vantagem do seu uso é poder ser usada tanto por iniciantes na programação como veteranos e experientes. Algumas outras vantagens que influenciaram no uso do *PHP* no projeto de desenvolvimento da plataforma são:

- Fácil aprendizagem – a documentação oficial da linguagem já auxilia bastante no aprendizado, a comunidade de programadores ativos, com suporte e atualizações, padrões fáceis de memorizar;
- Código aberto – possuir código aberto quer dizer que a plataforma é gratuita para qualquer usuário, não gerando custos para trabalhar com ela;
- Alto desempenho – é capaz de suportar uma grande quantidade de dados, ou seja, consegue executar muitos recursos ao mesmo tempo sem comprometer a velocidade do servidor;
- Compatibilidade – é compatível com os principais bancos de dados, como: *MySQL*, *SQLite*, *Interbase* e *Oracle*.

Uma das principais características do *PHP* é que ele se conecta muito bem com o *HTML* e então quando o servidor web recebe solicitações de páginas dessa extensão o próprio compilador saberá que a página possui linhas de programação em *PHP* (Niederauer, 2011). É uma linguagem de scripts do lado do servidor, capaz de lidar com funções do back-end coletando formulários de dados, gerenciando arquivos de servidor e etc. Ela é mais utilizada para desenvolvimento web pela possibilidade de ser embutida em *HTML*. Outra característica importante é ele ser de fato uma linguagem mais dinâmica do que tantas outras também aplicadas em back-end. Segundo Ferreira (2011) *PHP* é fundamental para desenvolver sites que terão aplicações robustas e necessitam de duas coisas: tempo de resposta mais ágil e conexão com banco de dados de grande porte. Por isso, nada menos do que o Facebook usa *PHP*!.

Na prática ele reduz o tempo de carregamento das páginas, assim o servidor trabalha sem se sobrecarregar, podendo assim carregar plugins e aplicações nos sites. Dessa forma com o *PHP* é possível ter muitos recursos desenvolvendo sites com alto desempenho.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi estruturado em seis etapas sistêmicas representadas na Figura 24.



Figura 24: Etapas de pesquisa para desenvolvimento da plataforma.

Fonte: Guanabara (2010)

Para o avanço e desenvolvimento deste projeto foi necessário primeiramente obter todos os modelos matemáticos necessários e as aplicações com base nos conceitos destinados a estruturas metálicas, em normas técnicas. Durante o processo, passará a ser desenvolvido uma pesquisa exploratória, quanto aos objetivos, conforme GIL (2008) a pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas experientes na área e na problemática.

Na identificação do perfil de usuário prático para difusão da plataforma, foi utilizado uma metodologia de pesquisa descritiva e observação participativa, conforme GIL (2008), na aplicação de técnicas padronizadas de coleta de dados em forma de questionário.

Foram aplicadas entrevistas destinadas a desenvolvedores e pessoas vinculadas a criação de softwares aplicados a cálculos e verificações estruturais com relação a perfis metálicos. A aplicação de questionários a profissionais que atuam como projetistas mecânicos ou calculistas estruturais para verificar de maneira geral a necessidade e dificuldades durante o processo de aprendizado e aos profissionais com mais experiência no ramo, em mercado.

Após a coleta das informações, definição do perfil de usuário ideal e as formas de interface e design, além da revisão geral de conteúdo das normas técnicas, a solução é a plataforma *WEB Service*, com sua estrutura em blocos de dimensionamento por área.

A plataforma é desenvolvida nas linguagens de programação mencionadas com as fórmulas estruturadas de acordo com as normas técnicas selecionadas com os procedimentos necessários. Foram desenvolvidos testes das funcionalidades e detectou-se um bom comportamento com relação as necessidades, utilizando o banco de dados escolhidos, com login e cadastro pessoal, mantendo total histórico dos processos e projetos desenvolvidos.

Para desenvolver a funcionalidade plataforma e sua confiabilidade, deve-se seguir as normas técnicas obrigatórias, indicadas abaixo.

- NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas metálicas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

As verificações e cálculos conforme normas desenvolvidas pela plataforma estão descritas abaixo:

- Conceitos básico de Resistência dos Materiais;
- Peças tracionadas
- Peças comprimidas;

Após a certificação da possibilidade de aprimorar o método de cálculos, utilizando planilhas ou até mesmo cálculos feitos a mão, foi decidido pelo desenvolvimento dessa plataforma *WEB* proposta neste projeto com a premissa de proporcionar uma melhoria significativa em relação a esse método mostrado anteriormente e buscar o atendimento dos requisitos já citados na justificativa deste trabalho, com destaque para:

Gestão: Aplicação da plataforma *WEB* em que os usuários poderão observar o andamento de cada parte importante para o projeto e gerir com mais proximidade do detalhamento do dimensionamento para cada dimensionamento, podendo editar e consultar verificações.

Facilidade: O desenvolvimento da plataforma *WEB* busca-se a construção de um site de fácil compreensão, que fosse interativo, com legibilidade, intuitivo e de rapidez de resposta e resultados.

Diferenciação: Desenvolvido um site com estética simples e agradável e também responsivo, intuitivo e que instiga a busca por conhecimento de cada usuário.

5.1 Planejamento para desenvolvimento

O desenvolvimento da plataforma, teve como pontos de motivação para o desenvolvimento:

- Ser uma solução *WEB*;
- Iniciativa gratuita;
- Intuitivo;
- Responsivo;
- Suporte teórico;

Existem diversos softwares de cálculo e cálculo/modelagem de estruturas metálicas onde necessitam de licenças de software que tem seu custo. Muito destes, não tem licença acadêmica, e aqueles que dispõem da licença acadêmica são limitadas.

Os softwares não são desenvolvidos no intuito de operar o usuário em início de estudos, assim dificultando o crescimento profissional e proporcionando uma demora na evolução de conhecimento do profissional.

Foi desenvolvida uma entrevista com profissional da área. Em seu depoimento, o Engenheiro afirma:” Todo software dispõe do mesmo funcionamento a nível de matriz – Núcleo de análise de Elementos Finitos onde resulta os esforços e deformações. O outro núcleo, utiliza estes resultados e compara com as condições de normas técnicas.”. A matriz que devemos adotar, que é o mesmo utilizados por produtos comerciais existentes, é seguir as rotinas de cálculo indicadas nas normas técnicas vigentes, seguindo sua principal: ABNT NBR 8800:2008.

Para o Engenheiro entrevistado o conhecimento das normas técnicas é de grande valia e o fator mais importante, em sua fala “O conhecimento das normas técnicas e os efeitos em estruturas são os pontos principais, a usabilidade de softwares são pontos de menos importância pois apresentam mesma funcionalidade a níveis de matriz, se diferenciando em layout e

resultados visuais. Se tiver um bom conhecimento nas normas técnicas necessárias, na aplicação em softwares não vão resultar em problemas”

Ele afirmou ainda “Os softwares comerciais deveriam ter facilidade de modelagem do problema e gerar uma qualidade de relatório: Limpo, conciso e claro, indicando apenas o que é necessário para aquela aplicação.”

Ciente de todas estas necessidades e lacunas, no mercado, com o público-alvo do projeto jovens profissionais e acadêmicos buscando aprimorar e iniciar novos conhecimentos, a plataforma segue com essas orientações para desenvolvimento.

5.2 Desenvolvimento e estruturação de elementos da plataforma

Buscando uma padronização e simplicidade optou-se por fazer páginas com a mesma *header*, que significa “cabeçalho”, elemento que fica posicionado na parte superior do site, de forma destacada do resto do conteúdo da página e com o mesmo *footer*, que significa “rodapé”, elemento que fica posicionado na parte inferior do site, é a última parte vista pelo usuário quando chega ao fim da página. Utilizando a linguagem *HTML* com classes *CSS* foi possível definir os tamanhos que iriam ser utilizados, fazendo uso dos elementos “*container*” e “<div>” representada pela figura 25 em código e figura 26 na interface.

```

810 <div class="footer-dark">
811 <footer>
812 <div class="container">
813 <div class="row">
814 <div class="col-sm-6 col-md-3 item">
816 <h3>Desenvolvedores</h3>
817 <a style="color: #ffffff; font-size: 14px" href="#" style="opaci
818 <a style="color: #ffffff; font-size: 14px" href="#" style="opaci
819 <!-- <a style="color: #ffffff; font-size: 14px" href="https://www.er
820 </div>
821 <div class="col-md-6 item text">
822 <h3 class="text-center">Sobre</h3>
823 <p style="opacity: 1;" class="text-center">Desenvolva cálculos conforme as nc
824 </div>
825 </div>
826 </div>
827 <p class="copyright" style="color: rgb(255,255,255);opacity: 1;">Todos os direitos reserv
828 </div>
829 </footer>
830 </div>
831

```

Figura 25: Indicação da *footer* no código da plataforma.

Fonte: Autor, 2021.



Figura 26: Representação da *footer e header* no navegador, da plataforma RSSSteel.

Fonte: Autor, 2021.

5.3 Banco de dados e implementação da página de cadastro

Como forma de interação mais direta com os usuários e o aprimoramento da relação desenvolvimento-usuário final, o uso da plataforma é autorizado apenas com a criação de uma conta de usuário. Esta conta na plataforma vai apresentar um panorama de usuários que estão acessando, quantidade de trabalhos produzidos, áreas, estado e ocupação.

Além da página de acesso, a página de cadastro é necessária neste momento para guardar informações pertinentes ao suporte. É importante destacar que todas as medidas de segurança foram tomadas, para que somente pessoas cadastradas entrassem na plataforma. Outra medida foi a utilização de um código em *JavaScript* que reproduz o método utilizado pela Receita Federal para validação de CPFs (Cadastro de Pessoa Física), com o intuito que somente um CPF por pessoa fosse cadastrado no sistema impossibilitando repetições do mesmo e também inserções de quaisquer números inválidos no lugar. De forma análoga, utilizando busca comparativas no

banco de dados MySQL, apenas um único e-mail pode ser cadastrado por pessoa, representada na figura 27.

```

28 <div class="col-md-6 posicionamento2" id="your_col" style="margin-bottom: 15px;">
29 <div class="card-body justify-content-center" style="align-items: center;">
30 <h4 class="card-text text-center" >b> Entrar na Plataforma </b></h4><br>
31
32 <form action="verificacao_acesso.php" method="POST">
33
34 <div class="form-group row">
35
36 <label class="my-1 mr-2" style="text-align: center;"> <b> E-mail: </b></label>
37 <input type="email" name="email" style="max-width: 100%;" style="text-align: center;" placeh
38
39 </div>
40
41 <div class="form-group row">
42 <label class="my-1 mr-2" style="text-align: center;"> <b> Senha: </b></label>
43 <input type="password" name="senha" style="max-width: 100%;" style="text-align: center;" place
44 </div>
45
46 <div class="form-group">
47 <button type="submit" class="btn btn-md btn-dark" style="width: 100%;">Entrar</button>
48 </div>
49
50 </form>
51
52 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">
53 <small>Não tem uma conta? <a href="cadastro_usuario.php"> Crie uma!</a></small> <br>
54 <small>Esqueceu sua senha? <a href="#"> Clique aqui!</a></small>
55 </div>
56
57 </div>

```

Figura 27: Código referente a pagina de acesso da plataforma.

Fonte: Autor (2021).

Os dados pessoais dos integrantes são importantes para manter um controle sobre possíveis necessidades futuras, como saber a quantidade de pessoas por sexo, por curso, por empresa, estado e ocupação.

Após a realização de cadastro e dos dimensionamentos, indicada na figura 28 e 29, é importante que não se percam esses dados para posterior aplicação nos relatórios do projeto ou para acompanhamento de projetos anteriores. Por isso foi implementado uma opção de salvamento para que o autor do dimensionamento possa salvar os dados e ter acesso a eles posteriormente, indicado na Figura 30 e Figura 31.

```

35 <header class="navbar" style="background-color: #282d32; text-align: center;">
36   <div class="container">
37     <p style="color: rgb(255,255,255); font-size: 23px; text-align: center; margin-top: 16px;"><b>RSStee
38   </div>
39 </header>
40
41 <div class="container" style="margin-top: 50px; margin-bottom: 50px">
42   <form name="frmcpf" name="frmcpf" action="inserir_usuario.php" method="POST" onsubmit="VerificaCPF(); re
43
44     <div class="form-row">
45       <div class="form-group col-md-8">
46         <b><label>Nome</label></b>
47         <input type="text" name="nome" class="form-control" required placeholder="Insira seu nome co
48       </div>
49       <div class="form-group col-md-4">
50         <b><label>CPF</label></b>
51         <input type="text" class="form-control" name="cpf" id="cpf" maxlength="11" minlength="11" re
52       </div>
53     </div>
54
55
56     <div class="form-row">
57       <div class="form-group col-md-4">
58         <b><label>Data de Nascimento</label></b>
59         <input type="text" class="form-control date-mask" name="data" data-mask="00/00/0000" placeho
60       </div>
61       <div class="form-group col-md-4">
62         <b><label>Estado</label></b>
63         <select class="form-control" name="estado">
64           <option selected>Selecione...</option>
65           <option>MA</option> <option>AC</option> <option>AL</option> <option>AP</option> <option>

```

Figura 28: Código referente a pagina de cadastro da plataforma e linhas de código de verificação, como a de CPF.

Fonte: Autor (2021).

Nome		CPF
<input type="text" value="Insira seu nome completo..."/>		<input type="text" value="Insira o CPF válido..."/>
Data de Nascimento	Estado	Telefone
<input type="text" value="dd/mm/aaaa"/>	<input type="text" value="Selecione..."/>	<input type="text" value="Informar número telefônico válido..."/>
Instituição/Empresa	Profissão	Matrícula/Registro Profissional
<input type="text" value="Instituição ou empresa atuante..."/>	<input type="text" value="Selecione..."/>	<input type="text" value="Insira registro válido..."/>
Email	Senha	
<input type="text" value="Insira um e-mail válido..."/>	<input type="text" value="Digite sua senha preferida..."/>	
<input type="checkbox"/> Confirmo que todas as informações são verdadeiras!		
<input type="button" value="Cadastrar"/>		

Figura 29: Informações necessárias de cadastro.

Fonte: Autor (2021).

```

65
66     $sql1 = "SELECT `cpf`, `matricula` FROM `usuarios` WHERE email = '$email'";
67     $buscar = mysqli_query($conexao, $sql1);
68     $array = mysqli_fetch_array($buscar);
69
70     $cpf_usu = $array['cpf'];
71     $mat_usu = $array['matricula'];
72
73     date_default_timezone_set("America/Sao_Paulo");
74     $data_dim = (string) date('d/m/y');
75     $hora_dim = (string) date('H:i');
76
77
78     $sql = "INSERT INTO `resistencia` (`qd_rec`, `di_rec`, `qrec`, `qd_tri`, `di_tri`, `qtri`, `forca`, `area`
79     `tensao`, `elasticidade`, `comprimento`, `alongamento`, `poisson`, `elasticidade_2`, `transversal`, `comp
80     `diaext`, `tiaint`, `tiares`, `area_perf`, `peso_especifico`, `massa_perfis1`, `massa_linear`, `comp_perf
81     `area_i`, `raio_giracao`, `raio_giracao2`, `area_ii`, `inerciai`, `mfllet`, `posy`, `inerc2`, `tens`, `ine
82     `tens2`, `zeta`, `wall`, `fform`, `nome_dim`, `nome_usu`, `cpf_usu`, `mat_usu`, `data_dim`, `hora_dim`) \
83     '$tensao', '$elasticidade', '$comprimento', '$alongamento', '$poisson', '$elasticidade_2', '$transversal'
84     '$diaext', '$tiaint', '$tiares', '$area_perf', '$peso_especifico', '$massa_perfis1', '$massa_linear', '$c
85     '$area_i', '$raio_giracao', '$raio_giracao2', '$area_ii', '$inerciai', '$mfllet', '$posy', '$inerc2', '$te
86     '$tens2', '$zeta', '$wall', '$fform', '$nome_dim', '$nome_usu', '$cpf_usu', '$mat_usu', '$data_dim', '$h
87
88     $inserir = mysqli_query($conexao, $sql);
89
90     header('Location: pagina_inicial.php');
91

```

Figura 30: Código referente ao banco de dados dos resultados de verificação e dimensionamento.

Fonte: Autor (2021).

```

1  <?php
2  session_start();
3  if(!isset($_SESSION['email'])){
4      header('Location: index.php');
5      session_destroy();
6  }
7
8  $email = $_SESSION['email'];
9
10 include 'conexao.php';
11
12 $qd_rec = $_POST['Qd_rec'];
13 $di_rec = $_POST['Di_rec'];
14 $qrec = $_POST['Qrec'];
15 $qd_tri = $_POST['Qd_tri'];
16 $di_tri = $_POST['Di_tri'];
17 $qtri = $_POST['Qtri'];
18 $forca = $_POST['forca'];
19 $area = $_POST['area'];
20 $tensao = $_POST['tensao'];
21 $elasticidade = $_POST['elasticidade'];
22 $comprimento = $_POST['comprimento'];
23 $alongamento = $_POST['alongamento'];
24 $poisson = $_POST['poisson'];
25 $elasticidade_2 = $_POST['elasticidade_2'];
26 $transversal = $_POST['transversal'];
27 $comp_1f = $_POST['comp_1f'];

```

Figura 31: Código PHP referente ao banco de dados dos resultados de verificação e dimensionamento.

Fonte: Autor (2021).

5.4 Responsividade

A responsividade em nossa plataforma é um fator importante: O acesso em qualquer dispositivo deve ser limpo, fluido e eficiente. Sem quebra de linhas, de imagens e com a mesma funcionalidade. Foram feitos testes nos 3 navegadores mais utilizados no mundo que são: Chrome, Mozilla e Edge, e por dispositivos móveis como: celular e tablet em cada situação indicada nas condições do card na Figura 32.

```

44 <body>
45
46 <header class="navbar" style="background-color: #282d32; text-align: center;">
47   <div class="container">
48     <p style="color: rgb(255,255,255); font-size: 23px; text-align: center; margin-top: 16px;">t
49   </div>
50 </header>
51
52 <!-- Início do card de cálculo - Tensão/Deformação -->
53
54 <div class="container">
55   <form action="inserir_resistencia.php" method="POST" style="margin-top: 30px;">
56     <div class="card border border-dark" style="margin-bottom: 20px;">
57       <div class="card-header bg-dark text-white">
58         <h3 class="text-center" >b>Tipos de Cargas Distribuidas</b> </h3>
59       </div>
60
61       <!-- Card Cálculos Tipos de Cargas Distribuído -->
62
63       <div class="container" style="margin-top: 15px; margin-bottom: 15px">
64         <h5 class="text-center"> <b> Transformações de Cargas Distribuidas em Pontuais -
65         <div class="form-row">
66           <div class="form-group col-md-3">
67             
68             <!-- <b><label>Força (kN)</label></b>
69             <input type="number" name="forca" id="forca" class="form-control" placeholder
70           </div>
71           <div class="form-group col-md-3">
72             <b><label>Carregamento distribuído (kN/cm)</label></b>
73             <input type="number" name="qd_por" id="qd_por" class="form-control" placeholder

```

Figura 32: Código *HTML* referente ao dimensionamento de elementos, onde apresentam as condições de card.

Fonte: Autor (2021).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES: PLATAFORMA RSSTEEL

Neste capítulo serão demonstrados os resultados obtidos com todas as linguagens apresentadas na revisão de literatura e metodologia. A plataforma RSSteel Plataforma de cálculos on-line inicia-se as apresentações e verificações.

6.1 Página de login

Como demonstrado nos pontos anteriormente, construiu-se uma página de login onde apenas usuários cadastrados possam acessar a plataforma. O usuário vai inserir dados de login, como e-mail e senha, com botão de acesso, representada na Figura 33.

Nesta página, utiliza-se links diretos para criar conta e recuperação de senha para cada usuário, ou seja, um usuário apenas. Caso necessite recuperação de senhas e cadastro de novos usuários, existem links de acesso referentes a cada solicitação indicada pelo usuário.

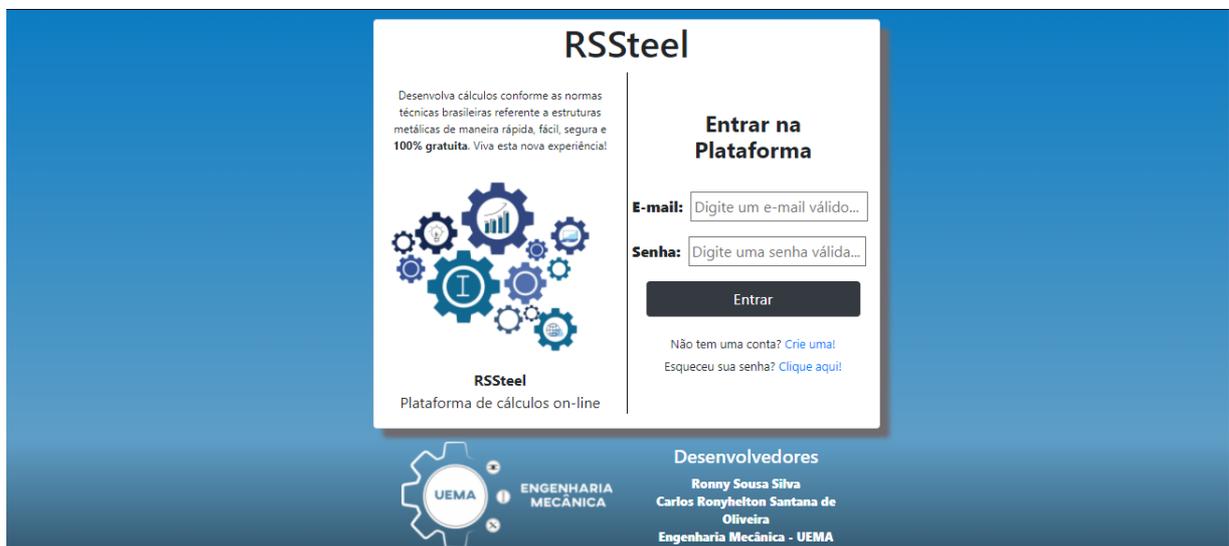


Figura 33: Página de login.

Fonte: Autor (2021).

RSSSteel é o nome da plataforma de cálculos on-line desenvolvida dentro do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão. Mais informações dos desenvolvedores encontra-se no *footer* da interface.

Existem condições para cadastro, como formato de números do CPF, data de nascimento e número de telefone. Também existem informações de campo obrigatório, como CPF ou nome completo com e-mail, indicada na Figura 34.

RSSSteel - Plataforma de cálculos on-line

Nome **CPF**

Data de Nascimento **Estado** **Telefone**

Instituição/Empresa **Profissão** **Matrícula/Registro Profissional**

Email **Senha**

Confirmo que todas as informações são verdadeiras!

[Cadastrar](#)

Desenvolvedores
Ronny Sousa Silva
Prof. Me. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira

Sobre
Desenvolva cálculos conforme as normas técnicas brasileiras referente a estruturas metálicas de maneira rápida, fácil, segura e 100% gratuita. Viva esta nova experiência!

Todos os direitos reservados ao Curso de Engenharia Mecânica - CCT/UEMA 2021

Figura 34: Página de cadastro.

Fonte: Autor (2021).

A figura 35 indica os códigos referente a classificação de informações, em formato, e indicações para o banco de dados. A Figura 36 representa uma tela informativa de “*cadastro concluído*” informando o usuário de que seu cadastro foi concluído com sucesso.

```

C:\> xampp > htdocs > ProjetoRonny4 > cadastro_usuario.php
159 <script type="text/javascript">
160     function VerificaCPF () {
161         var cpf2 = document.frmcpf.cpf.value;
162         var cpf3 = cpf2.replace(/[\^d]+/g, '');
163
164         if (vercpf(cpf3)){
165             document.frmcpf.submit();
166         }
167         else {
168             errors="1";if (errors) alert('CPF INFORMADO NÃO É VÁLIDO!');
169             document.retorno = (errors == '');
170             document.frmcpf.cpf.focus();
171             return false;
172         }
173     }
174     function vercpf (cpf) {
175         if (cpf.length != 11 || cpf == "00000000000" || cpf == "11111111111" || cpf == "22222222222" || cpf == "33333333333" || cpf
176         return false;
177         add = 0;
178         for (i=0; i < 9; i ++){
179             add += parseInt(cpf.charAt(i)) * (10 - i);
180             rev = 11 - (add % 11);
181             if (rev == 10 || rev == 11)
182                 rev = 0;
183             if (rev != parseInt(cpf.charAt(9)))
184                 return false;
185             add = 0;
186             for (i = 0; i < 10; i ++){
187                 add += parseInt(cpf.charAt(i)) * (11 - i);
188                 rev = 11 - (add % 11);

```

Figura 35: Cadastro de usuário referente a cada entrada de dados fornecidas pelo usuário.

Fonte: Autor (2021)

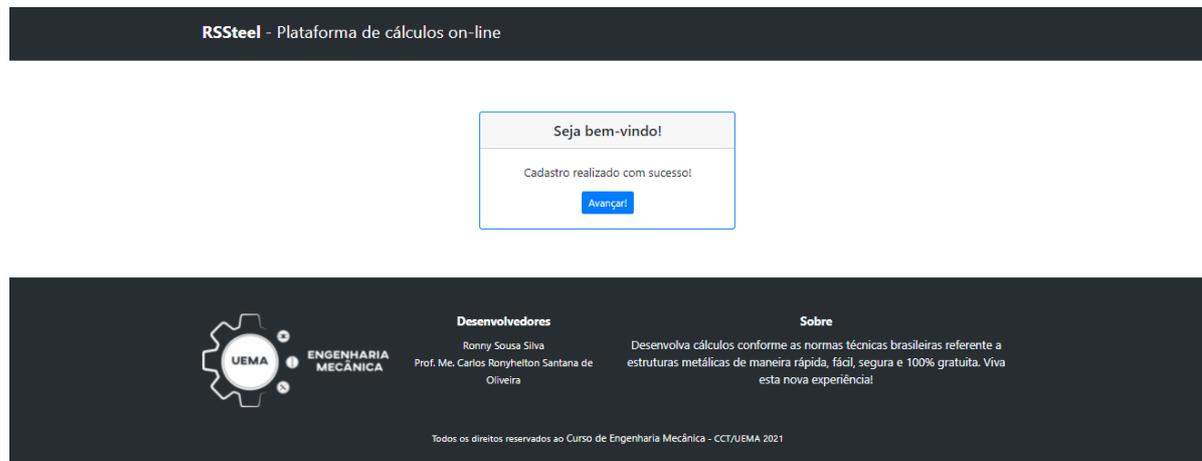


Figura 36: Tela informativa de cadastro aprovado.

Fonte: Autor (2021).

Cada usuário, após inserir as suas informações e obter os acessos garantidos, serão destinados ao local de página inicial, indicada na Figura 37.

6.2 Página inicial

A página inicial é a primeira página de acesso após o login do usuário, assim o usuário consegue visualizar os três elementos de verificação: Resistência dos Materiais, Peças Tractionadas e Peças Comprimidas. O dimensionamento, neste momento, foi desenvolvido item por item, subdivididos em cards de tópicos. A Figura 37 apresenta a página inicial do acesso de um usuário, que pode ter livre acesso aos cards de dimensionamento.

Em cada card, com sua respectiva atividade de desenvolvimento, apresentam dois campos: Histórico – Indica os históricos de desenvolvimento de atividades realizadas naquele card, histórico de dimensionamentos realizados; Voltar – Retorna a página inicial da plataforma. Cada card de item, sendo resistência dos materiais, peças tracionadas e peças comprimidas seguem o mesmo padrão visual, neste caso apresenta botões de voltar e histórico, este essencial para a atividade.

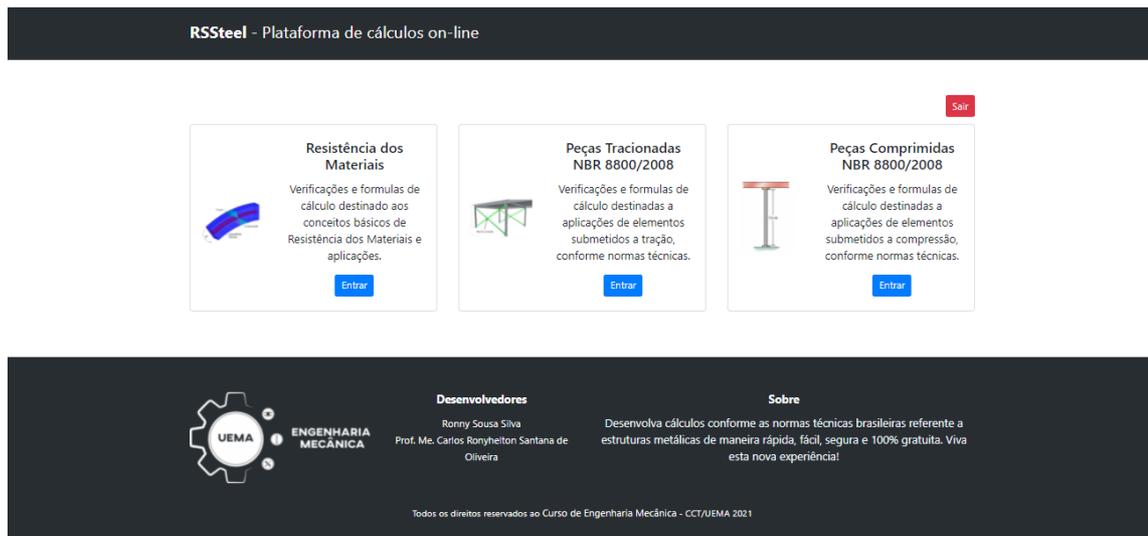


Figura 37: Página inicial da plataforma.

Fonte: Autor (2021).

Cada acesso é direcionado a uma página distinta, isso se você tiver acesso, ou seja, necessário realizar cadastro e acesso na página de login. Conforme abaixo, referencias do dimensionamento de Resistência dos Materiais com a presença de botões histórico e voltar.

RSSteel - Plataforma de cálculos on-line

Histórico Voltar

Tipos de Cargas Distribuídas

Transformações de Cargas Distribuídas em Pontuais - Retangular

Carregamento distribuído (kN/cm) Comprimento entre apoios (cm) Carga pontual (kN)

Unidade de referência - kN/cm. Unidade de referência - cm... Aguardando cálculo referente a

Calcular Carga Pontual

Transformações de Cargas Distribuídas em Pontuais - Triangular

Carregamento distribuído (kN/cm) Comprimento entre apoios (cm) Carga pontual (kN)

Unidade de referência - kN/cm. Unidade de referência - cm... Aguardando cálculo referente a

Calcular Carga Pontual

Tensão-Deformação

Figura 38: Página inicial de desenvolvimento – Resistência dos Materiais.

Fonte: Autor (2021).

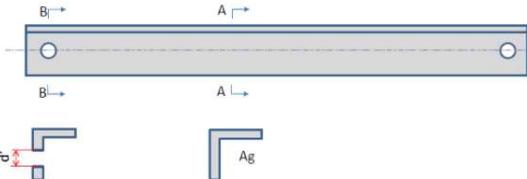
Cada diretório de entrada de dados do usuário é indicada, *input*, distinto dos campos de recebimento de dados, resultantes das formulas desenvolvidas em *Javascript*, *outputs*, sendo indicados como *readonly* os dados de emissão por parte do usuário e *readonly required* os dados de resultado de operação.

RSSteel - Plataforma de cálculos on-line

Histórico Voltar

Peças Tracionadas - Dimensionamento

Área Bruta e Área Líquida de Peças - Cantoneiras 1 furação



Área Total do Perfil (cm²) Diâmetro do Parafuso (cm) Espessura do Perfil (cm) Área Líquida (cm²)

Unidade de referência - cm²... Unidade de referência - cm... Unidade de referência - cm... Aguardando cálculo referente a

Calcular Área Líquida

Figura 39: Página inicial de desenvolvimento – Peças Tracionadas.

Fonte: Autor, 2021.

Cada card indica uma operação específica, os resultados são apresentados após, representado pela figura 38 e 39.

6.3 Implementação para desenvolvimento

Partindo do local de referência, onde se dispõem os itens de escopo, figura 40, para verificação: Ao selecionar, cada card com suas especificações, acessa um determinado escopo de cálculo.



Figura 40: Página inicial de desenvolvimento – Elementos de verificação.

Fonte: Autor, 2021.

Os elementos, por etapa de cálculo e elementos necessários de verificação, com dados de entrada para aplicação por fórmula aplicada a situação. Alguns casos, indica-se imagens de referência para melhor entendimento a relação dos elementos, indicados na figura 39.

Tipos de Cargas Distribuídas

Tipos de Cargas Distribuídas

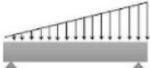


Transformações de Cargas Distribuídas em Pontuais - Retangular

Carregamento distribuído (kN/cm) Comprimento entre apoios (cm) Carga pontual (kN)

Unidade de referência - kN/cm. Unidade de referência - cm... Aguardando cálculo referente a

Calcular Carga Pontual



Transformações de Cargas Distribuídas em Pontuais - Triangular

Carregamento distribuído (kN/cm) Comprimento entre apoios (cm) Carga pontual (kN)

Unidade de referência - kN/cm. Unidade de referência - cm... Aguardando cálculo referente a

Calcular Carga Pontual

Figura 41: Elementos básicos de verificação para resistência dos materiais.

Fonte: Autor, 2021.

Cálculo Massa de Perfis Metálicos

Cálculo Massa de Perfis Metálicos

Cálculo Massa de Perfis Metálicos por meio do peso específico

Área de seção do perfil (cm²)

Valor tabelado - Unidade cm²...

Peso Específico (Kg/cm³)

0,007850 Kg/cm³ para aços...

Massa linear de Perfis Metálicos (Kg/cm)

Aguardando resultado...

Calcular Massa de Perfis Metálicos

Massa de Perfis Metálicos por meio da massa linear

Massa linear (Kg/cm)

Valor tabelado - Comercial...

Comprimento total do perfil (cm)

Linear ou somatório...

Massa de Perfis Metálicos (Kg)

Aguardando resultado...

Calcular Massa de Perfis Metálicos

Figura 42: Elementos de verificação para resistência dos materiais.

Fonte: Autor, 2021.

Cálculos de Verificação em Tração

Cálculo para Escoamento da Seção Bruta

Área Bruta da Peça (cm ²)	Limite de Escoamento do Aço	Tração Resistente de Cálculo (kN)
<input type="text" value="Unidade de referência - cm²..."/>	<input type="text" value="Para aço Fy = 25kN/cm²..."/>	<input type="text" value="Aguardando cálculo referente a Tração..."/>
<input type="button" value="Calcular Tração Resistente de Cálculo"/>		

Cálculo para Escoamento da Seção Líquida

Área Líquida da Peça (cm ²)	Limite de Escoamento do Aço	Tração Resistente de Cálculo (kN)
<input type="text" value="Unidade de referência - cm²..."/>	<input type="text" value="Para aço Fy = 25kN/cm²..."/>	<input type="text" value="Aguardando cálculo referente a Tração..."/>
<input type="button" value="Calcular Tração Resistente de Cálculo"/>		

Tensão Resistente de Cálculo - Área Bruta

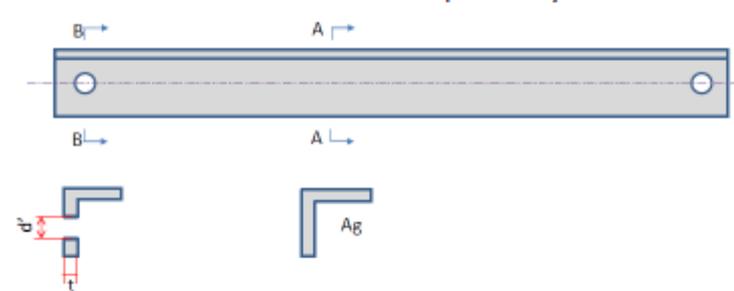
Tração Resistente de Cálculo (kN)	Área bruta (cm ²)	Tensão Resistente de Cálculo
<input type="text" value="Podendo ser novo valor..."/>	<input type="text" value="Área bruta..."/>	<input type="text" value="Tensão resisenete de cálculo..."/>
<input type="button" value="Calcular Alongamento"/>		

Figura 43: Dimensionamento de elementos submetidos a tração.

Fonte: Autor, 2021.

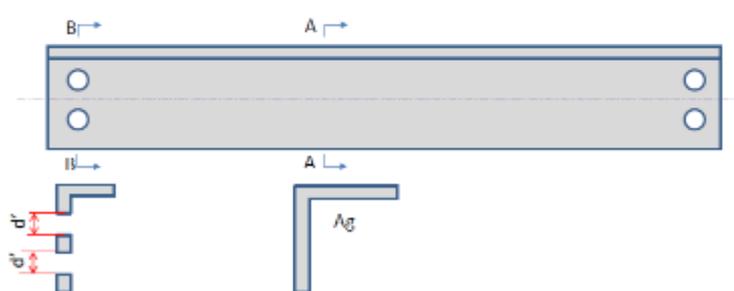
Peças Tracionadas - Dimensionamento

Área Bruta e Área Líquida de Peças - Cantoneiras 1 furação



[Calcular Área Líquida](#)

Área Bruta e Área Líquida de Peças - Cantoneiras 1 furação



[Calcular Área Líquida](#)

Figura 44: Elementos de verificação para dimensionamento submetidos a tração.

Fonte: Autor, 2021.

Os dados são submetidos após finalização de cada dimensionamento, existe a possibilidade de salvar no bando de dados do usuário o seu dimensionamento, assim futuramente podendo consultar, alterar e avaliar as informações, referente a figura 45.

O dimensionamento direto de verificação estrutural, em estados limites ultimos e de serviço vão ser aplicados em versões futuras, assim como banco de dados de elementos estruturais como perfis e materiais.

Figura 45: Controle de acesso de dimensionamentos.

Fonte: Autor, 2021.

6.4 Teste primário de erros

Os testes de desenvolvimento para avaliar as condições de uso e conexão do usuário-interface onde orienta a seguir e tomar as melhores decisões. As janelas de alerta e aviso são utilizadas neste momento para informar cadastro completo ou erros de cadastro com inserção de dados não conforme padrão pré-definido em código.

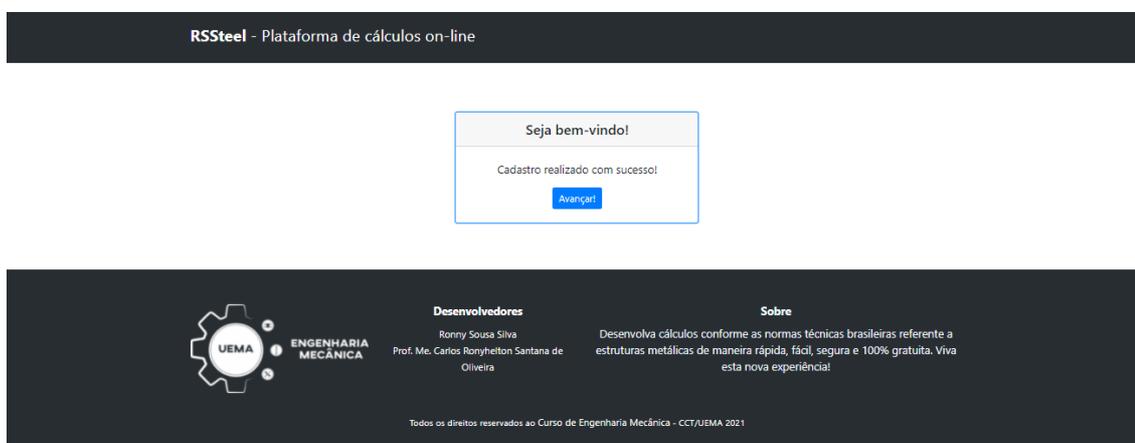


Figura 46: Alerta de cadastro concluído com sucesso..

Fonte: Autor, 2021.

Na página de login solicitando dados de e-mail e senha, informações que devem estar inclusas no banco de dados da equipe, passo este que é obrigatório para iniciar atividades através da plataforma.

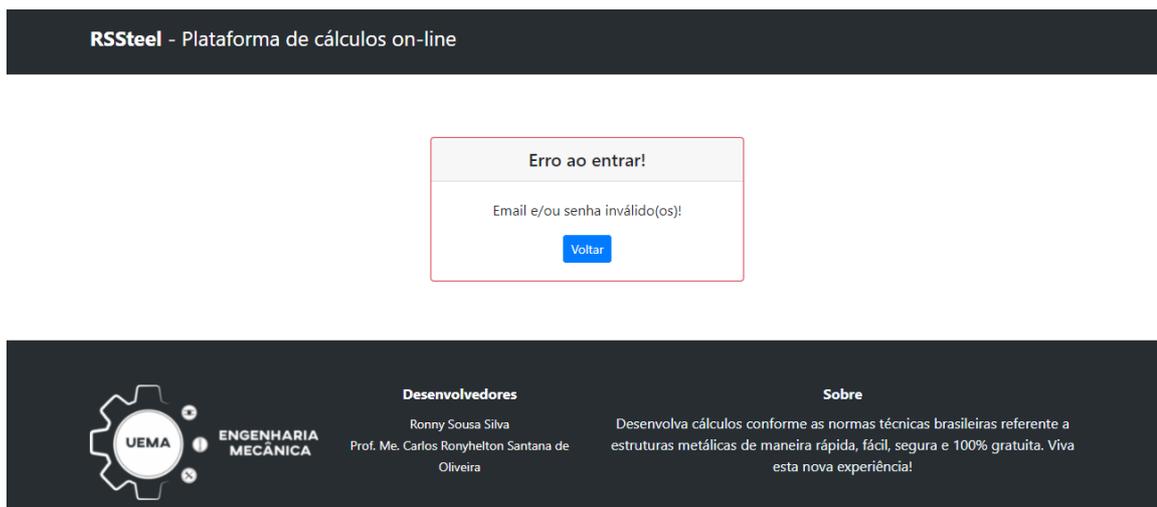


Figura 47: Alerta de erro ao acessar pagina inicial.

Fonte: Autor, 2021.

Na página de cadastro existem informações que são obrigatórias visto que são utilizados na comparação de usuários e verificação de acesso, como CPF, nome, e-mail e senha. Uma caixa padrão com texto “*preencha este campo*” aparece automaticamente, indicada na figura 48.

The image shows the registration form on the RSteel platform. The form includes fields for Name, CPF, Date of Birth, State, Telephone, Institution, Profession, Email, and Password. A red box highlights the "Instituição/" field, which has a warning icon and the text "Preencha este campo." next to it. The "Data de Nascimento" field also has a placeholder "dd/mm/aaaa".

Figura 48: Alerta de obrigatoriedade de preenchimento de informações.

Fonte: Autor, 2021.

Quando informações inseridas já estão no banco de dados da plataforma ou usuário que queiram utilizar o mesmo CPF, nome e e-mail uma tela de erro aparece no monitor inofrmando “e-mail e/ou CPF já cadastrados em nosso sistema”. A tela retorna para cadastro onde é necessário substituir as informações, representada na figura 49.

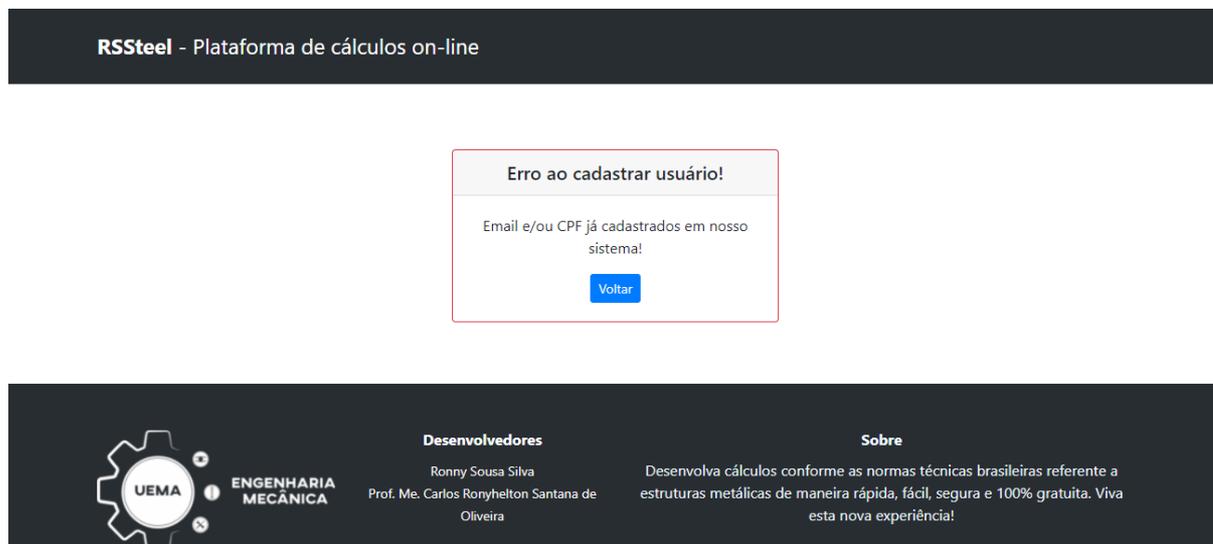


Figura 49: Alerta de erro ao cadastrar usuário.

Fonte: Autor, 2021.

A tela de recuperação de senha é obrigatória o uso de informações pessoais, já inseridas no banco de dados, e-mail de acesso e CPF. São campos obrigatórios, representado pela figura 50.

Figura 50: Alerta de obrigatoriedade de preenchimento de dados.

Fonte: Autor, 2021.

Caso valores inseridos na verificação estejam incorretas, retorna falso e substitui a incrementação, modificando a soma de verificação, indicado na figura 51.

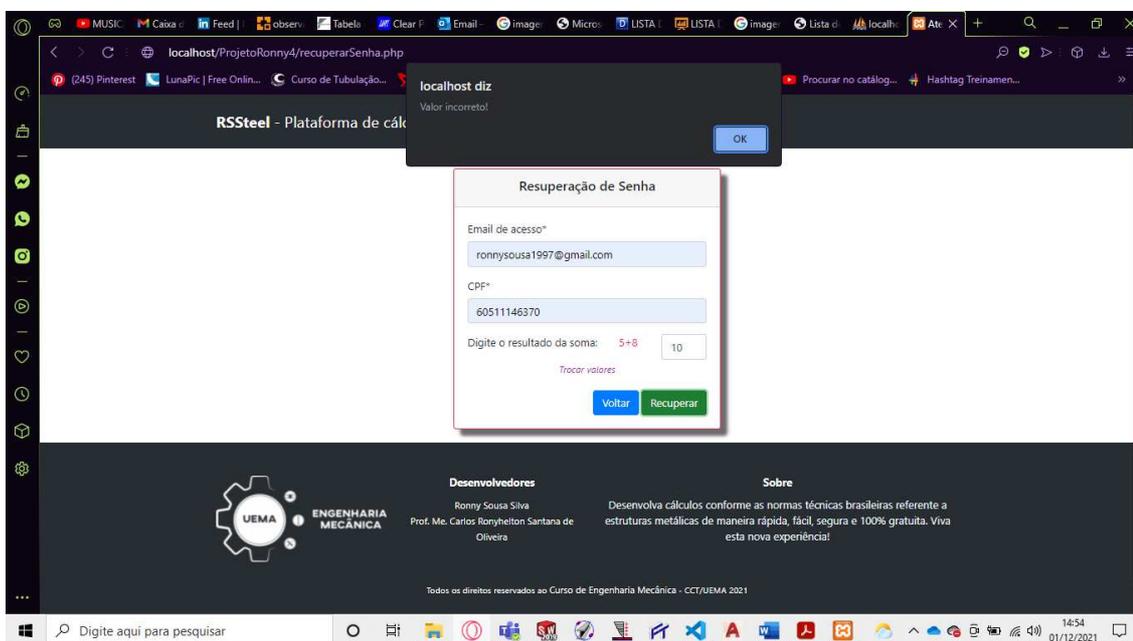


Figura 51: Alerta de erro de valor inválido, em verificação numérica (Operação m soma).

Fonte: Autor, 2021.

6.5 Teste de responsividade

Responsividade visualizada em diferentes ambientes, garantindo bom layout.



Figura 52: Adequação de janela visual da plataforma para *notebooks* e *desktop*.

Fonte: Autor, 2021.

As verificações de layout de uso em *smartphones* ou *tablets* são simuladas através do navegador e in loco por meio de celulares, após plataforma funcional no Servidor Hostgator.

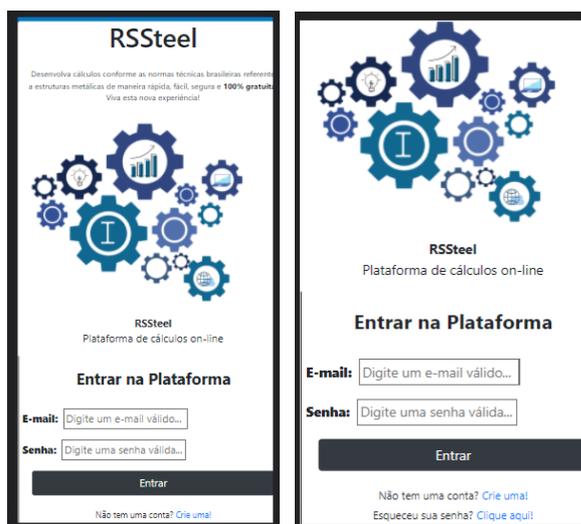


Figura 53: Adequação de janela visual da plataforma para *smartphones*.

Fonte: Autor, 2021.

7 CONCLUSÃO

A plataforma *WEB* de cálculos *RSSSteel* foi desenvolvida em nível primário, neste projeto buscando auxiliar e solucionar lacunas observadas durante experiências de mercado em empresas do setor industrial Maranhense, empresas estas que atuam no ramo de projeto e fabricação de estruturas metálicas. Como principais pontos, durante o período de observação participante, sobressaem a dificuldade de novos profissionais na relação com os softwares disponíveis no mercado, onde muitos necessitam níveis de conhecimento em área e normas técnicas, sem despertar ou orientar os usuários de uma maneira direta ao que se refere os dados solicitados ou especificamente o que está sendo desenvolvida no *back-end*, área esta que o usuário não apresenta acesso.

A plataforma foi desenvolvida com atendimento a todos os objetivos propostos e que podem ser visualizados no capítulo de resultados e discussões (Capítulo 6) e os dimensionamentos feitos como forma de testes se mostraram satisfatórios, com um design objetivo e intuitivo pensando em acadêmicos e usuários de nível inicial na área. Atenção na questão de responsividade, bom layout e comportamento acessado por *notebooks* ou *smartphones*. Com a criação do banco de dados de usuários, os avanços de trabalhos e trabalhos salvos anteriormente podem ser consultados por cada usuário em suas determinadas contas.

A identidade visual, como maior ponto de atração, adaptado as novas tendências de mercado da tecnologia, como Office 365 ou Hostgator, sendo janelas mais minimalistas, sem muitas informações desnecessárias, mantendo conexão direta com o usuário. Iniciativa de cards como chamado para novas janelas e informações automáticas dos sistemas fazem parte do sistema e estão integrados como objetivos na relação usuário-plataforma.

As implementações de código-fonte referente aos cálculos por área, sendo resistência dos materiais, dimensionamento a tração e dimensionamento a compressão, tem desenvolvimento padronizados, de modo a facilitar as evoluções a nível de implementação e alterações futuras de normas técnicas. A plataforma foi apresentada ao público alvo e bem avaliado na questão do objetivo, mesmo ainda em seu estado primário de desenvolvimento, por apresentar uma proposta e iniciativa de compilar diversas informações em um mesmo local, informações está que estariam dispersas em softwares diferentes, tabelas dinâmicas e formulas em planilhas e até mesmo feitos a mão.

7.1 Sugestões de trabalhos futuros

A plataforma *WEB RSSteel* – Plataforma de cálculos on-line atendeu as necessidades no primeiro momento, em sua versão primária. As próximas versões devem conter os pontos abaixo:

- Verificações aprimoradas de tração/compressão;
- Verificações de flexão;
- Verificações de cortante e mistas;
- Verificações gerais;
- Banco de dados de perfis;
- Verificações por perfis;
- Verificações em estados limites últimos;
- Verificações em estados limites de serviço.

8 REFERÊNCIAS

AÇO MINAS GERAIS S/A. Divisão de Desenvolvimento e Promoção de Produtos. **Princípios de projeto de estruturas em aço**. Belo Horizonte: Graphilivro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto e execução de estruturas de aço e estruturas mistas de edifícios, 2008**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formado a frio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE FORMA, ESCORAMENTO E ACESSO, ABRASFE. **Teoria do dimensionamento das seções: Verificações de acordo com os Estados Limites, 2012**.

BOOTSTRAP. **Crie sites rápidos e responsivos com o Bootstrap**. 2020. Disponível em: [<https://getbootstrap.com/>]. Acesso em 25 de agosto de 2021.

BELLEI, Ildony H. et al. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2011.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. 5. ed. São Paulo: Pini, 2006.

BELLEI, Ildoney H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O.; **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini, 2004, 454 p.

BOOTSTRAP. **Crie sites rápidos e responsivos com o Bootstrap**. 2020. Disponível em: <<https://getbootstrap.com/>>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

ECMAScript, Documentation. **ECMAScript**. Disponível em: <<http://www.ecmascript.org/docs.php>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

FALEIROS, João P. M. et al. O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas: Um panorama do período 2001-2010. **Revista BNDES Setorial** 35, 2010.

FERREIRA, S. **Guia Prático de HTML5**:. Universo dos Livros, 2011. ISBN 9788579303944. Disponível em: [<http://books.google.com.br/books?id=gvV0icqoRsgC>]. Acesso em 25 de setembro de 2021.

FERREIRA, K. **O que é PHP e por que você precisa conhecer essa linguagem de programação web**. Rockcontent, 2019. Disponível em: [<https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-php/>]. Acesso em 2 de Outubro de 2021.

FONSECA, Carolina. **Estrutura Metálica é aposta na construção**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**, 4 ed. São Paulo: 2008.

GUARNIER, Christiane R. F.; **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto 2009.

GERE, J. M.; WEAVER, W. **Análise de Estruturas Reticuladas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.

INABA, Roberto. **Construções Metálicas: o uso do Aço na Construção Civil**. Portal Metálica, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Galpões para usos gerais**. 3. ed. IBS/CBCA, 2004.

GUANABARA, M. K. **Dimensionamento de estruturas metálicas**: rotina computacional para seleção de perfis metálicos. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LAW, Kicho H. – **Web Services in civil and structural engineering simulations**. (2011).

MARQUES, R. **O que é HTML**. Homehost, 2019. Disponível em: [<https://www.homehost.com.br/blog/tutoriais/o-que-e-html/>]. Acesso em 7 de setembro de 2020.

MDN. **JavaScript**. 2020. Disponível em: [<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>]. Acesso em 16 de setembro de 2020.

PENG, Jun; LIU, David; CHENG, Jinxing; HAN, Charles S.; LAW, Kincho H. – **Emergence of Distributed Engineering Web Services**, 2012.

PFEIL, W., PFEIL, M. **Estruturas de aço – dimensionamento prático**. 8ª ed. Rio de Janeiro, 2009.

W3C ESCRITÓRIO BRASIL. **Notícias**. Disponível em: <www.w3c.br>. Acesso em: 30 de junho de 2021.