

# **DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO WEB PARA APOIO AO CÁLCULO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

**RAYNERSON FERREIRA MAIA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS**

---

Professor Doutor José Miguel de Freitas Castro

JULHO DE 2012

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Dedico este trabalho a meu Pai Celestial, a meus pais e irmãos: Gilberto, Luce Helena, Grace Kelly e Diego Pablo, pela paciência, amor e incentivo.

*“É precisamente neste aspecto que jaz o segredo para a conquista, ou seja, em não declinar com o passar dos anos, pelo contrário, manter uma perseverança que, no fim, dará os seus frutos.”*

*Autor desconhecido*







## **AGRADECIMENTOS**

Mais uma etapa vencida, mais um sonho concretizado. Se alcancei nobres objetivos, se consegui ir mais adiante, foi por que, a base em cuja vida estivera assente, era firme e sólida. Assim como acontece em qualquer estrutura, para que haja estabilidade e segurança, a fundação deve ser forte o suficiente a fim de proporcionar meios para que a construção possa avançar e cumprir o seu propósito. Dedico este trabalho a todos àqueles que estiveram envolvidos na composição desse alicerce: em primeiro lugar, e acima de todas as coisas, agradeço a meu Pai Celestial, que concedeu-me saúde para enfrentar as duras caminhadas, energia para desenvolver os trabalhos, ânimo em tempos de desencorajamento e um sentimento de esperança de que tempos melhores viriam. Reconheço a Sua mão em todos os momentos da minha vida. A Ele, devo tudo!

Tão essencial como o cimento para o betão foram os papéis que desempenharam meus pais, Sr. Gilberto Maia e Sra. Luce Helena Ferreira Maia, meus queridos pais, cujas personalidades não poderia deixar de demonstrar minha gratidão: noites de preocupação, sacrifício financeiro, serviço abnegado, amor incondicional. Raras são as sentenças capazes de descrever todo o esforço que fizeram para apostar nos projetos de seus filhos. O apoio, a consideração, o incentivo e o amor foram essenciais para que, ao findar de uma etapa, eu pudesse contemplar mais uma vitória sem esquecer-me de que toda conquista, as presentes e as futuras, serão também deles.

O “agregado” familiar biológico ( irmãos, primos, tios, sobrinhos, cunhados e avós) e o “agregado” familiar adotivo (amigos do coração), cada um, a sua maneira, fizeram culminar o realizar de mais um sonho.

Um agradecimento especial ao povo português, que acolheu-me tão bem durante este tempo, em especial, à FEUP, que proporcionou-me conceitos teóricos e práticos de engenharia civil, ferramentas e apoio individual para a finalização desse ciclo. Inserido a esse contexto, está o Doutor José Miguel Castro: professor e amigo; dotado de virtudes que muito contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, tais como a paciência e o otimismo. A ajuda no fornecimento de matéria para o trabalho, o incentivo, a aposta no sucesso do projeto: serei sempre grato pelos esforços empenhados!

A esperança de um futuro melhor repousa nas mãos daqueles que se propõem a concretizar, ou melhor, “betonizar” aquilo que aprenderam em prol de um objetivo social comum.



## RESUMO

O avanço computacional tem invadido todas as áreas da atividade humana. A engenharia civil, pela sua natureza essencialmente tecnológica, tem tirado grandes proveitos desse desenvolvimento. Um grande beneficiado com o crescimento desse setor é o da análise estrutural. Uma grande variedade de programas comerciais está à disposição dos engenheiros civis: SAP, ANSYS, DIANA, entre outros. Existe também uma diversidade de programas educacionais, como por exemplo o FTOOL e o ANEST. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação *web* de apoio ao projeto de estruturas metálicas. A aplicação foi desenvolvida com recurso a um conjunto de ferramentas gratuitas disponíveis na internet e permite o cálculo e verificação de segurança de secções metálicas de acordo com o regulamento Europeu em vigor, o Eurocódigo 3.

PALAVRAS-CHAVE: estruturas metálicas, aplicações web, modelo cliente-servidor



**ABSTRACT**

The progress observed in the last decades in the computing domain has influenced all areas of human activity. The civil engineering industry clearly benefited from that progress, namely in what concerns to structural analysis. A wide variety of commercial programs are available to civil engineers: SAP, ANSYS, DIANA, among others. There is also a diversity of educational programs as FTOOL and ANEST. The study presented in this dissertation aimed to develop a web application to aid in structural steel design. The application was developed using a set of free tools available on the Internet and allows the calculation and verification of security metal sections according to the European regulation in force, Eurocode 3.

**KEYWORDS:** steel structures, web applications, client-server model.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	I
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	V
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO.....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2 APLICAÇÕES WEB NA ENGENHARIA CIVIL .....</b>	<b>3</b>
2.1. APLICAÇÕES TRADICIONAIS VS APLICAÇÕES WEB .....	3
2.2. TECNOLOGIAS DE UMA APLICAÇÃO WEB .....	4
2.2.1. Servidor web - Apache .....	5
2.2.2. Http.....	6
2.2.3. Sqlite .....	6
2.2.4. Php.....	6
2.2.5. JavaScript.....	7
2.2.6. Javascript Standard Object Notation (Json).....	8
2.2.7. Cascading Style Sheets (Css) .....	8
2.2.8. Xhtml .....	9
2.2.9. Firebug .....	10
2.2.10. Notepad++.....	10
<b>3 CÁLCULO DE ESTRUTURAS METÁLICAS DE ACORDO COM O EUROCÓDIGO 3.....</b>	<b>11</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	11
3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS SECÇÕES .....	11
3.3. VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA A NÍVEL SECCIONAL .....	17
3.3.1. Tração .....	17
3.3.2. Compressão .....	17
3.3.3. Momento Fletor .....	18
3.3.4. Esforço Transverso .....	19

3.3.5. Flexão com Esforço Transverso .....	20
3.3.6. Flexão Composta.....	20
3.3.6.1. Secções Transversais das Classes 1 e 2 .....	20
3.3.6.2. Flexão Desviada.....	22
3.3.6.3. Secções Transversais das Classes 3 e 4 .....	22
3.3.7. Flexão Composta com Esforço Transverso .....	22
<b>4 DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO WEB PARA VERIFICAÇÃO DE SECÇÕES METÁLICAS .....</b>	<b>23</b>
4.1. OBJETIVO .....	23
4.2. ESTRUTURA DA APLICAÇÃO .....	23
4.2.1. Informações de Entrada.....	24
4.2.2. Cálculos.....	28
4.2.3. Apresentação dos Resultados .....	29
4.3. DESCRIÇÃO DETALHADA DO FUNCIONAMENTO DA PÁGINA WEB .....	31
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>33</b>
5.1. CONCLUSÃO.....	33
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	34
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO A1 LISTA DE FUNÇÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO A2 CÓDIGO PARCIAL DO PROGRAMA.....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Panorama aplicações tradicionais <i>versus</i> aplicações <i>web</i> .....	4
Figura 2 - Modelo Cliente Servidor.....	4
Figura 3 - Modelo de Arquitetura MVC .....	5
Figura 4 - Exemplo de pedido via AJAX pelo site Google .....	8
Figura 5 - Exemplo de código CSS (RIORDAN, R., 2008) .....	9
Figura 6 – Emblema do <i>Firebug Web Development Tool</i> .....	10
Figura 7 - NotePad++ .....	10
Figura 8 - Classificação das secções transversais (EC3).....	12
Figura 9 - Curvas momento fletor-rotação de acordo com EC3 .....	13
Figura 10 – Divisões básicas do programa.....	24
Figura 11 – Caixa de alerta para número inválido ou cujas casas decimais sejam separadas por vírgulas.....	25
Figura 12 – Zona 1 “DADOS INICIAS” .....	25
Figura 13 – Lista apresentada no menu “Tipo de Secção” .....	25
Figura 14 – Lista SECÇÃO .....	26
Figura 15 – Lista CLASSE DO AÇO .....	26
Figura 16 – Parte 2 SECÇÃO (Imagem do Perfil Selecionado).....	27
Figura 17 – Parte 3 ESFORÇOS .....	28
Figura 18 - Propriedades Geométricas da Secção .....	30
Figura 19 – VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA de acordo com EC3 .....	30
Figura 20 – OBSERVAÇÕES presentes no Eurocódigo3 .....	30



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Limites máximos da relação $c/t$ elementos internos comprimidos (EC3) .....	14
Quadro 2 - Limites máximos da relação $c/t$ elementos comprimidos (EC3) .....	15
Quadro 3 - Fator de Encurvadura para elementos internos comprimidos .....	16
Quadro 4 - Fator de encurvadura para elementos externos comprimidos .....	16
Quadro 5 - Clientes e servidores utilizados no trabalho .....	23
Quadro 6 - Convenção de sinais .....	27
Quadro 7 - Casos e descrições dos esforços inseridos pelo usuário .....	29



**ÍNDICE DE EQUAÇÕES**

Parâmetro $\alpha$ (1) .....	15
Verificação de Segurança para Esforços à Tração (2) .....	17
Cálculo do Esforço Normal Resistente Plástico à Tração (3) .....	17
Cálculo do Esforço Normal Resistente Último à Tração (4) .....	17
Verificação de Segurança para Esforços à Compressão (5) .....	17
Cálculo do Esforço Normal Resistente Plástico à Compressão para classes 1, 2 e 3 (6) .....	18
Cálculo do Esforço Normal Resistente Plástico à Compressão para classe 4 (7) .....	18
Verificação de Segurança para Esforços à Flexão (8) .....	18
Cálculo do Momento Resistente Plástico para classes 1 e 2 (9) .....	18
Cálculo do Momento Resistente Elástico para classe 3 (10) .....	19
Cálculo do Momento Resistente Elástico Efetivo para classe 4 (11) .....	19
Verificação à Segurança para Esforços Transversos (12) .....	19
Cálculo do Esforço Transverso Plástico Resistente (13) .....	19
Expressão da Tensão de Cedência Reduzida (14) .....	20
Parâmetro $\rho$ (15) .....	20
Verificação à Segurança para Flexão Composta (16) .....	20
Cálculo do Momento Resistente em torno de y reduzido devido ao esforço axial (17) .....	21
Verificação do Momento Reduzido em y devido à atuação de um Esforço Axial em relação ao Momento Resistente Plástico (18) .....	21
Verificação do Momento Reduzido em z de acordo com os parâmetros n e a 1 (19) .....	21
Verificação do Momento Reduzido em z de acordo com os parâmetros n e a 2 (20) .....	21
Parâmetro n (21) .....	21
Parâmetro a (22) .....	21
Verificação de Segurança em relação à Flexão Desviada (23) .....	22
Verificação à Segurança para Secções de Classe 3 e 4 Sujeitas à Flexão Composta (24) .....	22



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

As diversas áreas da atividade humana têm sido invadidas pelo avanço tecnológico. A realização das tarefas de modo preciso e coerente é característica marcante da sociedade moderna atual. O desenvolvimento e aperfeiçoamento tecnológico, tal como hoje se apresenta, são compostos fundamentalmente por elementos essenciais à análise e obtenção de descrições da execução de tarefas de maneira simples, porém suficiente para serem automatizadas por uma máquina especialmente projetada para esse fim. O processo de desenvolvimento simultâneo de máquinas (*hardware*) e sistemas capazes de gerenciar a realização de tarefas específicas (*softwares*) foram peças-chave na evolução da engenharia (JUNIOR, J.M.R.S, 2001).

Visando à busca por ferramentas cada vez mais capazes de viabilizar a realização dessas tarefas, muitas delas de natureza complexa, e também que fossem economicamente aceitáveis, no mundo da engenharia inserem-se as ferramentas tecnológicas, alavancando o cenário da engenharia civil e proporcionando sólido crescimento nesse exigente mercado. As ferramentas computacionais possibilitam a consideração de assuntos complexos com mais precisão, agilidade e rapidez.

A partir dos anos 60, uma ferramenta ganhou destaque no cenário da análise estrutural, ferramenta esta que revolucionaria mais tarde todo o procedimento de cálculo: o computador. Com sua expansão para usos domésticos nos anos 80 e 90, ele tornou-se um importante aliado para a análise de estruturas, tanto no dimensionamento, quanto nas verificações de segurança presentes nos regulamentos vigentes da região. Devido à complexidade crescente dos desafios da engenharia e a exigência de um alto grau de precisão, cálculos feitos à mão tornaram-se inviáveis e, de igual maneira, indispensável o uso de uma ferramenta computacional. Com o desenvolvimento no ramo da computação gráfica, a contemplação dos resultados tornou-se ainda maior e melhor (MARTHA, L.F., 2006).

Dentre os programas convencionais de análise estrutural, destacam-se: ROBOT, SAP, ANSYS. Em ambiente acadêmico, temos o FTOOL. Também, recentemente, foi desenvolvido o SeIEQ, uma aplicação em ambiente web na área da engenharia sísmica, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## 1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Por meio de plataformas abertas pela internet e avanços na informática, vêm surgindo, cada vez mais, programas educacionais na área da engenharia civil. Esses softwares devem ser capazes de representar a realidade encontrada nas variadas situações estruturais.

O presente trabalho visa à elaboração de uma ferramenta de cálculo acessível via *internet* e executada a partir de um *browser* convencional. O desenvolvimento do projeto alia o uso de conceitos modernos de programação e um conjunto de tecnologias gratuitas amplamente utilizadas em outras aplicações *web*. A aplicação permite a verificação de segurança de secções metálicas de acordo com o Eurocódigo 3 e disponibiliza ao utilizador informações sobre suas propriedades geométricas, relatórios de cálculo e observações do código regulamentar.

Este trabalho é um dos pioneiros no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto como proposta de tema para dissertação.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada por capítulo e subcapítulos, os quais anunciam todos assuntos envolvidos na preparação e elaboração da *página web*.

Capítulo 1 contém um breve relato sobre a evolução e a importância do uso de ferramentas tecnológicas, sua manipulação e crescente utilização ao longo dos séculos. Citam-se alguns programas para análise, dimensionamento e verificações estruturais.

Capítulo 2 descreve a diferença entre uma *aplicação web* e uma *aplicação tradicional*, juntamente com os meios tecnológicos envolvidos na elaboração do *site*. Uma explicação do que é o modelo cliente-servidor e a arquitetura *MVC* presente nas aplicações *web* é aqui referida. São apresentadas as várias tecnologias que fizeram parte na elaboração do programa, o servidor utilizado, o editor de texto onde foi escrito todo o código do programa, as chamadas *web development tools*, tecnologias de transmissão de informações, armazenamento no banco de dados, etc. São definidos os objetivos do capítulo em exposição

Capítulo 3 apresenta as expressões utilizadas para verificações de segurança do Eurocódigo 3, que é a norma vigente europeia para projetos de estruturas metálicas. São apresentados quadros e expressões matemáticas que permitem realizar a classificação da secção e consequente verificação consoante aos diversos esforços instalados, atuando de maneira isolada ou combinada.

Capítulo 4 mostra os detalhes da criação da *página web*: sua aparência, as diversas partes que a compõe, a descrição detalhadas do funcionamento “interior” do programa.

Capítulo 5 é a conclusão do trabalho com proposta para expansão de possíveis trabalhos futuros

Em anexo, apresentam-se alguns módulos do programa.

# 2

## APLICAÇÕES WEB NA ENGENHARIA CIVIL

### 2.1. APLICAÇÕES TRADICIONAIS VS APLICAÇÕES WEB

A necessidade de serviços cada vez mais rápido tem incentivado um crescimento significativo no desenvolvimento de aplicações *web*. Elas tem tornado-se mais complexas por fatores financeiros e outros aspectos específicos de sua elaboração.

A internet tem influenciado a expansão da realização desses negócios pelos seguintes fatores: simplicidade aos usuários, comunicação dinâmica e instantânea e facilidade de utilização. Essas características estimulam o crescimento do desenvolvimento de sistemas que beneficiam-se deste ambiente.

As aplicações *web* possuem características específicas em comparação a outras aplicações. A diferença entre os sistemas convencionais e os programas desenvolvidos em ambiente *web* são apresentados:

- Linguagem – Enquanto que numa aplicação tradicional, o programa limita-se a um tipo de linguagem, na programação *web*, o desenvolvedor tem contato com uma variedade de linguagens, cada uma destinada a atender um fim específico na composição do todo. (*HTML, CSS, JavaScript*);
- Ferramentas disponíveis – O mundo *web* oferece um leque de opções variados no que diz respeito a ferramentas de desenvolvimento *open-source*(*editores visuais, gerenciadores de sites*), novas funcionalidades, *upgrades*, inovações, bibliotecas (biblioteca *jQuery, mooTool, Firebug*);
- Ambiente – O desenvolvimento da aplicação pode dar-se em ambientes diferentes (*Mozilla, Firefox, IE, Chrome*);
- Acessibilidade – As páginas *web* acompanham a própria evolução da internet. Podem ser acessadas de qualquer lugar, desde que haja uma rede de internet e as configurações do navegador assim o permitam.

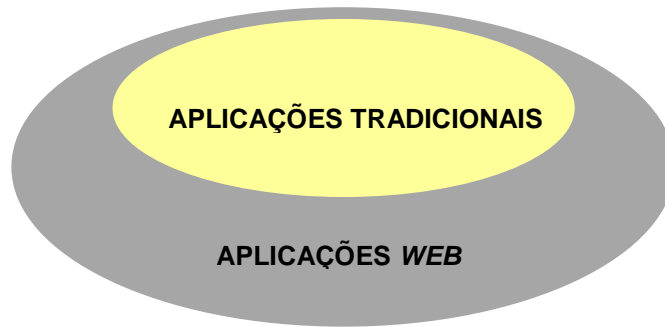


Figura 1 – Panorama aplicações tradicionais *versus* aplicações web

## 2.2. TECNOLOGIAS DE UMA APLICAÇÃO WEB

As aplicações *web* possuem um sistema de comunicações interligadas segundo o modelo cliente-servidor. Esse modelo é assim chamado pois age como um programa de distribuição que particiona tarefas entre àqueles que providenciam um determinado serviço, chamados de servidores, e àqueles que requisitam o serviço, chamados de clientes. Geralmente, ambos comunicam-se por uma rede de serviços, a internet. O servidor-máquina é um espaço de hospedagem em que um ou mais programas servidores trabalham e compartilham suas fontes com os clientes. O cliente, por outro lado, nada compartilha, somente requisita um conteúdo de informações do servidor ou funções de serviços. São eles que iniciam uma “sessão de conversa” com o servidor e aguardam os pedidos.<sup>1</sup>

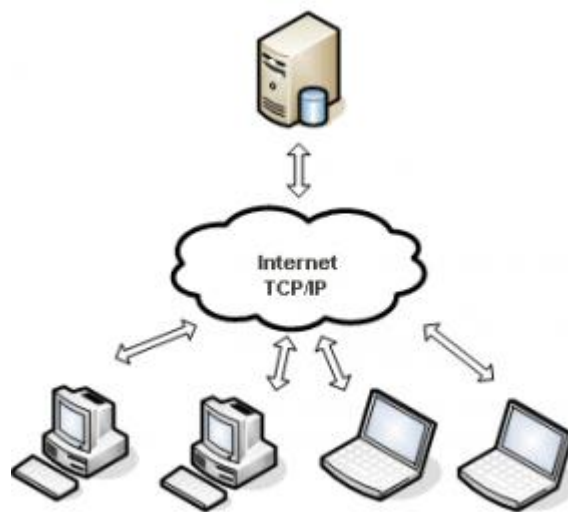


Figura 2 - Modelo Cliente Servidor

Tipos específicos de clientes incluem os *web browsers*. Como servidores, citam-se os *web servers*.

---

<sup>1</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Client%E2%80%93server\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Client%E2%80%93server_architecture)

Um outro conceito presente quando o assunto é aplicação *web* é o da arquitetura multi-camadas MVC (*Model-View-Controller*). O MVC é um modelo padrão de arquitetura que separa a função lógica da interface do usuário, permitindo o tratamento de cada parte separadamente<sup>2</sup> O modelo (*model*) é responsável por definir, gerenciar e identificar mudanças nas informações recebidas. Ele a representa de maneira detalhada. É sua responsabilidade saber a forma como o dado é armazenado ou acedido. A visão (*view*) tem a função de apresentar os dados ao utilizador de uma forma adequada. O controlador (*controller*) supervisiona a validação e a filtragem da entrada de dados, é ele quem aciona o modelo para obtenção de respostas ao usuário através de objetos. A visão é invocada a fim de mostrar ao cliente as respostas obtidas do modelo.

Este trabalho não foi desenvolvido segundo a arquitetura MVC. A referência ao assunto é vista como partes dos conceitos básicos e iniciais do funcionamento da rede.

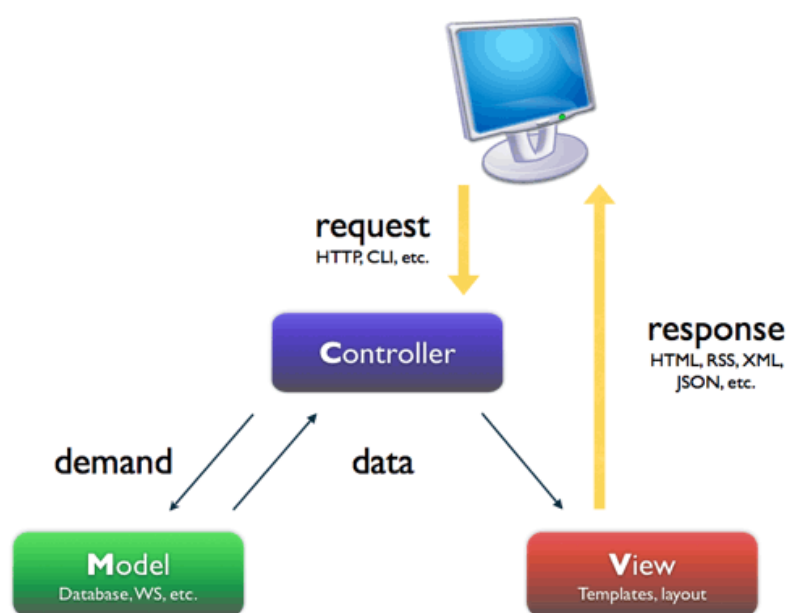


Figura 3 - Modelo de Arquitetura MVC<sup>3</sup>

A separação entre os dados e a apresentação torna-se cada vez mais relevante devido às complexidades crescente das aplicações desenvolvidas. Dessa forma, o layout não sofrerá alterações caso alguns dados sejam manipulados e vice-versa

### 2.2.1. SERVIDOR WEB - APACHE

O servidor Apache é livre, *open-source* e pode facilmente ser instalado tanto em UNIX como no sistema *Windows*. As vantagens na utilização desse *software* são: segurança, eficiência e extensibilidade. Ele é considerado o servidor mais usado atualmente.

<sup>2</sup> <http://pt.wikipedia.org/wiki/MVC>

<sup>3</sup> <http://www.fernandovalente.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2010/04/mvc.png>

Apache é instalado junto com o módulo *PHP*, o que permite com que os pedidos *scripts* feitos em *PHP* sejam interpretados em tempo real. As informações, por sua vez, retornam ao usuário em forma de *web page*.

Apache também gerencia ficheiros estáticos, tais como o *CSS* (Ver Sessão 2.2.7), imagens e ficheiros *javascript* (Sessão 2.2.5).

### 2.2.2. HTTP

Assim como a maioria das páginas *web*, o trabalho desenvolvido utilizará o pedido de protocolo *HTTP* (*HyperText Transfer Protocol*) para a transferência de dados da secção e informações sobre as verificações que a mesma submete-se de acordo com os esforços atuantes envolvidos. Um protocolo é o conjunto de regras da comunicação, conexão e troca de dados entre dos computadores ou aplicações.

### 2.2.3. SQLITE

Originalmente lançado em 2000, ele foi projetado a fim de providenciar uma maneira conveniente para os aplicativos gerenciarem dados sem a sobrecarga que muitas vezes advêm com sistemas dedicados de banco de dados. *SQLite* é um banco de dados *open source* incorporado que tem a reputação de ser altamente portátil, fácil de usar, compacto, eficiente e confiável. Ao invés de correr de forma independente como um processo autónomo (...), o código é interligado, ou incorporado, como uma parte do programa que o hospeda. Em sua estrutura interna, há um completo motor de banco de dados autossuficientes. Uma vantagem de ter-se um servidor de dados dentro do próprio programa é que nenhuma configuração de rede ou administração é necessária. Tanto o cliente como o servidor são executados em conjunto no mesmo processo, isso reduz a sobrecarga relacionada com as chamadas de rede e simplifica a administração de banco de dados, tornando mais fácil a implantação seu aplicativo. *SQLite* é bastante versátil: é um banco de dados, uma biblioteca de programação e uma ferramenta de linha de comando. De fato, há muitas maneiras de usá-lo: em ambientes embutidos, sites, serviços de sistema operacional, *scripts* e aplicações.

As informações geométricas das secções transversais, que incluem largura do banzo, altura da alma, raio de ligação alma-banzo, altura total da secção, etc. em perfis I ou H estão armazenadas no ficheiro *Profiles.s3db*, vantagem oferecida por esse banco de dados pelo fato de não precisar de um outro servidor para gerenciar suas informações. O mesmo também oferece um *plug-in* no *browser Mozilla Firefox*.

### 2.2.4. PHP

Inicialmente, a linguagem *PHP*, criada como um *hobby*, sua sigla original era *Personal Home Page*. A partir de então, evoluiu-se de tal maneira que hoje é conhecido como uma framework muito rica e poderosa quando o assunto é desenvolvimento *web*. Ele é frequentemente utilizado em conjunto com outras tecnologias gratuitas, como o *WAMP* (*Windows, Apache, MySQL e PHP*) e o *LAMP* (*Linux, Apache, MySQL e PHP*). Inúmeras aplicações *open-sources* foram desenvolvidas usando a linguagem *PHP*.

A linguagem *script PHP* foi usada para promover os cálculos do lado do servidor (classificação das secções e verificações de segurança). Nenhuma biblioteca foi utilizada e a programação não é orientada a objetos. Dividiu-se o código em pequenos segmentos de funções e, através da palavra

reservada *include*, todos foram agregados ao ficheiro principal. A segmentação do código facilita a manutenção do mesmo, é mais eficiente no momento de efetuar correções e encontrar erros.

#### 2.2.5. JAVASCRIPT

Uma outra linguagem *script*, só que desta vez do lado do cliente, é o *Javascript*. Ele é facilmente encontrado em aplicações *web* e é o responsável em proporcionar interatividade com o usuário.

Uma das bibliotecas *JavaScript* mais famosas da internet é o *jQuery* torna o código em *JavaScript* mais simples, mais fácil de trabalhar com o *DOM (Document Object Model)*, com animação, com pedidos assíncronos, e outros; em resumo, faz mais coisas com menos código. *jQuery* é uma *framework open source*, podendo ser facilmente descarregada em seu site oficial.

A fim de criar uma maior interatividade com o usuário, cada vez mais as aplicações *web* tem sido construídas de maneira a permitir comunicações cliente-servidor via *AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)*. O pedido *AJAX* ao servidor é uma requisição assíncrona, quer dizer que, enquanto espera-se por uma resposta do servidor, o usuário pode continuar a realizar seu trabalho sem que haja um refrescamento da página. O pedido via *AJAX* é feito através de um objeto chamado *XMLHttpRequest*, presente na maioria dos navegadores. A mesma ação também pode ser feita através da biblioteca *Jquery*, cuja sintaxe apresenta-se de uma forma muito mais simples. As vantagens dessa forma de construção de aplicações *web* são:

- Vários eventos podem ocorrer ao mesmo tempo na mesma página;
- Somente uma parte da página é atualizada, a que for necessária;
- A página não fica “congelada” a espera de uma resposta do servidor;

As pesquisas feita no site google.com usam tecnologia *AJAX* associadas a um evento, *onkeypress* ou *onkeyup*. Cada letra digitada para a busca de um determinado assunto, chama a função que efetua um pedido assíncrono ao servidor, retornando uma lista de informações.

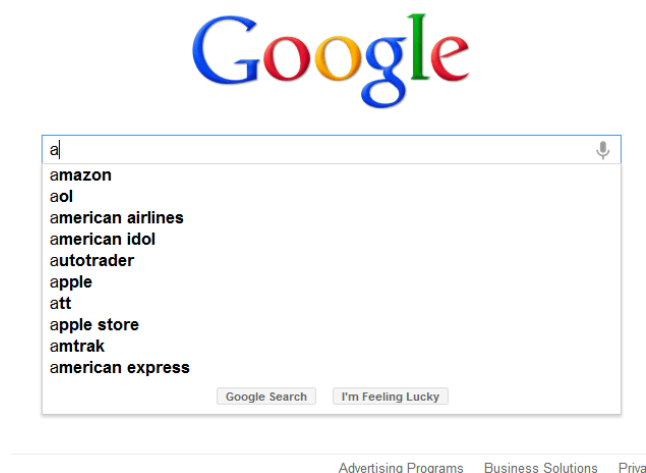


Figura 4 - Exemplo de pedido via AJAX pelo site Google<sup>4</sup>

#### 2.2.6. JAVASCRIPT STANDARD OBJECT NOTATION (JSON)

*JSON* foi criado para ser um linguagem de troca de dados cuja leitura fosse de fácil compreensão e simples de utilizar e analisar por computadores. Ele é diretamente suportado dentro do *Javascript* e é mais adequado para aplicações *JavaScript*, proporcionando, dessa forma, um desempenho significativo em relação ao *XML*, seu principal rival. Ele é mais rápido e mais leve. Apesar de notável desempenho, seus pontos em desvantagens incluem falta de suporte a *namespace* (objeto), falta de validação de entrada e desacordo de extensibilidade.

As vantagens de usar-se *JSON* para transmissão de informações são:

- Ideal para aplicações assíncronas;
- Maior agilidade;
- Possui um formato de informações leve e fácil de trabalhar;

#### 2.2.7. CASCADING STYLE SHEETS (CSS)

De acordo com (RIORDAN, R., 2008), *Cascade Style Sheets*, ou simplesmente *CSS*, define o padrão de apresentação do documento *web*. A apresentação é a forma como o documento é exposto ao usuário. Sua característica centraliza-se nos componentes visuais, ou seja: tipografia, cor, alinhamento, posição, tamanho, largura, altura, etc. *CSS* é o ficheiro responsável por prover estes estilos a documentos do tipo *markup language* (*XML*, *HTML*, *XHTML*). Uma grande vantagem do uso do *CSS* é que tanto a apresentação como sua sintaxe mantêm-se separadas do conteúdo da página.

As principais vantagens que o uso de “*style sheets*” oferecem são:

- Maior controlo do *layout* da página e ferramentas tipográficas;
- Facilidade na formatação de elementos semelhantes de uma página através de poucas linhas de comando;
- Apresenta um grande potencial para documentos mais acessíveis;

---

<sup>4</sup> [www.google.com](http://www.google.com)

- É bem suportado pela maioria dos *browsers* existentes;

```
p {  
  font-size: 11px;  
  font-weight: bold;  
  color: #C06;  
}
```

Figura 5 - Exemplo de código CSS (RIORDAN, R., 2008)

#### 2.2.8. XHTML

*XHTML (eXtensible Hypertext Markup Language)* é uma markup language, ou seja, é uma linguagem baseada em marcações (< tag's >) que definem a posição dos elementos no DOM. A linguagem é um dialeto de *XML*. A construção da página é realizada em blocos, podendo conter blocos dentro de outros, os dados ficam organizados em ramificações, a lembrar a estrutura de uma árvore, é por esse motivo que o DOM é, por vezes, chamado de DOM TREE.

Ele possui especificações de elementos comuns, como os botões, que podem ser lidos pelos principais navegadores. Isso inclui também tabelas, imagens, parágrafos, cabeçalhos, etc. A versão usada do XHTML é a 1.0 Transitional

Segue um exemplo de código XHTML

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"  
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">  
  
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">  
  <head>  
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />  
    <title>Untitled Document</title>  
  </head>  
  <body>  
  </body>  
</html>
```

### 2.2.9. FIREBUG

O *Firebug* é um *add-on* do navegador *Mozilla Firefox* que traduz-se num grande auxílio para desenvolvedores de páginas *web*. Essa ferramenta apresenta as linguagens de programação envolvidas na criação da referida página e respectivos códigos, layout da página, *DOM (Document Object Model)* entre outras funcionalidades. Uma de suas principais ferramentas é o *debugging*, que ajuda o programador a encontrar erros no código.



Figura 6 – Emblema do *Firebug Web Development Tool*<sup>5</sup>

### 2.2.10. NOTEPAD++

*NotePad++* é um editor de textos simples, leve, compacto e de fácil manuseio. Possui uma lista de palavras reservadas para quase 40 linguagens de programação. Entre suas ferramentas estão o auto-complete, sistema de encontrar e substituir e navegação por abas. É um *software* livre.



Figura 7 - NotePad++<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> <http://dandelionwebdesign.com/tools/firebug/>

<sup>6</sup> PortableApps.com

# 3

## CÁLCULO DE ESTRUTURAS METÁLICAS DE ACORDO COM O EUROCÓDIGO 3

### 3.1. INTRODUÇÃO

O Eurocódigo 3 é o conjunto de normas europeias que regem os critérios de dimensionamento para os projetos em estruturas metálicas. Este documento visa a atender os requisitos de segurança, utilização e durabilidade destas estruturas. Ele divide-se em várias partes: a parte 1-1 refere-se ao regulamento que fornece regras gerais de dimensionamento para estruturas de edifícios. As regras de dimensionamento de ligações são fornecidas na parte 1-8. O comportamento das ligações numa estrutura metálica é fundamental pois, com base nos resultados de uma análise deste comportamento, o dimensionamento dos seus elementos estruturais proceder-se-á.

Este capítulo terá como objetivo a apresentação dos critérios para a verificação de segurança das secções metálicas mediante aos diversos esforços instalados, apresentados de maneira isolada ou combinados. Os sub-capítulos detalham os procedimentos para a verificação de segurança a nível seccional previstos no EC3, no qual inclui a classificação seccional.

### 3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS SECÇÕES

A classificação das secções destina-se a avaliar a resistência última e a capacidade de rotação da secção quando submetida a tensões normais, tendo em conta os fenómenos de instabilidade local, podendo desencadear cedência prematura da secção sem que a mesma atinja suas máximas capacidades resistentes.

Os requisitos do cálculo plástico, situação mais exigente, está relacionado com a classificação das secções. Para que um elemento estrutural possa fazer uso da análise plástica, o mesmo deve permitir a formação de rótulas plásticas com capacidade suficiente para deformar-se a fim de que haja redistribuição de esforços, até que a estrutura vire um mecanismo. Os mesmos requisitos não são impostos pela análise elástica, que preconiza a utilização de elemento estrutural com capacidade resistente suficiente tendo em conta as possíveis instabilidades.

De acordo com o EC3, as secções transversais assumem a seguinte classificação:

- CLASSE 1 – A secção pode atingir a resistência plástica e existe capacidade de rotação para formação de rótula plástica;
- CLASSE 2 – São permitidos os métodos de análise plástica para as secções de classe 2. Embora atinjam o momento resistente plástico, as mesmas possuem capacidade de rotação

limitada, comprometendo a formação de rótulas plásticas e, conseqüente, redistribuição de esforços;

- CLASSE 3 – A tensão de cedência da fibra mais extrema pode atingir a resistência elástica, mas não a plástica, devido aos fenômenos de encurvadura;
- CLASSE 4 – Os fenômenos de instabilidade local impedem que a secção alcance a tensão de cedência na fibra mais extrema. Faz-se necessário o cálculo de uma área efetiva (arêa bruta reduzida), comportando-se, após a redução da área, como uma secção de classe 3.

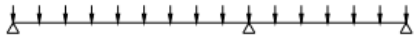
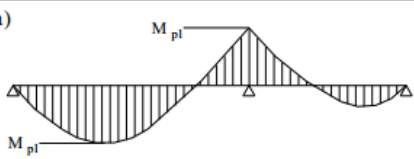
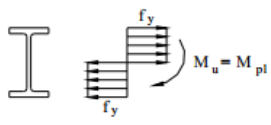
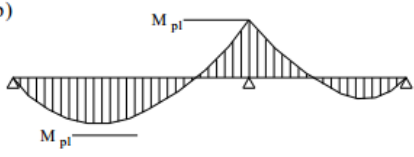
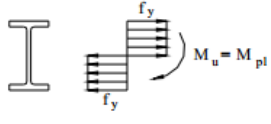
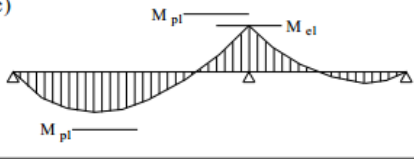
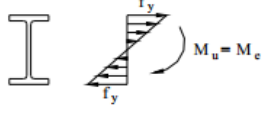
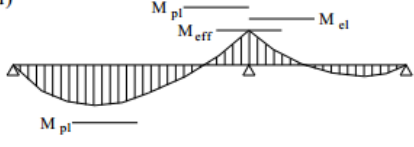
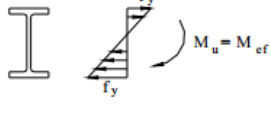
CLASSE DA SECÇÃO		MOMENTO ÚLTIMO $M_u$
<b>1</b> (Plástica)	a) 	 $M_u = M_{pl}$
<b>2</b> (Compacta)	b) 	 $M_u = M_{pl}$
<b>3</b> (Semicompacta)	c) 	 $M_u = M_e$
<b>4</b> (Esbelta)	d) 	 $M_u = M_{ef}$

Figura 8 - Classificação das secções transversais (EC3)

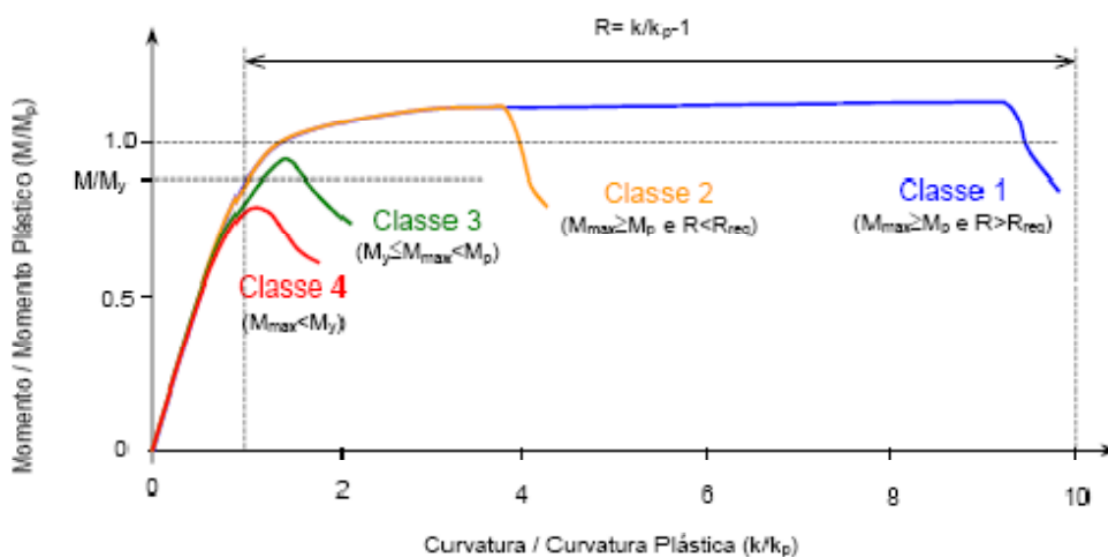


Figura 9 - Curvas momento fletor-rotação de acordo com EC3

As classes das secções, como recomenda o Eurocódigo 3, dependem da esbelteza geométrica do elemento comprimido (relação comprimento-espessura), da classe do aço, do esforço atuante e do tipo de perfil. Uma vez que a secção não esteja dentro dos limites definidos para a Classe 3, será considerada de classe 4, sendo, portanto, necessário a consideração do cálculo da encurvadura.

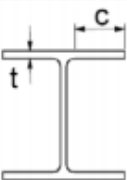

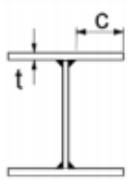
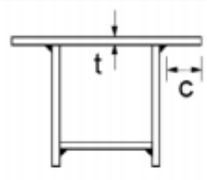
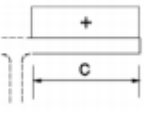
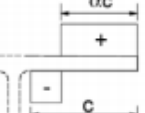
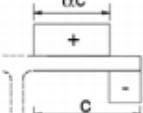
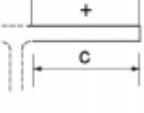
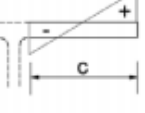
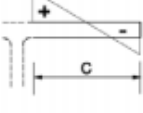
As classes, da alma e do banzo, podem ser distintas. A classe da secção será a maior das duas, ou seja, a mais desfavorável. As exceções encontram-se definidas no EC3, 6.2.1(10) e 6.2.2.4(1).

Quadro 1 - Limites máximos da relação  $c/t$  elementos internos comprimidos (EC3)

Componentes internos comprimidos						
				Eixo de flexão		
				Eixo de flexão		
Classe	Componente solicitado à flexão	Componente solicitado à compressão		Componente solicitado à flexão e à compressão		
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$		quando $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{396 \epsilon}{13 \alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{36 \epsilon}{\alpha}$		
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$		quando $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{456 \epsilon}{13 \alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{41,5 \epsilon}{\alpha}$		
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$		quando $\psi > -1$ : $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1$ <sup>1)</sup> : $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$		
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

<sup>1)</sup>  $\psi \leq -1$  aplica-se quando a tensão de compressão  $\sigma \leq f_y$  ou quando a extensão de tração  $\epsilon_y > f_y/E$ .

Quadro 2 - Limites máximos da relação c/t elementos comprimidos (EC3)

Banzos em consola						
						
Secções laminadas			Secções soldadas			
Classe	Componente solicitado à compressão	Componente solicitado à flexão e à compressão				
		Extremidade comprimida		Extremidade traccionada		
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$				
		Para $k_\sigma$ ver a EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

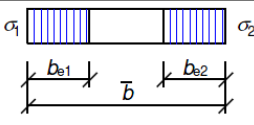
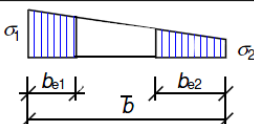
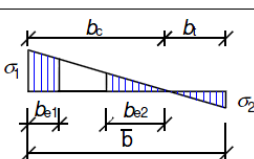
De acordo com GARDNER, L. (2004), secções em I ou H, submetidas à flexão composta plana, cuja linha neutra esteja assente na alma, na hipótese de pertencerem a classe 1 ou 2, o parâmetro  $\alpha$  necessário para a classificação da alma, pode ser estimado pela seguinte expressão:

$$\alpha = \frac{1}{c} \left( \frac{1}{2} \frac{N_{Ed}}{t_w f_y} + (t_f - r) \right) \leq 1 \quad (1)$$

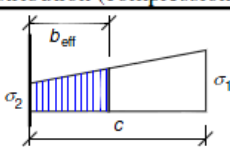
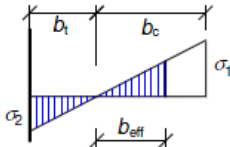
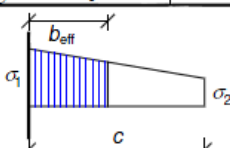
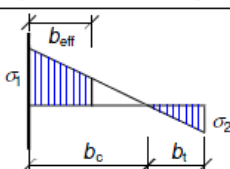
onde  $c$  é o comprimento da alma,  $N_{Ed}$  é o valor do esforço de cálculo axial atuante,  $h$  é a altura total da secção,  $t_w$  a espessura da alma,  $f_y$  é a tensão de cedência do aço,  $t_f$  a espessura do banzo e  $r$  é o raio de concordância na ligação banzo-alma.

Os quadros 3 e 4 asseguram o cálculo do fator de encurvadura para elementos comprimidos, internos e externos.

Quadro 3 - Fator de Encurvadura para elementos internos comprimidos

Stress distribution (compression positive)		Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$				
		$\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 b_{eff}$				
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,6 b_{eff}$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Buckling factor $k_\sigma$	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

Quadro 4 - Fator de encurvadura para elementos externos comprimidos

Stress distribution (compression positive)		Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$				
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$		
Buckling factor $k_\sigma$	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$		
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	
Buckling factor $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8	

### 3.3. VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA A NÍVEL SECCIONAL

#### 3.3.1. TRAÇÃO

A fim de garantir condições de segurança, o esforço  $N_{Ed}$  atuante de cálculo deve respeitar o seguinte critério:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (2)$$

onde  $N_{Ed}$  representa o valor de cálculo do esforço axial atuante e  $N_{t,Rd}$  representa o valor de cálculo do esforço axial de tração resistente.

Para os casos de secções com furo, o esforço axial normal resistente deve ser igual ao menor dos seguintes valores:

- a) Esforço normal resistente plástico da secção bruta

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (3)$$

sendo que  $A$  representa a área da secção transversal do elemento,  $f_y$  a tensão de cedência do material e  $\gamma_{M0}$  o coeficiente parcial de segurança

- b) Esforço normal resistente último da secção útil da zona furada

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (4)$$

Sendo  $A_{net}$  representa a área útil da secção,  $f_u$  a tensão de rotura do material e  $\gamma_{M2}$  o coeficiente parcial de segurança

#### 3.3.2. COMPRESSÃO

O esforço  $N_{Ed}$  atuante de compressão deve atender o seguinte critério:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (5)$$

onde  $N_{Ed}$  representa o valor de cálculo do esforço axial atuante e  $N_{c,Rd}$  representa o valor de cálculo do esforço axial de compressão resistente.

O valor de cálculo do esforço normal de compressão resistente deve ser determinado pelas seguintes equações:

a) Para classes 1, 2 e 3

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6)$$

em que  $A$  representa a área da secção transversal do elemento,  $f_y$  a tensão de cedência do material e  $\gamma_{M0}$  o coeficiente parcial de segurança.

b) Para classe 4

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (7)$$

em que  $A_{eff}$  é a área efetiva de uma secção de classe 4,  $f_y$  e  $\gamma_{M0}$  são descritos anteriormente.

Não são considerados os furos das ligações em elementos comprimidos, desde que os mesmos estejam totalmente preenchidos pelos elementos de ligação.

### 3.3.3. MOMENTO FLETOR

O esforço  $M_{Ed}$  atuante deve satisfazer a seguinte condição, tendo em conta os furos da ligação:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (8)$$

sendo que  $M_{Ed}$  representa o valor de cálculo do momento fletor atuante e  $M_{c,Rd}$  representa o valor de cálculo do momento fletor resistente.

Os valores de cálculo do momento resistente para as secções transversais são calculadas, segundo um dos eixos principais de inércia, da seguinte forma:

a) Para classes 1 e 2

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (9)$$

$M_{pl,Rd}$  significa momento plástico resistente (em torno de um dos eixos),  $W_{pl}$  significa módulo plástico de flexão,  $f_y$  e  $\gamma_{M0}$  e são descritos anteriormente.

b) Para classe 3

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (10)$$

$M_{el,Rd}$  representa o momento elástico resistente (em torno de um eixo),  $W_{el,min}$  representa o módulo elástico de flexão mínimo,  $f_y$  e  $\gamma_{M0}$  são descritos anteriormente.

c) Para classe 4

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (11)$$

$W_{eff,min}$  é o módulo elástico de flexão efetivo mínimo

### 3.3.4. ESFORÇO TRANSVERSO

O valor de cálculo do esforço transversal atuante deve atender ao seguinte critério:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (12)$$

em que  $V_{Ed}$  representa o valor de cálculo do esforço transversal atuante e  $V_{c,Rd}$  representa o valor de cálculo do esforço transversal resistente.

Na ausência da torção, o valor de cálculo de esforço transversal pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (13)$$

uma vez que  $V_{pl,Rd}$  é o valor de cálculo do esforço transversal plástico resistente,  $A_v$  é a área de corte da secção,  $f_y$  e  $\gamma_{M0}$  são, respectivamente, a tensão de cedência e o coeficiente parcial de segurança.

### 3.3.5. FLEXÃO COM ESFORÇO TRANSVERSO

Com a atuação combinada do esforço transversal e o momento fletor, os seus efeitos deverão ser levados em consideração no cálculo do momento resistente. Se o valor do esforço transversal atuante for inferior à metade do esforço transversal resistente plástico, o seu efeito poderá ser desprezado, caso contrário, deverá ser calculada uma tensão de cedência reduzida, dada pela expressão:

$$(1-\rho)f_y \quad (14)$$

O parâmetro  $\rho$  é dado por:

$$\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (15)$$

Em que  $V_{Ed}$  e  $V_{pl,Rd}$  são os valores do esforço transversal atuante e o esforço transversal resistente plástico, respectivamente.

### 3.3.6. FLEXÃO COMPOSTA

#### 3.3.6.1. Seções Transversais das Classes 1 e 2

Devido à atuação dos esforços de normais e de flexão combinados, o seu efeito deverá ser tido em consideração nos cálculos dos esforços resistentes. Para as classes 1 e 2, o seguinte critério deve ser satisfeito:

$$M_{Ed} \leq M_{N,Rd} \quad (16)$$

sendo  $M_{Ed}$  o valor de cálculo do momento fletor atuante e  $M_{N,Rd}$  o valor de cálculo do momento resistente, reduzido devido ao esforço axial

Para secções, laminadas ou soldadas, em I ou H com banzos iguais, poderão ser utilizadas as seguintes expressões aproximadas, sem levar em conta os furos nas ligações

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \left( \frac{(1-n)}{(1-0,5a)} \right) \quad (17)$$

$M_{N,y,Rd}$  representa o valor de cálculo do momento resistente em torno do eixo y reduzido devido à atuação do esforço axial,  $M_{pl,y,Rd}$  é o valor de cálculo do momento plástico resistente em torno de y. O parâmetro n está relacionado com o esforço axial e o parâmetro a, com dados geométricos da secção.

mas

$$M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \quad (18)$$

quando

$$n \leq a : M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} \quad (19)$$

Sendo  $M_{N,z,Rd}$  o o valor de cálculo do momento resistente em torno do eixo z reduzido devido à atuação do esforço axial e  $M_{pl,z,Rd}$  o valor de cálculo do momento plástico resistente em torno de z

$$n \geq a : M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right] \quad (20)$$

em que:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad (21)$$

$N_{Ed}$  é o valor de cálculo esforço axial atuante e  $N_{pl,Rd}$  é o valor de cálculo do esforço axial plástico resistente.

e

$$a = \frac{(A - 2bt_f)}{A} \quad \text{mas} \quad a \leq 0,5 \quad (22)$$

A representa a área da secção transversal, b a largura do banzo e  $t_f$  a espessura do banzo.

### 3.3.6.2. Flexão Desviada

Quando a secção transversal está sujeita à flexão desviada (momento nas duas direções), poderá adotar-se o seguinte critério:

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad (23)$$

onde  $M_{y,Ed}$  representa o valor de cálculo do momento fletor atuante em torno do eixo  $y$ ,  $M_{N,y,Rd}$  é o valor de cálculo do momento resistente em torno do eixo  $y$  reduzido devido à atuação do esforço axial,  $M_{z,Ed}$  é o valor de cálculo do momento fletor atuante em torno do eixo  $z$  e  $M_{N,z,Rd}$  representa o valor de cálculo do momento resistente em torno do eixo  $z$  reduzido devido à atuação do esforço axial. Para secções em I ou H,  $\alpha = 2$  e  $\beta = 5n$ , sendo  $n$  determinado pela expressão (21) e  $\beta$  deve ser maior que 1.

### 3.3.6.3. Secções Transversais das Classes 3 e 4

Para as classes 3 ou 4, na ausência do esforço transversal, a tensão longitudinal máxima deve atender à seguinte especificação.

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (24)$$

em que  $\sigma_{x,Ed}$  é o valor de cálculo da tensão longitudinal local atuante devido ao momento fletor e ao esforço normal,  $f_y$  é a tensão de cedência e  $\gamma_{M0}$  o coeficiente parcial de segurança.

A mesma consideração é feita para secções de classe 4, substituindo, a área bruta pela área da secção efetiva para o cálculo das tensões.

### 3.3.7. FLEXÃO COMPOSTA COM ESFORÇO TRANSVERSO

Os efeitos do esforço normal e do esforço transversal devem ser tomados em consideração para o cálculo do momento fletor resistente. São as mesmas considerações a serem tomadas para o cálculo da flexão com esforço transversal (ver Secção 3.3.5)

## 4

**DESENVOLVIMENTO DE UMA  
APLICAÇÃO WEB PARA  
VERIFICAÇÃO DE SECÇÕES  
METÁLICAS****4.1. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo a construção de uma aplicação em ambiente *web* que ofereça apoio à verificação de segurança de secções metálicas de acordo com o regulamento europeu vigente, o EC3. O programa limitar-se-á aos perfis do tipo I ou H presentes no corrente mercado europeu. A página *web* informará a classe da secção com base na relação largura-espessura das placas constituintes da secção transversal do perfil em questão, as verificações de segurança conforme esforços especificados pelo utilizador. Apresentará ainda as propriedades geométricas do perfil seleccionado e informações adicionais relativa à aplicação das verificações de segurança previstas no Eurocódigo 3. Pretende-se que o programa fique acessível através da internet e que no futuro possa ser ampliado com novos cálculos e novas funcionalidades.

**4.2. ESTRUTURA DA APLICAÇÃO**

As linguagens de programação envolvidas no desenvolvimento da página foram: *XHTML* (conteúdo), *CSS* (apresentação) e *JavaScript* (funcionalidades e interatividade). Essas linguagens apresentam-se do lado do cliente (*browser*) e foram todas escritas com utilização do editor de textos *NotePad++* devido a facilidade do seu manuseio. A plataforma usada para que houvesse troca de informações cliente-servidor foi o *WAMPServer*, que é um conjunto de softwares instalados, incluindo o *Apache Server* para oferecer os serviços *web*. Do lado do servidor, a linguagem de programação usada foi o *PHP*, que faz parte do pacote de *softwares* incluídos com a instalação do *WAMPServer*, e o banco de dados, o *SQLite*, cuja vantagem reside no fato de toda a informação ser manipulada através de um simples ficheiro, ao contrário das bases de dados tipo *MySQL* que exigem a existência de um servidor de bases de dados com todas as configurações que isso acarreta.

Quadro 5 - Clientes e servidores utilizados no trabalho

Clientes	Servidores
<i>XHTML</i>	<i>APACHE</i>
<i>CSS</i>	<i>PHP</i>
<i>JavaScript</i>	<i>SQLite</i>

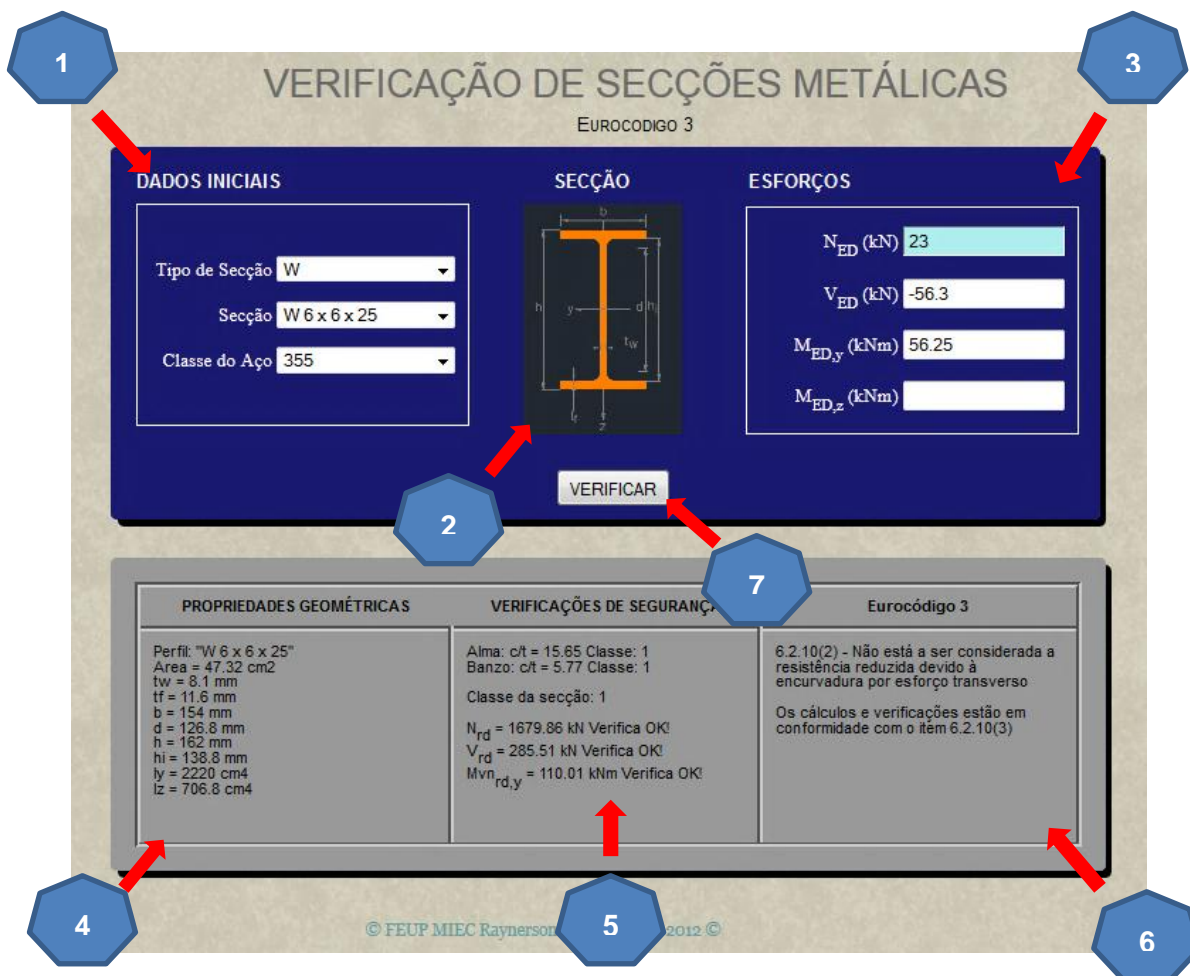


Figura 10 – Divisões básicas do programa

#### 4.2.1. INFORMAÇÕES DE ENTRADA

A tela principal, e única, do programa é dividida em duas partes: a parte manipulada pelo utilizador em azul, representada pelos números 1, 3 e 7, e a parte da apresentação de resultados, parte cinzenta, representada pelos números 4, 5 e 6, manipulada pela aplicação. O número 2 é uma representação genérica dos tipos de perfis contemplados pelo programa. Para os cálculos propostos pela aplicação, o usuário deve escolher o tipo de perfil, a classe do aço e definir os esforços que solicitam a secção.

Caso o usuário opte por não inserir nenhum tipo de esforço atuante, nenhum resultado será apresentado pela aplicação. Se o valor informado for um carácter inválido, tais como letras e sinais gráficos, o mesmo retornará um *alert box* e não enviará nenhum pedido ao servidor. O mesmo acontecerá se o usuário inserir uma vírgula (,) ao invés de um ponto (.) para separar as casas decimais dos valores dos esforços de cálculo.

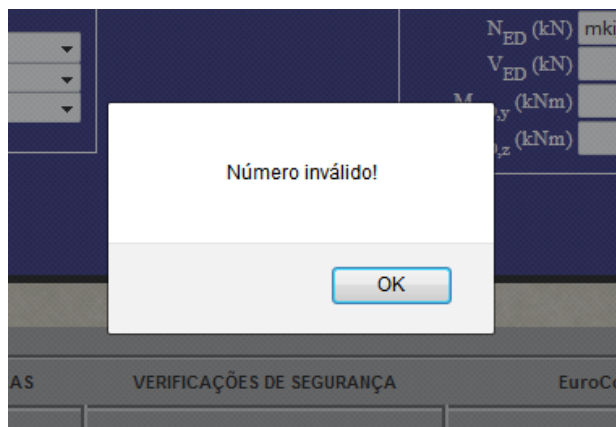


Figura 11 – Caixa de alerta para número inválido ou cujas casas decimais sejam separadas por vírgulas.



A primeira lista *drop-down*, denominada TIPO DE SECÇÃO que aparece na caixa DADOS INICIAIS permite que o usuário escolha o tipo de secção. Os perfis são do tipo I ou H atualmente mais comercializados. A atualização da lista é feita dinamicamente via *AJAX* à base de dados assim que o pedido da página *HTML* é feito.

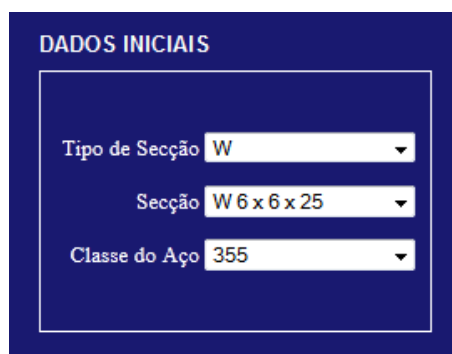


Figura 12 – Zona 1 “DADOS INICIAIS”

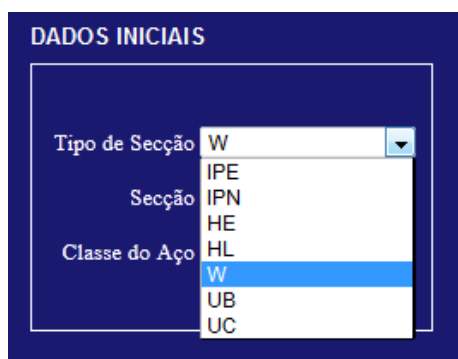


Figura 13 – Lista apresentada no menu “Tipo de Secção”

1

Após a escolha do TIPO DE SECÇÃO, novamente um pedido assíncrono é feito à base de dados, que atualiza e preenche a segunda lista *drop-down* dinamicamente, denominado SECÇÃO, com detalhes mais específicos dos diversos tipos de secção, de acordo com a escolha do TIPO DE SECÇÃO pré-definido pelo usuário. Caso o cliente não defina nenhuma secção, a aplicação iniciar-se-á com uma sugestão de perfil, de modo a que nenhum dos campos da caixa DADOS INICIAIS fique vazio.

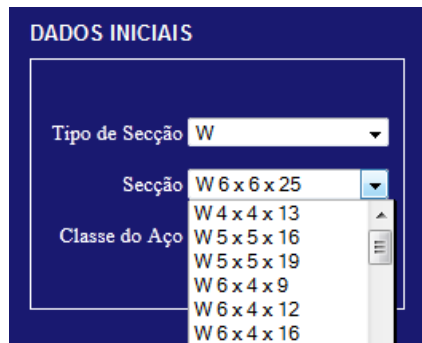


Figura 14 – Lista SECÇÃO

1

O terceiro *drop-down* é a apresentação das diversas classes do aço presentes no mercado. As classes do aço definem o patamar da tensão de cedência do material.

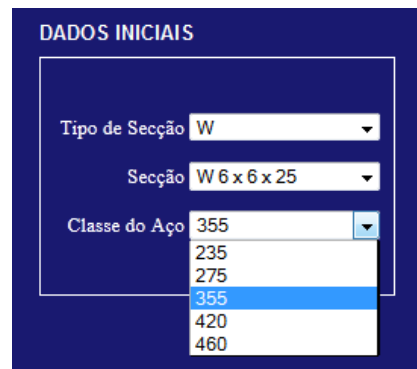


Figura 15 – Lista CLASSE DO AÇO

2

O número 2 apresenta uma imagem genérica da secção transversal dos perfis apresentados pelo programa. A imagem é estática. Ela contém as direções dos eixos principais de inércia, que orientam o utilizador no momento quando são inseridos os valores dos momentos de cálculos segundo um dos eixos coordenados. Também apresenta outras medidas, tais como a espessura da alma, largura do banzo, raio de ligação alma-banzo, entre outras medidas.

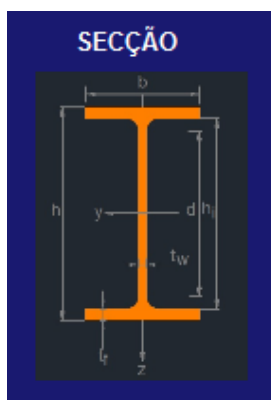


Figura 16 – Parte 2 SECÇÃO (Imagem do Perfil Selecionado)

3

Ainda nos campos manuseados pelo usuário, os esforços atuantes serão necessários para as verificações de segurança da seção de acordo com o órgão regulamentar. Importante salientar a convenção de sinais.

Quadro 6 - Convenção de sinais

Esforço	Sinal
Axial de tração	-
Axial de compressão	+
Flexão (momento positivo)	+
Flexão (momento negativo)	-
Transverso	+/-

3

Não são considerados os cálculos devido aos efeitos de encurvadura. A aplicação limita-se ao cálculo seccional sem furos nas ligações. O usuário tem a liberdade de inserir valores isolados ou de combiná-los entre si. Um campo não preenchido é automaticamente interpretado pelo programa como tendo valor 0 (zero). No campo selecionado, o evento *onfocus* (evento acionado quando o campo de preenchimento é selecionado) do elemento *input* dá uma cor diferenciada ao plano de fundo.

The image shows a dark blue rectangular window titled "ESFORÇOS". Inside the window, there are four input fields arranged vertically. The first field is labeled  $N_{ED}$  (kN) and contains the value "23". The second field is labeled  $V_{ED}$  (kN) and contains the value "-56.3". The third field is labeled  $M_{ED,y}$  (kNm) and contains the value "56.25". The fourth field is labeled  $M_{ED,z}$  (kNm) and is currently empty.

Variable	Value
$N_{ED}$ (kN)	23
$V_{ED}$ (kN)	-56.3
$M_{ED,y}$ (kNm)	56.25
$M_{ED,z}$ (kNm)	

Figura 17 – Parte 3 ESFORÇOS

#### 4.2.2. CÁLCULOS

Assim que todas as informações iniciais são postas no programa, através do elemento *button* VERIFICAR, criado em HTML, o cliente, então, efetua um pedido assíncrono ao servidor para efetuar o cálculo de verificação da secção e trazer informações sobre as propriedades da secção e observações contidas no EC3. Para o pedido em questão, 11 hipóteses são consideradas quanto à introdução de esforços pelo usuário:

Quadro 7 - Casos e descrições dos esforços inseridos pelo usuário

Casos	Esforços	Descrição
1	Nenhum esforço intriduzido	Nada será apresentado
2	Tração	Não há classificação. Os cálculos serão feitos baseados na Secção 3.3.1
3	Compressão	A classificação da secção e as verificações de seguranças estão em conformidade com as expressões apresentadas na Secção 3.3.2
4	Transverso	Não há classificação. As verificações regulamentares são descritas na Secção 3.3.4
5	Flexão	A classificação do perfil e demais cálculos segue de acordo com as expressões presente na Secção 3.3.3
6	Axial + Transverso	Não há notação regulamentar sob a atuação conjunta desses dois esforços. A classe da secção será comandada pelo esforço axial (tração ou compressão) Serão considerados os cálculos dos dois esforços atuando separadamente, de acordo com as Secções 3.3.2 e 3.3.4
7	Flexão Desviada	A classificação da secção e cálculos de segurança seguem conforme expressões presente no EC3. Ver Secção 3.3.6.2
8	Axial + Momento	Ver Secção 3.3.6
9	Transverso + Momento	A tensão de cedência do aço deve ser reduzida. O procedimento está descrito na Secção 3.3.5
10	Transverso + Flexão Composta	As etapas para cálculo das verificações com os esforços envolvidos atuando simultaneamente estão descrito na Secção 3.3.7

#### 4.2.3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão apresentados na parte de cor cinza, logo abaixo o botão VERIFICAR. A apresentação está dividida em três colunas



A primeira coluna é a das PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS. Nela estão contidas informações geométricas sobre o perfil selecionado pelo usuário. A imagem do perfil, ajuda o usuário a saber o significado de cada propriedade – todas indicadas por letras padronizada.

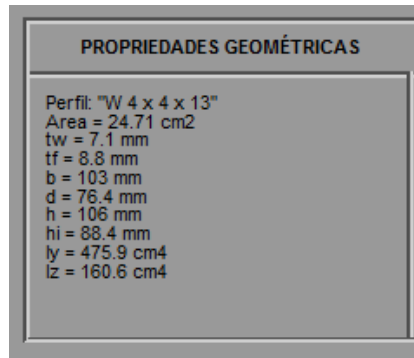


Figura 18 - Propriedades Geométricas da Secção

5

A segunda coluna, VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA, dedica-se à apresentação das classes aos quais pertencem o banzo, a alma, a secção e mostra as verificações de segurança em conformidade com o regulamento vigente. Os cálculos são todos realizados no servidor e foram desenvolvidos em *PHP*.

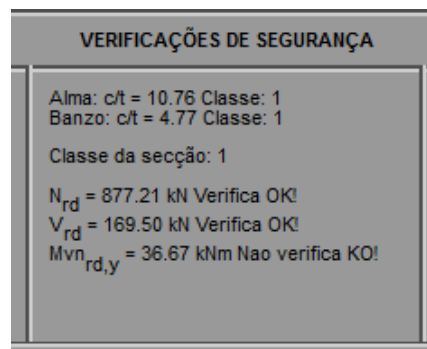


Figura 19 – VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA de acordo com EC3

6

Por fim, a última coluna, denominada OBSERVAÇÕES contém informações sobre o cálculo dos esforços resistentes, condições específicas não consideradas e alíneas do EC3

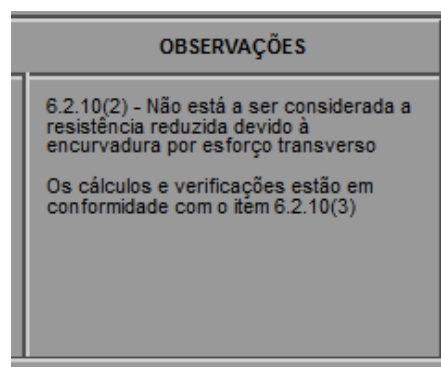


Figura 20 – OBSERVAÇÕES presentes no Eurocódigo3

### 4.3. DESCRIÇÃO DETALHADA DO FUNCIONAMENTO DA PÁGINA WEB

Seguem-se as etapas de execução da página *web* com especificações das funções desempenhadas por cada linguagem de programação e funções associadas.

1. A aparência do programa e seu conteúdo são definidos, respectivamente, pelas *Cascading Style Sheets (CSS)* [[presentation.css](#)] e o *HTML* [[web\\_page.html](#)]. São criados os *drop-down lists*, os campos de *input*, o botão VERIFICAR e o espaço para apresentação dos resultados, segmentado em três divisões;
2. O primeiro *event handler* associado a página é o *window.onload*. Assim que a página é lida pelo browser, ele chama a função [[initPage\( \) Ver Anexo A2](#)], que condiciona a chamada de outros dois *event handlers*: [[escolha\\_perfil\( \)](#)] e [[verificar\( \)](#)]. A função [[escolha\\_perfil\( \)](#)] está associada no programa ao preenchimento e atualização dinâmica do segundo *drop-down list*, denominado SECCÃO, de acordo com o que foi informado no primeiro *drop-down list* pelo usuário. Conforme o campo TIPO DE SECCÃO estiver selecionado, um pedido é feito, via *AJAX*, ao banco de dados *SQLite* [[Profiles.s3db](#)], que retorna um objeto *JSON* contendo uma lista de perfis. O ficheiro responsável por esse pedido é o [[section\\_choice.php](#)]. A lista será disposta no segundo *drop-down list*, no campo SECCÃO. A primeira atualização é feita durante a inicialização da página pelo próprio programa. Cada vez que uma mudança é feita no campo TIPO DE SECCÃO, novamente um pedido *AJAX* é feito ao banco de dados através do servidor *WAMP Server*. Repetem-se os passos como descritos acima;
3. A interação com o usuário é produzida pelo *JavaScript* [[event\\_handlers.js](#)]. Quando o usuário clica no botão VERIFICAR, através do *event handler* associado a este, uma função é chamada [[verificar\( \)](#)]. Primeiramente, a função capta as informações inseridas em todos os campos dos ESFORÇOS e DADOS INICIAIS. Logo, uma outra função é chamada para verificar se os números inseridos no campo ESFORÇOS são válidos [[invalid\(parâmetros\)](#)]. Caso não sejam, um *alert box* é apresentado ao usuário informando a invalidade dos números inseridos e nada será apresentado como resultado. Caso sejam, mais um pedido via *AJAX* é feito ao servidor contendo os dados anteriormente descritos. Quem comandará todo o processo de execução dos cálculos será o ficheiro [[main.php](#)];
4. Dentro do ficheiro principal, um novo pedido é feito à base de dados para aquisição das propriedades geométricas da secção. Conforme apresentado na Secção 4.2.2 Cálculos, foram consideradas 10 possibilidades de arranjos entre as combinações das ações. Para cada situação, uma função será chamada [[caseI\(parâmetros\)](#) a [caseII\(parâmetros\)](#)]. Cada função, em si, é responsável pelos cálculos auxiliares que derivam de sua descrição específica. Várias funções foram criadas em ficheiros separados, de modo a facilitar a manutenção do código sempre que necessário. Por exemplo, a função [[af\(parâmetros\)](#)] é responsável pelo cálculo da área do banzo. O retorno das funções para cada caso é um *array PHP*, que retornam ao ficheiro principal e são enviado via *JSON* ao *JavaScript* [[event\\_handlers.js](#)].
5. A resposta *JSON* então é analisada. O usuário visualizará o resultado do seu pedido mediante o valor contido na propriedade CASO do objeto *JSON*. Cada propriedade do objeto trará como resposta um campo que será apresentado ao cliente ([json.area](#), [json.classe](#), [json.seccao](#)). De acordo com os vários casos, diferentes respostas são apresentadas para visualização do usuário.



# 5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1. CONCLUSÃO

O mundo *web* apresenta uma infinidade de ferramentas que permitem o desenvolvimento de programas mais interativos, amigáveis e promovem a criação de efeitos, como expansão de componentes e estilos de exibição de imagens. Bibliotecas *scripts*, ferramentas de desenvolvimento *web* e a disponibilidade gratuita fazem com que o mundo da internet seja tão atrativo e apresente-se como uma grande promessa para o futuro da engenharia civil em termos computacionais.

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação *web* interativa. Trata-se de uma aplicação simples quanto ao conteúdo e apresentação, com a adição de componentes correntes (*buttons*, *drop-downs*, *inputs*), porém, complexa no que diz respeito à comunicação feita com o servidor e aos cálculos para as verificações a nível seccional. O código do programa, escrito essencialmente em *php*, teve como principal objetivo a implementação da verificação da segurança de secções metálicas com base no regulamento Europeu, o Eurocódigo 3. Para além das verificações de segurança regulamentares, o programa efetua ainda a classificação das secções face aos vários esforços introduzidos pelo usuário, classificação essa não presente nas tabelas de catálogos comerciais correntes. Pretende-se que a aplicação sirva de inspiração para todos aqueles que pretendam transformar problemas quotidianos da engenharia civil em resolúveis no ambiente *web*.

A aplicação desenvolvida é constituída por três ficheiros que são enviados para o cliente quando esta se liga ao servidor: *web\_page.html*, *presentation.css*, *event\_handlers.js*. Do lado do servidor, estão os ficheiros associados aos cálculos para as diversas combinações de esforços e respectivas verificações regulamentares e o ficheiro *Profiles.s3db* o qual contém a base de dados de perfis em formato *SQLite*. A seguimentação do código em pequenos trechos (funções) que dão apoio a um ficheiro principal, *main.php*, simplifica a manutenção do mesmo e ajuda a detectar erros com maior facilidade. A aplicação foi toda desenvolvida de acordo com as especificações descritas nesta dissertação. Com exceção da base de dados, toda a linguagem de programação foi desenvolvida pelo autor. Foram utilizadas tecnologias comuns e populares. O resultado final é uma página *web*, onde o usuário insere o tipo de secção a analisar, a classe do aço e os esforços envolvidos e a mesma é capaz de gerar informações quanto às propriedades geométricas do perfil escolhido, as verificações de segurança e observações presentes no EC3. O objetivo é fazer com que o programa seja disponibilizado em meio académico.

## **5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A aplicação pode ser implementada com outras funcionalidades não contempladas por este projeto. As sugestões para apreciações futuras, são:

- Cálculos de propriedades e esforços resistentes para secções de classe 4;
- Cálculos utilizando outros tipos de perfis, incluindo perfis assimétricos e cantoneiras;
- Cálculos para análise da torção e esforços combinados a este;
- Pedidos AJAX para atualização dinâmica das imagens da secção;

## BIBLIOGRAFIA

CEN, EN - 1-1-Eurocode 3: Design of steel structures-Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization. (2005).

Dias, João Rodrigues - Análise e Dimensionamento de Estruturas Metálicas Treliçadas de Transporte de Energia Eléctrica de Acordo com o EC3 (EN) ea EN50341-1. Instituto Superior Técnico, 2007.

Eurocode, CEN - 3: Design of steel structures, Part 1-8: Design of joints. Brussels: European Committee for Standardization, 2005.

Gardner, L. - Designers' guide to EN 1993-1-1. Eurocod code 3: design of steel structures. General rules and rules for buildings. Recherche. Vol. 67. (2004). p. 02.

Johansson, B.; Maquoi, R.; Sedlacek, G.; Müller, C.; Beg, D. - Commentary and worked examples to EN 1993-1-5" Plated structural elements". 2007.

Júnior, J.M.R.S. - Algoritmo.

Martha, L.F. - Métodos básicos da análise de estruturas. 2006.

Nurseitov, N.; Paulson, M.; Reynolds, R.; Izurieta, C. - Comparison of JSON and XML Data Interchange Formats: A Case Study. Proceedings of CAINE. Vol. 59715. (2009). p. 157-162.

Owens, M. - The definitive guide to SQLite. United States of America: Apress, 2006. 1590596730

Refsnes, H.; Refsnes, S.; Refsnes, K.J. - Learn JavaScript and Ajax with w3schools. Wiley, 2010. 0470611944

Riordan, R. - Head First Ajax. O'Reilly Media, 2008. 0596515782

Robbins, J.N.; Ýyelik, T.; Featherstone, D.; Gustafson, A. - Web Design in a Nutshell: A Desktop Quick Reference (In a Nutshell (O'Reilly)). O'Reilly Media, Inc., 2006. 0596009879

Rovere, H.L.L.; Schneider, A.F. - ANEST-Programa Educacional para Análise de Estruturas Reticuladas. 2003. 2176-4301

Simoës, R.A.D. - Manual de dimensionamento de estruturas metálicas: eurocódigo 3: projecto de estruturas de aço. 2ª. CMM-Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2007. 9729837694

Stuttard, D.; Pinto, M. - The Web Application Hacker's Handbook: Finding and Exploiting Security Flaws. Wiley, 2011. 1118175247

Tolosa, J.B.; Gayo, J.E.L.; Núñez, S.M.; Prieto, A.B.M. - Web environment for collaborative and extensible diagram design. Computers in Human Behavior. Vol. 26. (2008). p. 210-217.



# **ANEXO A1**

## **LISTA DE FUNÇÕES**

## LISTA DE FUNÇÕES

initpage();  
escolha\_perfil();  
clearbox();  
invalid();  
verificar();  
a.php();  
aw.php();  
af.php();  
alpha.php();  
mc\_rd.php();  
mn\_rd.php();  
mnv\_rd.php();  
myz\_rd.php();  
mv\_rd.php();  
n.php();  
nc\_rd.php();  
npl\_rd.php();  
ro.php();  
verifica.php();  
vpl\_rd.php();  
epsilon.php();  
getData.php();  
classe\_elem\_int.php();  
classe\_banzo\_cons.php();  
ct\_alma.php();  
ct\_banzo.php();  
kappa\_sigma.php();  
case1.php();  
case2.php();  
case3.php();  
case4.php();  
case5.php();  
case6.php();  
case7.php();  
case8.php();  
case9.php();  
case10.php();  
sigma.php();  
psi.php();

# **ANEXO A2**

## **CÓDIGO PARCIAL DO PROGRAMA**

## CÓDIGO DO PROGRAMA

Ficheiro event\_handlers.js

```
window.onload = initPage;
var combobox1;
var combobox2;
var i,n;
var inputn;

function initPage(){

    combobox1 = document.getElementById("combo1");
    combobox2 = document.getElementById("combo2");

    $("#verificar").click(verificar);
    $("#combo1").change(escolha_perfil);
    //$("#inputn").blur(banzo_check);
    inputn = document.getElementById("inputn");
    escolha_perfil();
}
function escolha_perfil(){
    $.getJSON("sectionChoice.php", "combobox1="+combobox1.value, function(jsonData) {

        for(i=0;i<jsonData.Perfis.length;i++){
            clearbox();
        }

        for(i=0;i<jsonData.Perfis.length;i++){
            elemOpt = document.createElement("OPTION");
            text = document.createTextNode(jsonData.Perfis[i]);
            elemOpt.setAttribute("value", jsonData.Perfis[i]);
            elemOpt.appendChild(text);
            combobox2.appendChild(elemOpt);
        }

    });
}
function clearbox() {
    combobox2.options.length = 0;
}
function invalid(n,v,my,mz){
    if(isNaN(n)||isNaN(v)||isNaN(my)||isNaN(mz)){
        return false;
    }
}
function verificar(){
    n = escape(new Number(document.getElementById("inputn").value));
    var v = escape(new Number(document.getElementById("inputv").value));
    var my = escape(new Number(document.getElementById("inputmy").value));
```

```
var mz = escape(new Number(document.getElementById("inputmz").value));
var p = ''+document.getElementById("combo2").value+'';
var aco = escape(new Number(document.getElementById("combo3").value));
var checking = invalid(n,v,my,mz);
if(checking == false){
    alert("Número inválido!");
    document.getElementById("seccao").innerHTML = "";
    document.getElementById("area").innerHTML = "";
    document.getElementById("tw").innerHTML = "";
    document.getElementById("tf").innerHTML = "";
    document.getElementById("b").innerHTML = "";
    document.getElementById("d").innerHTML = "";
    document.getElementById("h").innerHTML = "";
    document.getElementById("hi").innerHTML = "";
    document.getElementById("Iy").innerHTML = "";
    document.getElementById("Iz").innerHTML = "";
    document.getElementById("classe").innerHTML = "";
    document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "";
    document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer1").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
    document.getElementById("answer6").innerHTML = "";

} else{

$.getJSON("main.php", "n="+n+"&v="+v+"&my="+my+"&mz="+mz+"&p="+p+"&aco="+aco, function(json){

    if(json.caso==1){

        document.getElementById("seccao").innerHTML = "";
        document.getElementById("area").innerHTML = "";
        document.getElementById("tw").innerHTML = "";
        document.getElementById("tf").innerHTML = "";
        document.getElementById("b").innerHTML = "";
        document.getElementById("d").innerHTML = "";
        document.getElementById("h").innerHTML = "";
        document.getElementById("hi").innerHTML = "";
        document.getElementById("Iy").innerHTML = "";
        document.getElementById("Iz").innerHTML = "";
        document.getElementById("classe").innerHTML = "";
        document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "";
        document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer1").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer3").innerHTML = "";

    }

});
```

```

        document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
    } else if(json.caso==2) {
        var superIndice2 = "2";
        var subIndiceRd = "rd ";
        document.getElementById("seccao").innerHTML =
"Perfil: "+json.seccao;
        document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
        document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
        document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
        document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
        document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
        document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
        document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
        document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
        document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
        document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
        document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
        document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t =
"+json.ctBanzo;
        document.getElementById("answer1").innerHTML = "N"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.nrd+" kN "+json.verificaN;
        document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer5").innerHTML = "6.2.3(2) O valor de
cálculo do esforço normal resistente último da secção útil na zona com furos de
ligação não está a ser verificado";
        document.getElementById("answer6").innerHTML = "6.2.3(4) O valor de
cálculo do esforço normal resistente plástico da secção útil na zona com furos de
ligação não está a ser verificado";
    } else if(json.caso==3) {
        var superIndice2 = "2";
        var subIndiceRd = "rd ";
        document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;
        document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
        document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
        document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
        document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
        document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
        document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
        document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
        document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
        document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";

```

```

document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t =
"+json.ctBanzo;
document.getElementById("answer1").innerHTML = "N"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.nrd+" kN "+json.verificaN;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
document.getElementById("answer4").innerHTML = "";

document.getElementById("answer5").innerHTML = "Secções de Classe 4 não
estão a ser verificadas";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";

} else if(json.caso==4) {
var superIndice2 = "2";
var subIndiceRd = "rd ";
document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil:
"+json.seccao;
document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
document.getElementById("answer1").innerHTML = "V"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.vrd+" kN "+json.verificaV;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
} else if(json.caso==5) {
var superIndice2 = "2";
var subIndiceRdy = "rd,y ";
var subIndiceRdz = "rd,z ";
document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;
document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";

```

```

document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
if (json.my==0) {
document.getElementById("answer1").innerHTML = "M"+subIndiceRdz.sub()+" :
"+json.mrdz+" kNm "+json.verificaMz;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
} else if (json.mz==0) {
document.getElementById("answer1").innerHTML =
"M"+subIndiceRdy.sub()+" : "+json.mrdy+" kNm "+json.verificaMy;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "";
} else {
document.getElementById("answer1").innerHTML = "M"+subIndiceRdz.sub()+" :
"+json.mrdz+" kNm "+json.verificaMz;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "M"+subIndiceRdy.sub()+" :
"+json.mrdy+" kNm "+json.verificaMy;
}

document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
} else if (json.caso==6) {
var superIndice2 = "2";
var subIndiceRd = "rd ";
document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;
document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
document.getElementById("answer1").innerHTML = "N"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.nrd+" kN "+json.verificaN;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "V"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.vrd+" kN "+json.verificaV;

```

```

document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
    } else if(json.caso==7) {
        var superIndice2 = "2";
        var subIndiceRdy = "rd,y ";
        var subIndiceRdz = "rd,z ";
        document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil:
"+json.seccao;
        document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
        document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
        document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
        document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
        document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
        document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
        document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
        document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
        document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
        document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
        document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
        document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
        //document.getElementById("answer1").innerHTML = "M"+subIndiceRdy.sub()+" :
"+json.mrdy+" kNm "+json.verificaMy;
        //document.getElementById("answer2").innerHTML = "M"+subIndiceRdz.sub()+" :
"+json.mrdz+" kNm "+json.verificaMz;
        document.getElementById("answer1").innerHTML = "Flexao desviada:
"+json.verificaMyz;
        document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
        document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
    } else if(json.caso==8) {
        var superIndice2 = "2";
if(json.my != 0){
    var subIndiceRd = "rd,y ";
} else if(json.mz != 0){
    var subIndiceRd = "rd,z ";
}
        document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;
        document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
        document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
        document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
        document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
        document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";

```

```

document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
document.getElementById("answer1").innerHTML = "M+N"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.mnRd+" kNm "+json.verificaMn;
//document.getElementById("answer2").innerHTML = "M"+subIndiceRdz.sub()+" :
"+json.mrdz+" kNm "+json.verificaMz;
document.getElementById("answer3").innerHTML = "";
document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
} else if(json.caso==9) {
    var superIndice2 = "2";
    var subIndiceRd = "rd "
document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;
document.getElementById("area").innerHTML = "Area: "+json.area+"
cm"+superIndice2.sup();
document.getElementById("tw").innerHTML = "tw: "+json.tw+" mm";
document.getElementById("tf").innerHTML = "tf: "+json.tf+" mm";
document.getElementById("b").innerHTML = "b: "+json.b+" mm";
document.getElementById("d").innerHTML = "d: "+json.d+" mm";
document.getElementById("h").innerHTML = "h: "+json.h+" mm";
document.getElementById("hi").innerHTML = "hi: "+json.hi+" mm";
document.getElementById("Iy").innerHTML = "Iy: "+json.Iy+" cm4";
document.getElementById("Iz").innerHTML = "Iz: "+json.Iz+" cm4";
document.getElementById("classe").innerHTML = "Classe: "+json.classe;
document.getElementById("ctAlma").innerHTML = "Alma: c/t = "+json.ctAlma;
document.getElementById("ctBanzo").innerHTML = "Banzo: c/t = "+json.ctBanzo;
document.getElementById("answer1").innerHTML = "V"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.vrd+" kN "+json.verificaV;
document.getElementById("answer2").innerHTML = "My+V"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.mrdy+" kNm "+json.verificaMy;
document.getElementById("answer3").innerHTML = "Mz+V"+subIndiceRd.sub()+" :
"+json.mrdz+" kNm "+json.verificaMz;
document.getElementById("answer4").innerHTML = "";
document.getElementById("answer5").innerHTML = "";
document.getElementById("answer6").innerHTML = "";
} else if(json.caso==10) {
    var superIndice2 = "2";
    var subIndiceRd = "rd ";
    var subIndiceRdy = "rd,y ";
    var subIndiceRdz = "rd,z ";
document.getElementById("seccao").innerHTML = "Perfil: "+json.seccao;

```



```

include 'sub_rotinas/nc_rd.php';
include 'sub_rotinas/npl_rd.php';
include 'sub_rotinas/ro.php';
include 'sub_rotinas/verifica.php';
include 'sub_rotinas/vpl_rd.php';
include 'sub_rotinas/epsilon.php';
include 'sub_rotinas/getData.php';
include 'sub_rotinas/classe_elem_int.php';
include 'sub_rotinas/classe_banzo_cons.php';
include 'sub_rotinas/ct_alma.php';
include 'sub_rotinas/ct_banzo.php';
include 'sub_rotinas/kappa_sigma.php';
include 'sub_rotinas/casel.php';
include 'sub_rotinas/case2.php';
include 'sub_rotinas/case3.php';
include 'sub_rotinas/case4.php';
include 'sub_rotinas/case5.php';
include 'sub_rotinas/case6.php';
include 'sub_rotinas/case7.php';
include 'sub_rotinas/case8.php';
include 'sub_rotinas/case9.php';
include 'sub_rotinas/casel0.php';
include 'sub_rotinas/sigma.php';
include 'sub_rotinas/psi.php';

$n = (float) $_GET['n'];
$v = (float) $_GET['v'];
$my = (float) $_GET['my'];
$mz = (float) $_GET['mz'];
$seccao = $_GET['p'];
$fy = (float) $_GET['aco'];

$section_params = getData($seccao);

#Informações do perfil selecionado trazidas pela base de dados através do
vetor $section_params
$Wely = (float) $section_params['Wely'];
$Welz = (float) $section_params['Welz'];
$Wply = (float) $section_params['Wply'];
$Wplz = (float) $section_params['Wplz'];
$area = (float) $section_params['A'];
$Avz = (float) $section_params['Avz'];
$tf = (float) $section_params['tf'];
$tw = (float) $section_params['tw'];
$Iy = (float) $section_params['Iy'];
$Iz = (float) $section_params['Iz'];
$hi = (float) $section_params['hi'];
$b = (float) $section_params['b'];
$d = (float) $section_params['d'];
$h = (float) $section_params['h'];
$r = (float) $section_params['r'];

$e = epsilon($fy);

if (($n==0) && ($my==0) && ($mz==0) && ($v==0)) {

    $caso = 1;

    #Função casel é chamada, como retorno, obtem-se o objeto JSON que será
atribuído à variável $results
    $results = casel($caso);

    #Fazendo encoding do objeto JSON
    echo json_encode($results);
}

```

```

#CASO 2: Somente esforços de tração
} elseif (($n<0) && ($my==0) && ($mz==0) && ($v==0)) {

    $caso = 2;

    #Função case2 é chamada, como retorno, obtem-se o objeto JSON que
    será atribuído à variável $results
    $results =
case2($caso,$area,$fy,$n,$d,$tw,$b,$r,$tf,$seccao,$h,$hi,$Iy,$Iz);

    #Fazendo encoding do objeto JSON
    echo json_encode($results);

#CASO 3: Somente esforços de compressão
} elseif (($n>0) && ($my==0) && ($mz==0) && ($v==0)) {

    $caso = 3;

    #Função case3 é chamada, como retorno, obtem-se o objeto JSON
    que será atribuído à variável $results
    $results =
case3($caso,$n,$d,$tw,$e,$b,$r,$tf,$area,$seccao,$fy,$h,$hi,$Iy,$Iz);

    #Fazendo encoding do objeto JSON
    echo json_encode($results);

#CASO 4: Somente esforços de cisalhamento
} elseif (($n==0) && ($my==0) && ($mz==0) && ($v<>0)) {

    $caso = 4;

    #Função case4 é chamada, como retorno, obtem-se o objeto
    JSON que será atribuído à variável $results
    $results =
case4($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz);

    #Fazendo encoding do objeto JSON
    echo json_encode($results);

#CASO 5: Somente esforços de flexão
} elseif (($n==0) && (($my<>0) || ($mz<>0)) && ($v==0)) {

    $caso = 5;

    #Função case5 é chamada, como retorno, obtem-se o
    objeto JSON que será atribuído à variável $results
    $results =
case5($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$fy,$seccao,$e,$my,$mz,$area,$Wply,$Wplz,$Wely,$Welz,$
h,$hi,$Iy,$Iz);

    #Fazendo encoding do objeto JSON
    echo json_encode($results);

#CASO 6: Esforços combinados: normal + transverso
} elseif (($n<>0) && ($my==0) && ($mz==0) && ($v<>0)) {

    $caso = 6;

    #Função case6 é chamada, como retorno, obtem-se
    o objeto JSON que será atribuído à variável $results

```

```

        $results =
case6($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz,$n);

        #Fazendo encoding do objeto JSON
        echo json_encode($results);

        #CASO 7: Esforços combinados: normal + momento
nas duas direções - flexão desviada
        } elseif (($n<>0) && (($my<>0) && ($mz<>0)) && ($v==0)) {

                $caso = 7;

                #Função case7 é chamada, como retorno,
obtem-se o objeto JSON que será atribuído à variável $results
                $results =
case7($caso,$d,$hi,$n,$tw,$r,$Wply,$Wplz,$fy,$b,$tf,$my,$mz,$seccao,$area,$e,$Iy,$Iz,$h);

                #Fazendo encoding do objeto JSON
                echo json_encode($results);

        #CASO 8: Esforços combinados: normal +
momento em uma das direções - flexão composta
        }
        elseif (($n<>0) && (($my<>0) || ($mz<>0)) && ($v==0)) {

                $caso = 8;

                #Função case8 é chamada, como
retorno, obtem-se o objeto JSON que será atribuído à variável $results
                $results =
case8($seccao,$caso,$d,$hi,$tw,$tf,$r,$e,$Wplz,$Wply,$my,$Iy,$mz,$Iz,$n,$area,$h,$fy,$b);

                #Fazendo encoding do objeto JSON
                echo json_encode($results);

        #CASO 9: Esforços combinados: esforço transversal + momento
        }
        elseif (($n==0) && (($my<>0) || ($mz<>0)) && ($v<>0)) {

                $caso = 9;

                #Função case9 é chamada, como
retorno, obtem-se o objeto JSON que será atribuído à variável $results
                $results =
case9($caso,$seccao,$d,$hi,$tw,$tf,$r,$b,$e,$mz,$my,$n,$Wplz,$fy,$area,$Avz,$v,$Wply,$h,$Iy,$Iz,$Wely,$Welz);

                #Fazendo encoding do objeto
JSON
                echo json_encode($results);

        #CASO 10: Esforços combinados: normal, transversal e momento
        }
        elseif (($n<>0) && (($my<>0) || ($mz<>0)) && ($v<>0)) {

                $caso = 10;

```

```

#Função case10 é chamada,
como retorno, obtem-se o objeto JSON que será atribuído à variável $results
$results =
case10($caso,$seccao,$d,$hi,$tw,$fy,$tf,$r,$b,$e,$mz,$my,$n,$Wplz,$area,$Avz,$v,$Wp
ly,$Iz,$Iy,$h);

#Fazendo encoding do objeto JSON
echo json_encode($results);

}

?>

```

Ficheiro a.php

```

<?php

#Parâmetros: 1-classe do aco, 2-largura do banzo, 3-espessura do banzo
function a($A,$b,$tf){

    $a = ($A - (2* $b * $tf)) /$A ;

    if($a<=0.5){

        return $a;

    } else{

        return 0.5;

    }

}

?>

```

Ficheiro af.php

```

<?php

#cálculo da área do banzo parâmetro: 1-largura do banzo, 2-espessura do banzo
function af($b,$tf){

    return $b * $tf;

}

?>

```

Ficheiro alpha.php

```

<?php

#Cálculo do parâmetro alfa necessário para a classificação da alma
function alpha($d,$hi,$n,$tw,$fy,$tf,$r){

    return (1/$d)*((($hi/2)+((1/2)*($n/($tw*($fy*pow(10,-3)))))-($tf+$r));

}

?>

```

Ficheiro aw.php

```
<?php
```

```
#Cálculo da área da alma parâmetros: 1-altura total da alma
function aw($hi,$tw){

    return $hi * $tw;

}
```

```
?>
```

Ficheiro casel.php

```
<?php
```

```
#CASO 1: Não existem esforços instalados
function casel($caso){

    return array('caso' => $caso);

}
```

```
?>
```

Ficheiro case2.php

```
<?php
```

```
#CASO 2: Somente esforços de tração
function case2($caso,$area,$fy,$n,$d,$tw,$b,$r,$tf,$seccao,$h,$hi,$Iy,$Iz){
```

```
npl_rd.php
```

```
#Cálculo do Npl,rd parâmetros: 1-área, 2-classe do aço FICHEIRO
```

```
$nrd = nplRd($area,$fy);
```

```
#Variável que armazena o tipo de classificação da secção
$classe = 'Não há classificação';
```

```
alma FICHEIRO ct_alma.php
```

```
$ctAlma = ctAlma($d,$tw);
```

```
#Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
```

```
$ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);
```

```
#Função que verifica condição de segurança FICHEIRO verifica.php
$verificaN = verifica($n,$nrd);
```

```
#Retorno do objeto JSON
```

```
return array('caso' => $caso,
            'nrd' => $nrd,
            'classe' => $classe,
            'tf' => $tf,
            'tw' => $tw,
            'b' => $b,
            'd' => $d,
            'h' => $h,
            'hi' => $hi,
            'Iy' => $Iy,
            'Iz' => $Iz,
            'verificaN' => $verificaN,
            'ctAlma' => $ctAlma,
            'ctBanzo' => $ctBanzo,
            'area' => $area,
```

```

        'seccao' => $seccao);
    }

?>

Ficheiro case3.php

<?php

#CASO 3: Somente esforços de compressão
function case3($caso, $n, $d, $tw, $e, $b, $r, $tf, $area, $seccao, $fy, $h, $hi, $Iy, $Iz) {

    #Variável que indica o tipo de esforço que está a ser empregado
    $stress = 'pure compression';
    $alpha = 1;

    #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
    alma FICHEIRO ct_alma.php
    $ctAlma = ctAlma($d, $tw);

    #Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido FICHEIRO
    classe_elem_int.php
    $resp_alma = classeElemInt($ctAlma, $e, $stress, $alpha);

    #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
    3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
    $ctBanzo = ctBanzo($b, $tw, $r, $tf);

    #Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente comprimido
    FICHEIRO classe_banzo_cons.php
    $resp_banzo = classeBanzoConsPure($ctBanzo, $e, $stress, $alpha);

    #A classe será a maior das classes entre a alma e o banzo
    if($resp_alma >= $resp_banzo) {
        $classe = $resp_alma;
    } else {
        $classe = $resp_banzo;
    }

    #Chamada da função para cálculo do Nc,rd parâmetros: 1-área, 2-classe do
    aço FICHEIRO nc_rd.php
    #Para a classe 4, a área a ser passada como parâmetro é a efetiva
    if($classe==4) {

        $nrd = "";

    } else {

        #Chamada da função para cálculo do Nc,rd resistente FICHEIRO
        nc_rd.php
        $nrd = ncRd($area, $fy);

    }

    #Função que verifica condição de segurança FICHEIRO verifica.php
    $verificaN = verifica($n, $nrd);

    return array('caso' => $caso,
        'nrd' => $nrd,
        'classe' => $classe,
        'tf' => $tf,
        'tw' => $tw,
        'b' => $b,

```

```

        'd' =>$d,
        'h' =>$h,
        'hi' =>$hi,
        'Iy' =>$Iy,
        'Iz' =>$Iz,
        'verificaN' => $verificaN,
        'ctAlma' => $ctAlma,
        'ctBanzo' => $ctBanzo,
        'area' => $area,
        'seccao' => $seccao);
    }

?>

Ficheiro case4.php

<?php

    #CASO 4: Somente esforços de cisalhamento
    function
case4($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz){

        #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
alma FICHEIRO ct_alma.php
        $ctAlma = ctAlma($d,$tw);

        #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
        $ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

        #Variável que armazena o tipo de classificação da secção
        $classe = 'Não há classificação';

        #Cálculo do Vpl,rd parâmetros: 1-área de corte, 2-classe do aço FICHEIRO
vpl_rd.php
        $vrd = vplRd($Avz,$fy);

        #Função que verifica condição de segurança FICHEIRO verifica.php
        $verificaV = verifica($v,$vrd);

        return array('caso' => $caso,
            'vrd' => $vrd,
            'classe' => $classe,
            'tf' =>$tf,
            'tw' =>$tw,
            'b' =>$b,
            'd' =>$d,
            'h' =>$h,
            'hi' =>$hi,
            'Iy' =>$Iy,
            'Iz' =>$Iz,
            'verificaV' => $verificaV,
            'ctAlma' => $ctAlma,
            'ctBanzo' => $ctBanzo,
            'area' => $area,
            'seccao' => $seccao);
    }

?>

```

Ficheiro case5.php

```
<?php

    #CASO 5: Somente esforços de flexão
    function
    case5($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$fy,$seccao,$e,$my,$mz,$area,$Wply,$Wplz,$Wely,$Welz,$
    h,$hi,$Iy,$Iz){

        #Variável que indica o tipo de esforço que está a ser empregado
        $stress = 'pure bending';
        $alpha = 1;

        #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
        alma FICHEIRO ct_alma.php
        $ctAlma = ctAlma($d,$tw);

        #Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido FICHEIRO
        classe_elem_int.php
        $resp_alma = classeElemInt($ctAlma,$e,$stress,$alpha);

        #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
        3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
        $ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

        #Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente comprimido
        FICHEIRO classe_banzo_cons.php
        $resp_banzo = classeBanzoConsPure($ctBanzo,$e,$stress,$alpha);

        #A classe será a maior das classes entre a alma e o banzo
        if($resp_alma>=$resp_banzo){
            $classe = $resp_alma;
        } else{
            $classe = $resp_banzo;
        }

        if($classe==1||$classe==2){

            #Cálculo do Mpl,rd parâmetros: 1-módulo de flexão plástica, 2-classe
            do aço FICHEIRO mc_rd.php
            #Se houver algum valor informado pelo usuário My
            if($my<>0){

                $mrdy = mcRd($Wply,$fy);

            } else{

                $mrdy = 0;

            }

            if($mz<>0){

                $mrdz = mcRd($Wplz,$fy);

            } else{

                $mrdz = 0;

            }

        } elseif($classe==3){
```

```
        if ($my<>0) {
            $mrdy = mcRd($Wely,$fy);
        } else{
            $mrdy = 0;
        }
        if ($mz<>0) {
            $mrdz = mcRd($Welz,$fy);
        } else{
            $mrdz = 0;
        }
    }
    if ($my<>0) {
        $verificaMy = verifica($my,$mrdy);
    } else{
        $verificaMy = '';
    }
    if ($mz<>0) {
        $verificaMz = verifica($mz,$mrdz);
    } else{
        $verificaMz = '';
    }
    #OBJETO JSON
    return array('caso' => $caso,
        'mrdy' => $mrdy,
        'mrdz' => $mrdz,
        'my' => $my,
        'mz' => $mz,
        'classe' => $classe,
        'tf' => $tf,
        'tw' => $tw,
        'b' => $b,
        'd' => $d,
        'h' => $h,
        'hi' => $hi,
        'Iy' => $Iy,
        'Iz' => $Iz,
        'verificaMy' => $verificaMy,
        'verificaMz' => $verificaMz,
        'ctAlma' => $ctAlma,
        'ctBanzo' => $ctBanzo,
        'area' => $area,
        'seccao' => $seccao);
}
```

```
?>
```

```
Ficheiro case6.php
```

```
<?php
```

```

    #CASO 6: Esforços combinados: normal + transverso
    function
case6($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz,$n){

    $jsonTransverso =
case4($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz);

    if($n < 0){

        $jsonTracao =
case2($caso,$area,$fy,$n,$d,$tw,$b,$r,$tf,$seccao,$h,$hi,$Iy,$Iz);

        #Variável que armazena a classe da secção do OBJETO JSON jsonTracao
        $classe = (string)$jsonTracao['classe'];

        #Variável que armazena o valor de Npl,rd do objeto JSON jsonTracao
        $nrd = $jsonTracao['nrd'];

        #Variável que armazena a verificação de segurança do objeto JSON
jsonTracao
        $verificaN = $jsonTracao['verificaN'];

    } else{

        #Chamada da função que trata condições de esforços de
compressão FICHEIRO case3.php
        #O retorno do função é um objeto JSON
        $jsonCompressao =
case3($caso,$n,$d,$tw,$e,$b,$r,$tf,$area,$seccao,$fy,$h,$hi,$Iy,$Iz);

        #Variável que armazena a classe da secção do OBJETO JSON
jsonCompressao
        $classe = (string)$jsonCompressao['classe'];

        #Variável que armazena o valor de Nc,rd do objeto JSON
jsonCompressao
        $nrd = $jsonCompressao['nrd'];

        #Variável que armazena a verificação de segurança do objeto
JSON jsonCompressao
        $verificaN = $jsonCompressao['verificaN'];

    }

    #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
alma FICHEIRO ct_alma.php
    $ctAlma = ctAlma($d,$tw);

    #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
    $ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

    #OBJETO JSON

```

```

return array('caso' => $caso,
            'nrd' => $nrd,
            'vrd' => $jsonTransverso['vrd'],
            'classe' => $classe,
            'tf' => $tf,
            'tw' => $tw,
            'b' => $b,
            'd' => $d,
            'h' => $h,
            'hi' => $hi,
            'Iy' => $Iy,
            'Iz' => $Iz,
            'verificaN' => $verificaN,
            'verificaV' => $jsonTransverso['verificaV'],
            'ctAlma' => $ctAlma,
            'ctBanzo' => $ctBanzo,
            'area' => $area,
            'seccao' => $seccao);
}

```

?>

Ficheiro case7.php

<?php

```

#CASO 7: Esforços combinados: normal + momento nas duas direções - flexão
desviada
function
case7($caso,$d,$hi,$n,$tw,$r,$Wply,$Wplz,$fy,$b,$tf,$my,$mz,$seccao,$area,$e,$Iy,$Iz,$h){

    #Variável que indica o tipo de esforço que está a ser empregado
    $stress = 'combined';

    #Cálculo do parâmetro alfa necessário para a classificação da alma em
    esforços combinados
    $alpha = alpha($d,$hi,$n,$tw,$fy,$tf,$r);

    #Verificação do EC3, alfa deve ser menor ou igual a 1
    if($alpha > 1){
        $alpha = 1;
    }

    #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
    alma FICHEIRO ct_alma.php
    $ctAlma = ctAlma($d,$tw);

    #Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido FICHEIRO
    classe_elem_int.php
    $resp_alma = classeElemInt($ctAlma,$e,$stress,$alpha);

    #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
    3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
    $ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

    #Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente comprimido
    FICHEIRO classe_banzo_cons.php
    $resp_banzo =
    classeBanzoConsCombined($ctBanzo,$e,$stress,$alpha,$mz,$n,$Wplz,$fy,$area);

    #A classe será a maior das classes entre a alma e o banzo

```

```

if($resp_alma>=$resp_banzo){

    $classe = $resp_alma;

} else{

    $classe = $resp_banzo;

}

$axisY = 'y'; $axisZ = 'z';

#Chamada da função para cálculo de Npl,rd
$nplRd = nplRd($area,$fy);

#Condição definida pelo EC3 para que a flexao desviada seja verificada
$myzRd =
myzRd($classe,$Wply,$Wplz,$fy,$n,$area,$b,$tf,$axisY,$axisZ,$my,$mz,$nplRd,$Iy,$Iz,
$h);

if($myzRd <= 1){

    $verificaMyz = 'Verifica OK!';

} else{

    $verificaMyz = 'Não verifica KO!';

}

#OBJETO JSON
return array('caso' => $caso,
            /*'nrd' => $nrd,
            'mrdy' => $mrdy,
            'mrdz' => $mrdz,*/
            'classe' => $classe,
            'tf' =>$tf,
            'tw' =>$tw,
            'b' =>$b,
            'd' =>$d,
            'h' =>$h,
            'hi' =>$hi,
            'Iy' =>$Iy,
            'Iz' =>$Iz,
            'verificaMyz' => $verificaMyz,
            'ctAlma' => $ctAlma,
            'ctBanzo' => $ctBanzo,
            'area' => $area,
            'seccao' => $seccao);

}

?>

Ficheiro case8.php

<?php

#CASO 8: Esforços combinados: normal + momento - flexão composta
function
case8($seccao,$caso,$d,$hi,$tw,$tf,$r,$e,$Wplz,$Wply,$my,$Iy,$mz,$Iz,$n,$area,$h,$f
y,$b){

```

```

#Variável que indica o tipo de esforço que está a ser empregado
$stress = 'combined';

#Cálculo do parâmetro alfa necessário para a classificação da alma em
esforços combinados
$alpha = alpha($d,$hi,$n,$tw,$fy,$tf,$r);

#Verificação do EC3, alfa deve ser menor ou igual a 1
if($alpha > 1){

    $alpha = 1;

}

#Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-espessura da
alma FICHEIRO ct_alma.php
$cctAlma = ctAlma($d,$tw);

#Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido FICHEIRO
classe_elem_int.php
$resp_alma = classeElemInt($cctAlma,$e,$stress,$alpha);

#Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da alma,
3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
$cctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

#Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente comprimido
FICHEIRO classe_banzo_cons.php
$resp_banzo =
classeBanzoConsCombined($cctBanzo,$e,$stress,$alpha,$mz,$n,$Wply,$fy,$area);

#A classe será a maior das classes entre a alma e o banzo
if($resp_alma >= $resp_banzo){

    $classe = $resp_alma;

} else{

    $classe = $resp_banzo;

}

#Chamada da função para cálculo de Npl,rd
//$nrd = nplRd($area,$fy);

if($classe==1||$classe==2){

    if($my<>0){

        $m = $my;

        $axisYorZ = 'y';

        $mnRd =
mnRd1e2($Wply,$fy,$n,$nplRd,$area,$b,$tf,$axisYorZ);

    } elseif($mz<>0){

        $m = $mz;

        $axisYorZ = 'z';

        $mnRd =
mnRd1e2($Wply,$fy,$n,$nplRd,$area,$b,$tf,$axisYorZ);

    }

}

```

```

    } elseif($classe==3){
        if($my<>0){
            $m = $my;
            $mnRd = mnRd3e4($my,$Iy,$mz,$Iz,$n,$area,$h,$fy,$b);
        } elseif($mz<>0){
            $m = $mz;
            $mnRd = mnRd3e4($my,$Iy,$mz,$Iz,$n,$area,$h,$fy,$b);
        }
    }

    $verificaMn = verifica($m,$mnRd);

    #OBJETO JSON
    return array('caso' => $caso,
        'my' => $my,
        'mz' => $mz,
        'mnRd' => $mnRd,
        'classe' => $classe,
        'tf' => $tf,
        'tw' => $tw,
        'b' => $b,
        'd' => $d,
        'h' => $h,
        'hi' => $hi,
        'Iy' => $Iy,
        'Iz' => $Iz,
        'verificaMn' => $verificaMn,
        'ctAlma' => $ctAlma,
        'ctBanzo' => $ctBanzo,
        'area' => $area,
        'seccao' => $seccao);
}
?>

```

Ficheiro case9.php

```
<?php
```

```

    #CASO 9: Esforços combinados: transverso + momento
    function
    case9($caso,$seccao,$d,$hi,$tw,$tf,$r,$b,$e,$mz,$my,$n,$Wply,$fy,$area,$Avz,$v,$Wply,$h,$Iy,$Iz,$Wely,$Welz){

        #Chamada da função que trata condições de esforços de flexao FICHEIRO
        case5.php
        #O retorno do função é um objeto JSON
        $jsonFlexao =
        case5($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$fy,$seccao,$e,$my,$mz,$area,$Wply,$Wply,$Wely,$Welz,$h,$hi,$Iy,$Iz);

        #Chamada da função que trata condições de esforços transversos FICHEIRO
        case4.php
        #O retorno do função é um objeto JSON
        $jsonTransverso =
        case4($caso,$d,$tw,$b,$r,$tf,$Avz,$fy,$area,$seccao,$e,$v,$h,$hi,$Iy,$Iz);

        #Valores de m reduzidos devido à atuação do esforço transverso FICHEIRO
        mv_rd.php

```

```

$mrdy = mvRd($v, $Avz, $fy, $Wply);
$mr dz = mvRd($v, $Avz, $fy, $Wplz);

#Verificações de segurança FICHEIRO verifica.php
$verificaMy = verifica($my, $mr dy);
$verificaMz = verifica($mz, $mr dz);

#OBJETO JSON
return array('caso' => $caso,
             'vrd' => $jsonTransverso['vrd'],
             'mr dy' => $mr dy,
             'mr dz' => $mr dz,
             'classe' => $jsonFlexao['classe'],
             'verificaMy' => $verificaMy,
             'verificaMz' => $verificaMz,
             'verificaV' => $jsonTransverso['verificaV'],
             'ctAlma' => $jsonFlexao['ctAlma'],
             'ctBanzo' => $jsonFlexao['ctBanzo'],
             'area' => $area,
             'seccao' => $seccao,
             'tf' => $tf,
             'tw' => $tw,
             'b' => $b,
             'd' => $d,
             'h' => $h,
             'hi' => $hi,
             'Iy' => $Iy,
             'Iz' => $Iz);
    }
?>

Ficheiro case10.php
<?php

#CASO 10: Esforços combinados: normal + transverso + momento
function
case10($caso, $seccao, $d, $hi, $tw, $fy, $tf, $r, $b, $e, $mz, $my, $n, $Wplz, $area, $Avz, $v, $Wp
ly, $Iz, $Iy, $h) {

    if($n < 0) {

        #Variável que indica o tipo de esforço que está a ser empregado
        $stress = 'pure bending';

        #Cálculo do parâmetro alfa necessário para a classificação da alma
em esforços puros
        $alpha = 1;

        #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-
espessura da alma FICHEIRO ct_alma.php
        $ctAlma = ctAlma($d, $tw);

        #Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido FICHEIRO
classe_elem_int.php
        $resp_alma = classeElemInt($ctAlma, $e, $stress, $alpha);

        #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-espessura da
alma, 3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
        $ctBanzo = ctBanzo($b, $tw, $r, $tf);

        #Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente
comprimido FICHEIRO classe_banzo_cons.php
        $resp_banzo = classeBanzoConsPure($ctBanzo, $e, $stress, $alpha);

```

```

    } else{

        #Variável que indica o tipo de esforço que está a ser
empregado
        $stress = 'combined';

        #Cálculo do parâmetro alfa necessário para a classificação da
alma em esforços combinados
        $alpha = alpha($d,$hi,$n,$tw,$fy,$tf,$r);

        #Verificação do EC3, alfa deve ser menor ou igual a 1
        if($alpha > 1){
            $alpha = 1;
        }

        #Relação ct da alma parâmetros: 1-altura da alma sem raio, 2-
espessura da alma FICHEIRO ct_alma.php
        $ctAlma = ctAlma($d,$tw);

        #Funcao que retorna a classe do elemento interno comprimido
FICHEIRO classe_elem_int.php
        $resp_alma = classeElemInt($ctAlma,$e,$stress,$alpha);

        #Relação ct do banzo parâmetros: 1-largura do banzo, 2-
espessura da alma, 3-raio, 4-espessura do banzo FICHEIRO ct_banzo.php
        $ctBanzo = ctBanzo($b,$tw,$r,$tf);

        #Funcao que retorna a classe do banzo em consola inteiramente
comprimido FICHEIRO classe_banzo_cons.php
        $resp_banzo =
classeBanzoConsCombined($ctBanzo,$e,$stress,$alpha,$mz,$n,$Wply,$fy,$area);

    }

    #A classe será a maior das classes entre a alma e o banzo
    if($resp_alma >= $resp_banzo){

        $classe = $resp_alma;

    } else{

        $classe = $resp_banzo;

    }

    #Cálculo do esforço transversal plástico
    $vrd = vplRd($Avz,$fy);

    #Cálculo do esforço normal resistente
    $nrd = nplRd($area,$fy); //CONFIRMAR SE É O CÁLCULO PLÁSTICO, OU O
ELÁSTICO

    #Cálculo do momento resistente reduzido em y
    $axisYorZ = 'y';
    $mrdy =
mnvRd($Wply,$v,$area,$fy,$classe,$n,$nrd,$area,$b,$tf,$axisYorZ,$my,$mz,$Iz,$Iy,$h)
;

    #Cálculo do momento resistente reduzido em z
    $axisYorZ = 'z';
    $mrdz =
mnvRd($Wply,$v,$area,$fy,$classe,$n,$nrd,$area,$b,$tf,$axisYorZ,$my,$mz,$Iz,$Iy,$h)
;

    #Verificação de segurança FICHEIRO verifica.php
    $verificaV = verifica($v,$vrd);

```

```
$verificaN = verifica($n,$nrd);
$verificaMy = verifica($my,$mrdy);
$verificaMz = verifica($mz,$mrdz);

#OBJETO JSON
return array('caso' => $caso,
            'nrd' => $nrd,
            'vrd' => $vrd,
            'my' => $my,
            'mz' => $mz,
            'mrdy' => $mrdy,
            'mrdz' => $mrdz,
            'classe' => $classe,
            'tf' => $tf,
            'tw' => $tw,
            'b' => $b,
            'd' => $d,
            'h' => $h,
            'hi' => $hi,
            'Iy' => $Iy,
            'Iz' => $Iz,
            'verificaMy' => $verificaMy,
            'verificaMz' => $verificaMz,
            'ctAlma' => $ctAlma,
            'ctBanzo' => $ctBanzo,
            'area' => $area,
            'seccao' => $seccao);
```

```
}
```

```
?>
```

