



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e**  
**Território**

Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura  
Engenharia Civil de Infraestrutura

**PROGRAMA PARA DIMENSIONAMENTO DE SEÇÕES DE**  
**VIGAS DE CONCRETO ARMADO, VIA NAVEGADOR DE**  
**INTERNET**

PAULO HENRIQUE NUNES NASCIMENTO

Foz do Iguaçu, PR  
Dezembro de 2022



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e**  
**Território**

Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura  
Engenharia Civil de Infraestrutura

## **PROGRAMA PARA DIMENSIONAMENTO DE SEÇÕES DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO, VIA NAVEGADOR DE INTERNET**

**PAULO HENRIQUE NUNES NASCIMENTO**

Trabalho apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharelado e Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. DSc. Aref Kalilo Lima Kzam

Foz do Iguaçu, PR  
Dezembro de 2022

PAULO HENRIQUE NUNES NASCIMENTO

# **PROGRAMA PARA DIMENSIONAMENTO DE SEÇÕES DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO, VIA NAVEGADOR DE INTERNET**

Trabalho apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharelado e Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. DSc. Aref Kalilo Lima Kzam

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. DSc. Aref Kalilo Lima Kzam  
UNILA

---

Prof. DSc. Maria do Socorro Martins Sampaio  
EST/UEA

---

Prof. DSc. Paulo Junges  
UNILA

Foz do Iguaçu, 23 de dezembro de 2022.

## TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Paulo Henrique Nunes Nascimento

Curso: Engenharia Civil de Infraestrutura

	Tipo de Documento
(.....) graduação	(.....) artigo
(.....) especialização	( X ) trabalho de conclusão de curso
(.....) mestrado	(.....) monografia
(.....) doutorado	(.....) dissertação
	(.....) tese
	(.....) CD/DVD – obras audiovisuais
	(.....) _____

Título do trabalho acadêmico: PROGRAMA PARA DIMENSIONAMENTO DE SEÇÕES DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO, VIA NAVEGADOR DE INTERNET

Nome do orientador(a): Aref Kalilo Lima Kzam

Data da Defesa: 23/12/2022

### Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Bianca e Hélio, aos meus Irmãos, e   minha Esposa Nanci, por todo apoio e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Oportunamente dedico agradecimentos a Deus, pelas pequenas e grandes conquistas, e por não me deixar abater diante das dificuldades, me mantendo firme e em frente ao longo da vida.

Ao Estado brasileiro e ao sistema de ensino público, pela oportunidade que me foi concedida de adquirir conhecimento e técnicas, afim pleitear meus objetivos acadêmicos.

Ao professor orientador Aref Kalilo Lima Kzam, pelo conhecimento transmitido, bem como por sua orientação e confiança.

Aos participantes da banca avaliadora, Maria do Socorro Martins Sampaio, e Paulo Junges por sua participação fundamental e relevantes contribuições.

*Uma máquina consegue fazer o trabalho de 50 homens ordinários. Nenhuma máquina consegue fazer o trabalho de um homem extraordinário.*

***Elbert Hubbard, escritor.***

## RESUMO

As vigas são elementos estruturais lineares muito frequentes em estruturas de concreto armado, têm por característica predominante suportar os esforços de flexão, e são dimensionados segundo os conhecimentos de resistência dos materiais. Os critérios de projeto são determinados pela NBR 61180 “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”, cuja a versão vigente data do ano de 2014. São várias as recomendações da norma para projetos de vigas. E o dimensionamento, se feito manualmente, pode requerer um considerável tempo de trabalho. Já com a automatização desta atividade, ganha-se em produtividade e qualidade, visto que a utilização adequada do computador nos permite realizar operações matemáticas em tempos muito curtos e com menor probabilidade de produzir erros. Devido às facilidades proporcionadas pelos modernos navegadores de internet, não há mais a necessidade de se ocupar a memória física dos computadores com softwares de projeto, podendo este estar disponível em nuvem sendo acessível por meio de provedor de internet. Nesse sentido, se enquadra o presente trabalho de conclusão de curso, que consiste em um conjunto de rotinas computacionais nas linguagens Javascript, HTML e CSS, com interface visual simples e intuitiva, acessível em nuvem, adaptado para celulares e computadores. Capaz de dimensionar armaduras de aço em seções de vigas de concreto, submetidas a flexão simples e esforço cortante.

**Palavras-chave:** vigas de concreto armado; dimensionamento de seção de viga em nuvem; linguagens HTML, CSS e Javascript.

## RESUMEN

Las vigas son elementos estructurales lineales muy comunes en las estructuras de hormigón armado, su característica predominante es la de soportar esfuerzos de flexión, y se dimensionan de acuerdo con el conocimiento de la resistencia de los materiales. Los criterios de diseño están determinados por la NBR 61180 "Proyecto de Estructuras de Concreto – Procedimiento", cuya versión actual data de 2014. Existen varias recomendaciones en la norma para el diseño de vigas. Y el dimensionamiento, si se realiza manualmente, puede requerir una cantidad considerable de tiempo de trabajo. Con la automatización de esta actividad ganamos en productividad y calidad, ya que el uso adecuado de la computadora nos permite realizar operaciones matemáticas en tiempos muy cortos y con menor probabilidad de producir errores. Gracias a las facilidades que brindan los navegadores de internet modernos, ya no es necesario ocupar la memoria física de las computadoras con software de diseño, que puede estar disponible en la nube y accesible a través de un proveedor de internet. En este sentido, cabe el presente trabajo de conclusión de curso, el cual consiste en un conjunto de rutinas computacionales en lenguajes Javascript, HTML y CSS, con una interfaz visual sencilla e intuitiva, accesible en la nube, adaptada para celulares y computadoras. Capaz de dimensionar armaduras de acero en secciones de vigas de hormigón, sometidas a esfuerzos de flexión y cortante simples.

**Palabras clave:** vigas de hormigón armado; dimensionamiento de la sección de vigas en la nube; Lenguajes HTML, CSS y Javascript.

## ABSTRACT

The beams are very frequent linear structural elements in reinforced concrete structures, their predominant characteristic is to support the bending stresses, and they are dimensioned according to the two material resistance conditions. The project criteria are determined by NBR 61180 "Concrete Structures Project – Procedure", whose current version dates from the year 2014. There are several recommendations of the standard for beam projects. The sizing, done manually, may require a considerable time of work. Only with the automation of this activity, gains in productivity and quality, given that the proper use of the computer allows us to perform mathematical operations in very short times and with less probability of producing errors. Due to the facilities provided by modern internet browsers, there is no longer a need to occupy the physical memory of two computers with project software, and it can be available from the cloud, being accessible by means of an internet provider. In this sense, the present course completion work is framed, which consists of a set of computer routines in the Javascript, HTML and CSS languages, with simple and intuitive visual interfaces, accessible on the cloud, adapted for cell phones and computers. Capable of sizing steel reinforcement in sections of concrete beams, subjected to simple bending and shear stress.

**Key words:** reinforced concrete beams; design of beam section in the cloud; HTML, CSS and Javascript languages.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Estádios I e II.....	15
<b>Figura 2</b> – Fissuração e Tensões no estádio III .....	15
<b>Figura 3</b> – Domínios de deformações.....	16
<b>Figura 4</b> – Domínio de deformação recomendadas.....	17
<b>Figura 5</b> – Vigas com momento positiva e negativa .....	19
<b>Figura 6</b> – Esquema estático de uma viga de armadura simples .....	20
<b>Figura 7</b> – Esquema do dimensionamento de vigas retangulares sujeitas à flexão simples .....	21
<b>Figura 8</b> – Evolução da linguagem HTML.....	22
<b>Figura 9</b> – Arranjo dos Elementos da ferramenta de cálculo de vigas.....	24
<b>Figura 10</b> – Algoritmo de desenvolvimento de ferramentas para o programa Vigas .....	25
<b>Figura 11</b> – Algoritmo de validação das rotinas de cálculo .....	26
<b>Figura 12</b> – Exemplo de validação - viga retangular.....	27
<b>Figura 13</b> – Validação da solução de viga retangular com o programa Vigas .....	27
<b>Figura 14</b> – Exemplo de validação - viga T.....	28
<b>Figura 15</b> – Validação da solução de viga T com o programa Vigas .....	28
<b>Figura 16</b> – Tela inicial aos programas de cálculo de viga - Vigas.....	30
<b>Figura 17</b> – Menu opções de cálculo.....	30
<b>Figura 18</b> – Programa de dimensionamento de armadura de viga retangular.....	31
<b>Figura 19</b> – Verificações e formulações – Viga retangular.....	31
<b>Figura 20</b> – Formulações para vigas retangulares .....	32
<b>Figura 21</b> – Formulações para vigas retangulares .....	32
<b>Figura 22</b> – Programa para cálculo de seção de Viga T .....	33
<b>Figura 23</b> – Alertas, verificações e formulações .....	33
<b>Figura 24</b> – Formulações no programa Viga T .....	34
<b>Figura 25</b> – Formulações no programa Viga T .....	35
<b>Figura 26</b> – Tela de informações adicionais sobre o programa .....	36
<b>Figura 27</b> – Tela de dados de contato acadêmico do autor .....	36

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Coeficiente parciais de segurança.....	18
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
CSS	Cascading Style Sheets (Folha de Estilos em Cascata)
ELU	Estado Limite Último
HTML	HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
ILATIT	Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana
WEB	World Wide Web (Rede global)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.1.1 Objetivos Específicos.....	13
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>14</b>
2.2 SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL.....	14
2.2.1 Concreto Armado .....	14
2.2.2 Vigas .....	14
2.2.3 Estádios do concreto armado .....	14
2.2.4 Domínios de deformação .....	16
2.2.5 Resistências de cálculo.....	18
2.2.6 Processo de dimensionamento de vigas.....	19
2.2.6.1 <i>Análise de viga de seção retangular</i> .....	19
2.4 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADAS.....	21
2.4.1 Linguagem HTML.....	21
2.4.2 Linguagem JavaScript.....	22
2.4.3 Linguagem CSS .....	22
2.5 METODOLOGIA.....	23
2.5.1 Desenvolvimento do layout .....	23
2.5.2 Algoritmos de desenvolvimento .....	24
2.5.3 Validação das rotinas de cálculo e adequação final dos elementos de conteúdo	25
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As vigas são elementos estruturais lineares muito frequentes em estruturas de concreto armado, têm por característica predominante suportar os esforços de flexão, e são dimensionadas segundo os conhecimentos de resistência dos materiais. Os critérios de projeto são determinados pela NBR 6118 “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”, cuja versão mais recente data do ano de 2014. São várias as recomendações da norma para projetos de vigas, e o dimensionamento, se feito manualmente, pode requerer um considerável exercício de concentração e trabalho intelectual. Se automatizada, esta atividade ganha em produtividade e qualidade. Visto que, a utilização adequada do computador permite realizar operações matemáticas em tempos muito curtos e com menor probabilidade de gerar erros.

Por meio da utilização das facilidades dos computadores modernos, as vigas podem ter o consumo de tempo reduzido durante a fase de projeto, gerando custos menores, e ainda seguindo os critérios de projeto da NBR.

A automatização e programação de processos de cálculo passou a ser realidade com o surgimento de computadores, desde a apresentação do modelo ENIAC, inaugurado em 1946 (SONG, 2010). Com a evolução dessa ferramenta, foi possível desenvolver formas de realizar com agilidade, atividades rotineiras de diversas áreas profissionais, por meio de algoritmos inseridos em programas de computador. O uso de programas para cálculos na engenharia civil em atividades que podem ser roteirizadas, a exemplo do dimensionamento de seções de vigas de concreto, conduz a uma maior agilidade no processo de dimensionamento e verificação. Assim como a elaboração de programas que estejam disponíveis na internet, irá trazer melhorias a este procedimento de projeto. Visto que poderá ser acessado de qualquer dispositivo que utilize os navegadores de internet, como computadores e *smartphones*.

## 1.1 OBJETIVOS

Nesta seção será apresentado os objetivos que são as razões da realização deste trabalho.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral, apresentar um conjunto de rotinas computacionais, organizados na forma de um sistema desenvolvido para web, capaz de realizar o dimensionamento de seções transversais de vigas com geometrias retangulares e em forma de T, seguindo os requisitos da NBR-6118/2014, para os Estados Limites Últimos (ELU), utilizando linguagens de programação para desenvolvimento de páginas da Web, tais como, HTML, CSS e JAVASCRIPT.

#### 1.1.1.1 Objetivos Específicos

Para garantir que o objetivo geral fosse atingido foi necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- a) Definir e implementar o *layout* do programa principal, ou *shell* do sistema, de maneira que permita a incorporação de novos módulos (programas) sem desajuste da forma inicial;
- b) Desenvolver funcionalidades visuais e lógicas para uma ferramenta de cálculo detalhamento de seções de vigas;
- c) Implementar algoritmo para dimensionamento das armaduras (longitudinal e transversal) de reforço de vigas;
- d) Realizar testes de validação das ferramentas de cálculo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.2 SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

Nesta seção serão apresentados os tópicos fundamentais, que envolvem a programação de uma ferramenta de cálculo de vigas de concreto armado.

#### 2.2.1 Concreto Armado

O concreto armado é um material compósito, produto da associação de uma matriz de concreto com barras de aço de reforço, convenientemente dispostas em seu interior. O concreto apresenta ruptura frágil e baixa resistência à tração (em torno de 10% da resistência à compressão). Para controlar tais efeitos, em concreto armado as barras de aço cumprem a função de absorver os esforços de tração da estrutura, mas podem também ser utilizadas para aumentar a resistência de peças comprimidas (ARAUJO, 2014).

#### 2.2.2 Vigas

Segundo o que consta na NBR 6118/14 (item 14.4.1.1), vigas são definidas como “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Elementos lineares são aqueles em que uma das dimensões é muito maior que as outras, assumindo a forma de barra.

O cálculo das seções de vigas armadas consiste em determinar as dimensões da seção transversal, verificar a quantidade de aço suficiente para cumprir os requisitos prescritos em norma, e detalhar o posicionamento e dimensões das barras ao longo da viga (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2014).

#### 2.2.3 Estádios do concreto armado

Os estádios I, II e III, definem o comportamento da viga de concreto armado com respeito à fissuração na região do concreto submetida ao esforço de tração. No estágio I a região tracionada não apresenta fissuras, e o concreto ainda contribui para a resistência

ao esforço nessa parte, como apresenta a Figura 1. No entanto, no estágio II a mesma viga apresenta fissuras no segmento tracionado e já não é considerada a resistência à tração do concreto naquele segmento, sendo transferida toda a carga de tração para as barras de aço daquela área.

**Figura 1 – Estádios I e II**

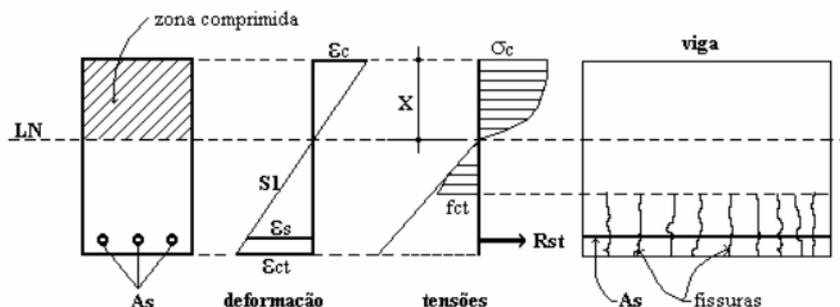


Fonte: Leonhardt e Mönig (1977).

No estágio II as fissuras são notáveis e o concreto na região tracionada não contribui para a resistência da viga. Com o avanço da fissuração atinge-se o estágio III. O estágio III é descrito como fase de ruptura do concreto em compressão, ou seja, estado limite último de ruptura do concreto por compressão, que corresponde ao valor de deformação que varia de  $\epsilon_{cu}=2\text{‰}$  até  $3,5\text{‰}$  (LEONHARDT e MÖNNIG, 1977).

Considera-se que as tensões de compressão tenham distribuição conforme com o diagrama parábola-retângulo, ou aproximado por diagrama retangular de tensões (CAMACHO, 2009). No estágio III a região comprimida o concreto começa a plastificar, e as tensões deixam de apresentar um comportamento linear (CAMACHO, 2009). É válido enfatizar que para efeitos de dimensionamento, adota-se o estágio III.

**Figura 2 – Fissurações e tensões no estágio III**



Fonte: Camacho (2009).

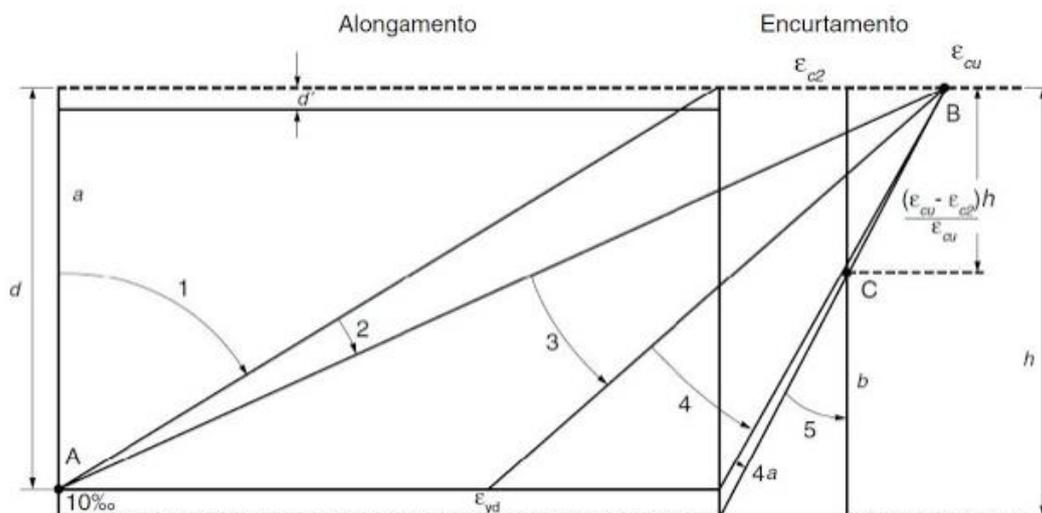
### 2.2.4 Domínios de deformação

Para caracterizar os tipos de deformação, a NBR 6118/2014 define cinco domínios, que são determinados pelos diagramas de deformação e representam a forma de ruptura da seção, para obter os diagramas de deformação é necessário o conhecimento prévio da posição da linha neutra (onde as tensões normais são nulas), que pode ser descrita pela equação (1), que descreve a posição relativa da linha neutra.

$$\varepsilon = \frac{x}{d} \quad (1)$$

Em que  $x$  é a distância da linha neutra até a face comprimida, e  $d$  é a altura útil da viga, medida da face comprimida até o centro de gravidade das barras tracionadas. O valor da posição relativa da linha neutra é utilizado na determinação dos domínios de deformação, a partir da análise da Figura 3 a seguir.

**Figura 3 – Domínios de deformação**



**Fonte:** ABNT - NBR 6118 (2014)

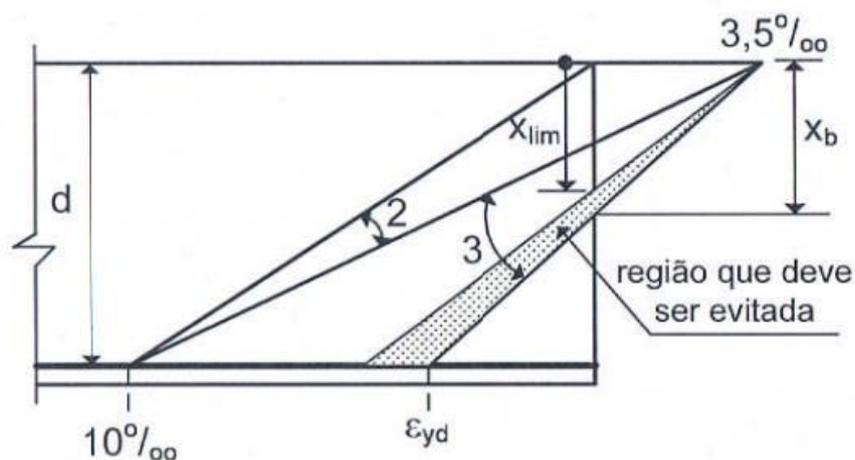
A norma define que o dimensionamento de vigas sujeitas a flexão simples deve ser feito para os domínios 2 e 3, excluindo os demais por questões econômicas e de segurança.

Analisando os diagramas da Figura 3, que representam os domínios, observa-se que:

- Para o domínio 1, a seção encontra-se totalmente tracionada, o que é antieconômico, pois não aproveita a resistência a compressão do concreto;
- No domínio 2, a seção atinge a deformação última do aço antes de deformação de esmagamento do concreto, isso provoca uma ruptura dúctil, que é um modo mais seguro de falha da estrutura;
- No domínio 3, o concreto atinge a deformação última com o aço em escoamento, considera-se a seção como sendo subarmada, porém com ruptura dúctil.
- Os domínios 4 e 5, provocam uma ruptura brusca, visto que o concreto esmaga antes do aço deformar por escoamento. É antieconômico por utilizar mais aço que o necessário, mas também cria-se uma situação de perigo pelo fato de ocorrer possível ruptura sem sinais prévios.

Segundo Araújo (2014), para garantir maior ductilidade das vigas, é conveniente limitar a profundidade da linha neutra, de modo a se manter afastado do domínio 4, como segue na Figura 4, para evitar o fenômeno da ruptura frágil.

**Figura 4** – Domínios de deformação recomendados



Fonte: Araújo (2014)

### 2.2.5 Resistências de cálculo

Segundo Carvalho e Pinheiro (2013), as resistências de cálculo dos materiais são obtidas, dividindo-se as resistências características por um coeficiente parcial de segurança. No caso do concreto, a resistência de cálculo  $f_{cd}$  é dada por:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (2)$$

Para os aços, a tensão de escoamento de cálculo é dada por:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (3)$$

Segundo a NBR 6118 (2014), os coeficientes parciais  $\gamma_c$  e  $\gamma_s$  são obtidos a seguir no Quadro 1.

**Quadro 1:** Coeficientes parciais de segurança

Carregamentos	Concreto ( $\gamma_c$ )	Aço ( $\gamma_s$ )
Normais	1,4	1,15
Especiais ou de construção	1,2	1,15
Excepcionais	1,2	1,0

**Fonte:** ABNT - NBR 6118 (2014)

Para garantir a segurança estrutural, o dimensionamento deve ser feito de forma que a capacidade resistente da estrutura seja maior que os esforços solicitantes totais, como segue na equação (4), (ARAÚJO, 2014).

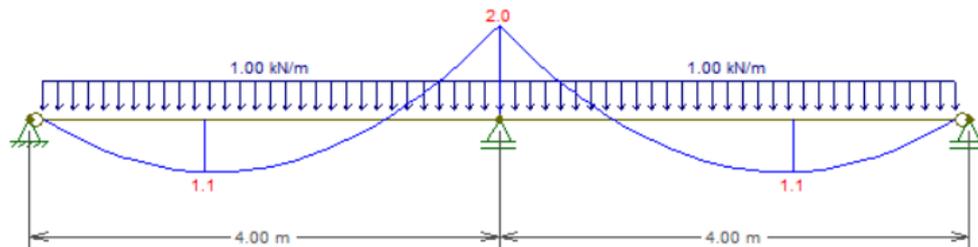
$$R_d \geq S_d \quad (4)$$

## 2.2.6 Processo de dimensionamento de vigas

### 2.2.6.1 Análise de viga de seção retangular

Nesta seção será apresentado um exemplo do processo de cálculo de seção de aço, a partir do modelo de viga da Figura 5. Essencial para o dimensionamento de estruturas de concreto armado.

**Figura 5** – Viga com momentos positivos e negativos

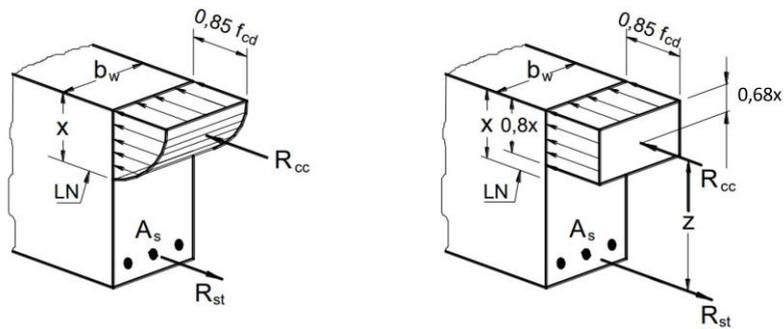


**Fonte:** Autoria própria

Como apresentado anteriormente, o dimensionamento de vigas de concreto armado é realizado a partir da análise dos esforços atuantes na seção. O concreto apresenta um bom desempenho para suportar tensões de compressão, o que não ocorre para os esforços de tração, sendo necessário a adição de armadura nas seções tracionadas. Na Figura 5 verificam-se as regiões cuja solicitação ocorre com tração na parte inferior (seção relativa ao meio do vão entre apoios), e tração na parte superior (apoio central). Devido a esse fato, seria necessário dimensionar a área de aço para suportar os momentos fletores positivos, inserindo-se barras de reforço na parte inferior da viga, e para os momentos fletores negativos, utilizar barras de reforço na parte superior da viga

Na Figura 6 é ilustrado o esquema estático de uma viga com armadura longitudinal submetida à flexão:

**Figura 6** – Esquema estático de uma viga de armadura simples



Fonte: Bastos (2006)

Sendo:

$x$  : distância da face comprimida até a linha neutra;

$b_w$  : largura da viga;

$A_s$  : área de aço tracionada;

$f_{cd}$  : resistência de projeto do concreto à compressão;

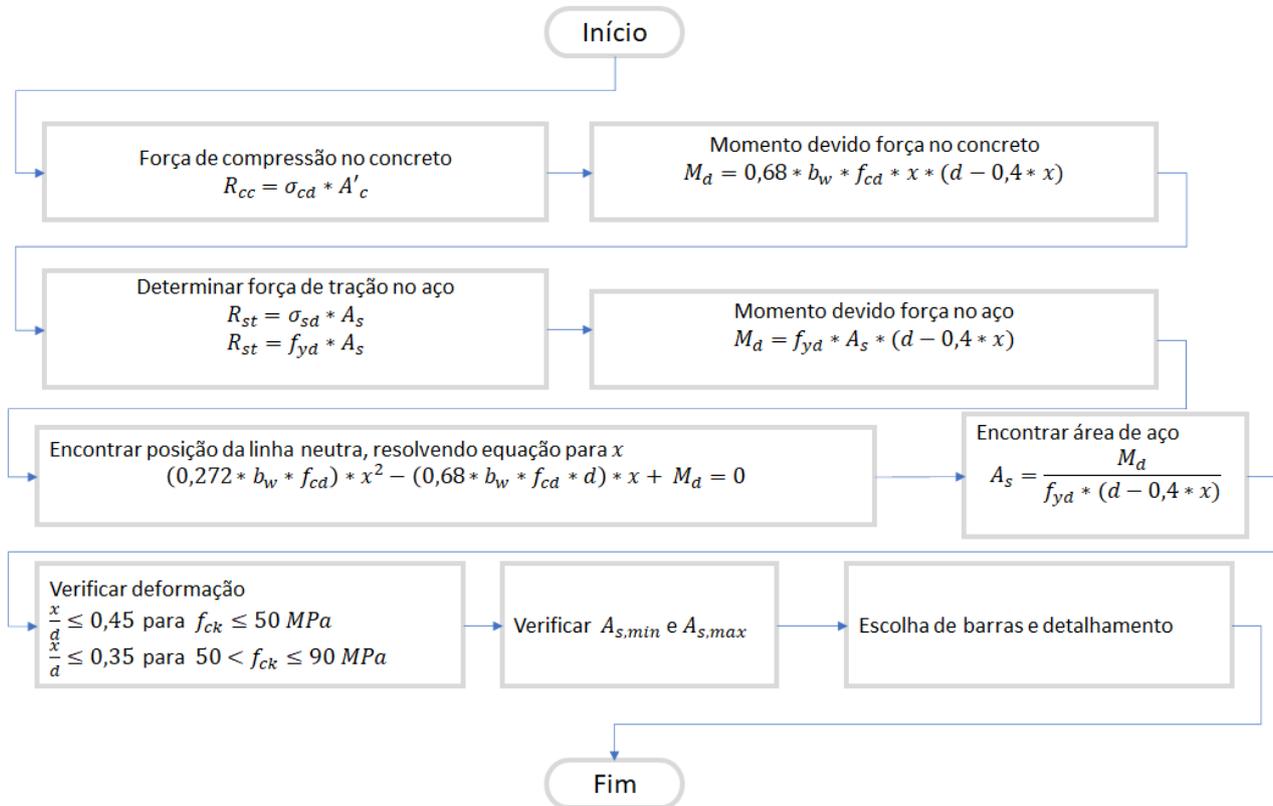
$R_{cc}$  : força de solicitação de compressão no concreto;

$R_{st}$  : força de solicitação de tração no aço;

$z$  : distância entre eixos.

O dimensionamento de vigas de concreto armado com armadura simples, como a exemplificada na Figura 6, é feito por meio do equacionamento representado no fluxograma da Figura 7.

**Figura 7** – Roteiro de dimensionamento de vigas retangulares sujeitas à flexão simples



Fonte: Autoria própria

## 2.4 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADAS

Há no mercado de desenvolvimento de softwares uma grande variedade de linguagens de programação e recursos associados a elas. Dentre às quais existem linguagens interpretadas diretamente por navegadores de internet, ou seja, que não há a necessidade de utilização de compiladores ou outros meios para interpretar os códigos de programação, estes são editáveis e executáveis no próprio navegador. Neste trabalho são adotadas apenas linguagens deste tipo, tal como será detalhado a seguir.

### 2.4.1 Linguagem HTML

HTML (*Hypertext Markup Language*), foi inventada por Tim Berners-Lee no início dos anos 90, e vem sendo atualizada ao longo do tempo (VEER, 2005). A Figura 8 apresenta a linha evolutiva abreviada da HTML.

**Figura 8 – Evolução da linguagem HTML**



**Fonte:** Williams (2011).

Embora todos os avanços tenham sido fundamentais para elevar os padrões da linguagem, segundo Williams (2011), o que a tornou mais interessante foi a introdução de JavaScript em 1996 e AJAX em 2005. Essas adições transformaram a Web de um meio que apresentava dados unidirecionais estáticos, como um jornal ou livro, para um meio bidirecional que permite a interatividade dos usuários com a página, por exemplo, inserindo informações e recebendo respostas no mesmo navegador.

#### 2.4.2 Linguagem JavaScript

JavaScript possibilita criar pequenos programas embutidos no código de uma página HTML, “capazes de realizar cálculos, processar alguns dados, verificar formulários, alterar valor de elementos HTML e criar elementos HTML” (VEER, 2005). Trabalhando no próprio computador do usuário, não necessita de comunicação com o servidor para que os programas funcionem, e a velocidade de transferência de dados pela rede não influencia no desempenho do software, mas apenas o processamento local (WILLIAMS, 2011).

#### 2.4.3 Linguagem CSS

A CSS é uma outra linguagem, à parte do código HTML, mas que interage com os elementos da mesma, com o objetivo específico de manipular o design e estilos da página. CSS é bem mais completo que a HTML para estilização. Uma das características principais é que dispensa a necessidade de se misturar conteúdo de texto da HTML com o estilo, durante o desenvolvimento ou manutenção de uma página. Algo que se mostrou difícil de executar (MANIAN, 2011; WILLIAMS, 2011). “A CSS resolve isso separando as coisas; regras de estilo não aparecem mais no código HTML, apenas no CSS” (WILLIAMS, 2011).

## 2.5 METODOLOGIA

Nesta seção é descrito o processo metodológico de desenvolvimento de um software para web, com aplicação específica em engenharia civil no dimensionamento de vigas de concreto armado, interinamente sob nome de “Vigas”.

### 2.5.1 Desenvolvimento do layout

O termo *layout*, de origem da língua inglesa, refere-se ao arranjo dos elementos que ocupam parte de um determinado espaço, que neste caso são as telas do programa. O arranjo dos elementos será feito de forma que o elemento `<main>`, que engloba todo o conteúdo de interação com o usuário, mantenha a altura rígida de 100% do tamanho da tela do dispositivo, para que a tela permaneça estática, enquanto os elementos internos de nome de tag `<section>` possam ter movimento relativo do conteúdo, por meio da inserção da propriedade `overflow` da CSS3, que insere uma barra de rolagem nos eixos especificados. No caso do conteúdo da tag `<section>` adota-se a propriedade `overflow` no eixo `y` (vertical), para o caso de o conteúdo extrapolar a dimensão da tela rígida. As demais dimensões dos elementos são relativas e declaradas em percentual (%) para que os elementos, e a própria tela se adaptem melhor aos redimensionamentos de janelas do navegador, sem a necessidade de rolagem de conteúdo lateralmente.

**Figura 9** – Arranjo dos elementos na ferramenta de cálculo de vigas

Título da ferramenta/ página

Navegação entre ferramentas

Navegação para outras telas úteis

Entrada de dados da viga

Ações do programa

Resultados, verificações e formulações

Escolhas de barras e distribuição na seção

Dados fornecidos:		Armadura longitudinal		Armadura longitudinal Comprimida			
D (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	Obt.	Calc.	Obt.	Calc.	Obt.	Int.
8	0.5	1.1	2	0	0	0	0
10	0.8	0.7	1	0	0	0	0
12.5	1.2	0.5	1	0	0	0	0
16	2.0	0.3	1	0	0	0	0
20	3.1	0.2	1	0	0	0	0
25	4.9	0.1	1	0	0	0	0
32	8.0	0.1	1	0	0	0	0
40	12.8	0.0	1	0	0	0	0

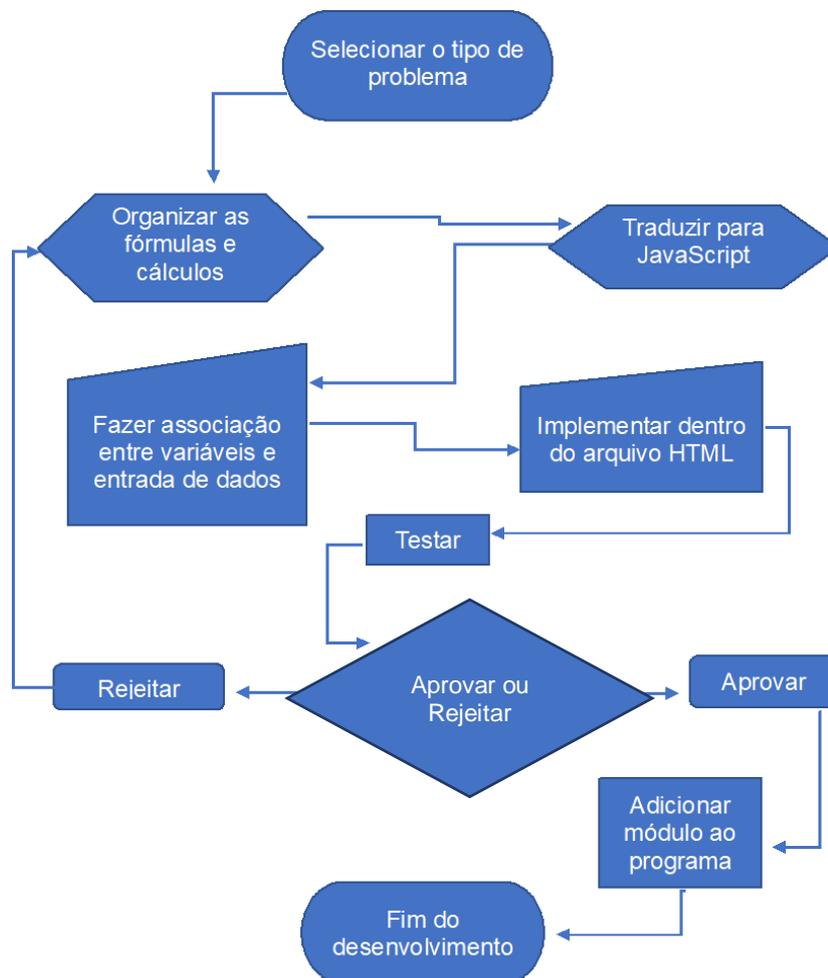
Armadura transversal		Armadura longitudinal Tração			
D (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	Obt.	Calc.	Obt.	Int.
8	0.5	37.9	38	0	0
10	0.8	23.7	24	0	0
12.5	1.2	15.8	16	0	0
16	2.0	9.5	10	0	0
20	3.1	6.1	7	0	0
25	4.9	3.9	4	0	0
32	8.0	2.4	3	0	0
40	12.8	1.5	2	0	0

Fonte: Autoria própria

## 2.5.2 Algoritmos de desenvolvimento

As fórmulas de cálculo de seções de vigas de concreto armado e demais operações necessárias, foram adaptadas e transcritas para a linguagem JavaScript, o que possibilitou a realização das mesmas operações de forma automatizada. Possibilita também a interação da linguagem com a HTML5, onde ocorre a convergência entre os códigos próprios da HTML5 com a CSS3 e JavaScript, permitindo compor um ambiente completo, com as funcionalidades de cálculos automatizados e o visual objetivo e intuitivo.

**Figura 10** – Algoritmo de desenvolvimento de ferramentas para o programa Vigas

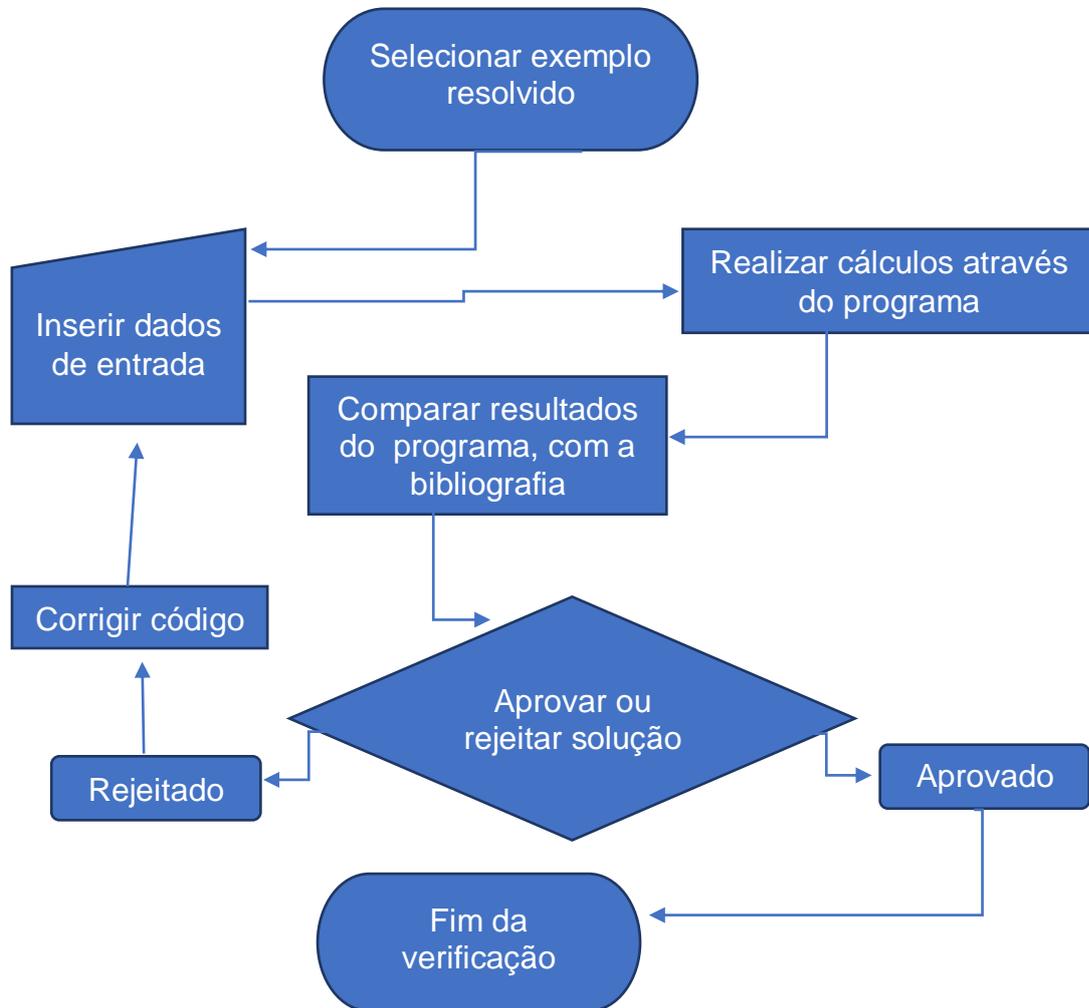


**Fonte:** Autoria própria

### 2.5.3 Validação das rotinas de cálculo e adequação final dos elementos de conteúdo

Foi realizada uma série de testes, resolvendo exemplos e exercícios constantes nas bibliografias de concreto armado, também testes do programa disponibilizado a voluntários interessados em contribuir, informado possíveis erros de execução. Os elementos de gráfico tais como: desenhos, resultados, textos e diagramas, foram desenvolvidos para serem dinâmicos, e é possível obter o desenho da seção em escala ajustada com as cotas e as barras distribuídas, a cada modificação nos dados de entrada.

**Figura 11** – Algoritmo de validação das rotinas de cálculo

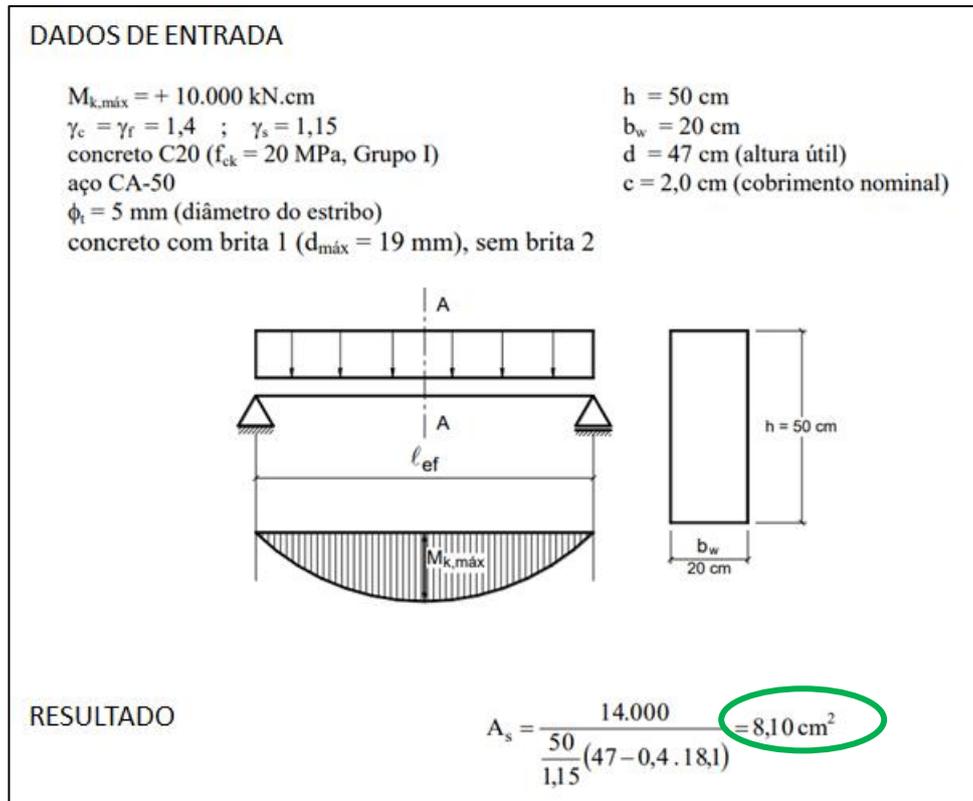


**Fonte:** : Autoria própria

Nas figuras 12 e 13 são apresentados o processo de validação do programa para viga retangular. Um exemplo resolvido na bibliografia foi usado como validação de viga retangular foi, resolvido por meio do programa Vigas e retornou o resultado exato do mesmo problema resolvido manualmente, trata-se do exemplo de Bastos (2020), disponível em:

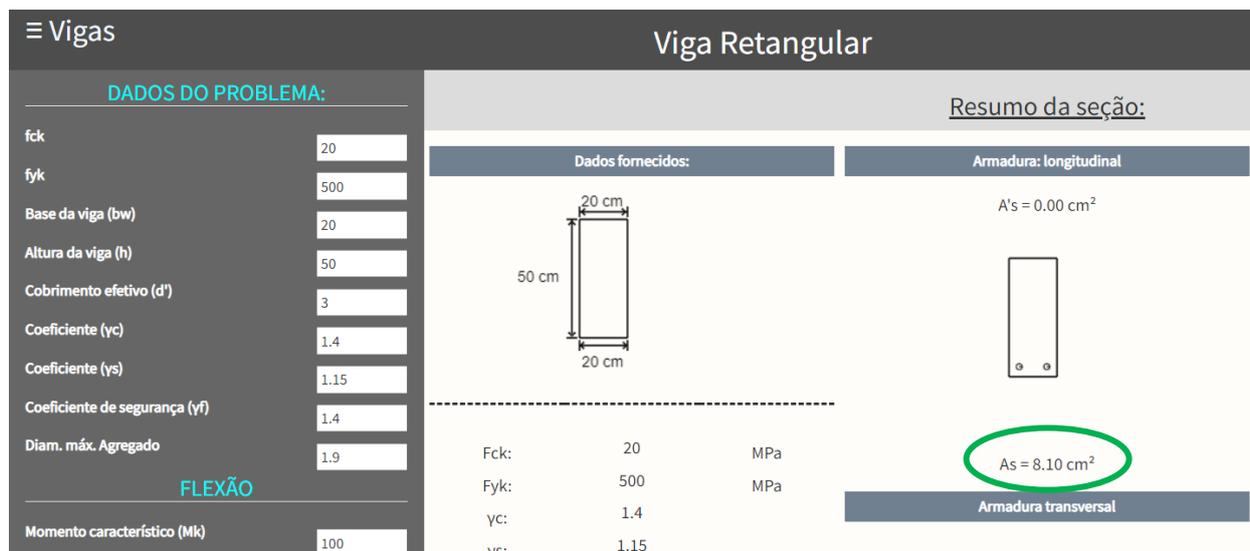
<<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/FlexaoSimples.pdf>>. Página 17.

**Figura 12** – Exemplo de validação - viga retangular



Fonte: Bastos (2020)

**Figura 13** – Validação da solução de viga retangular com o programa Vigas



Fonte: Autoria própria

Nas figuras 14 e 15 são apresentados o processo de validação do programa para viga T. A partir do exemplo de Bastos (2020), mas para viga T, também retornou resultado

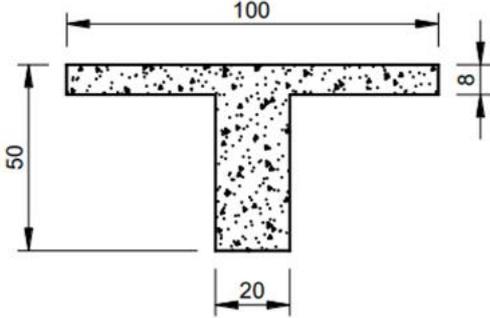
satisfatório na comparação com a solução por meio do programa, com discrepância no resultado da ordem de 0,09%. Disponível em: <<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/FlexaoSimples.pdf>>. Página 54.

**Figura 14** – Exemplo de validação - viga T

**DADOS DE ENTRADA**

1º) Dimensionar a armadura longitudinal de flexão da viga com a seção transversal mostrada na Figura 57, sendo dados:

- concreto C20
- aço CA-50
- $\gamma_s = 1,15$
- $\gamma_c = \gamma_f = 1,4$
- $M_k = + 15.000 \text{ kN.cm}$
- $c = 2,5 \text{ cm}$
- brita 1
- $\phi_t = 6,3 \text{ mm}$
- $b_f = 100 \text{ cm}$
- $h_f = 8 \text{ cm}$
- $b_w = 20 \text{ cm}$
- $h = 50 \text{ cm}$



*Figura 57 – Dimensões da seção T.*

**RESULTADO**

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(d - 0,4x)} = \frac{21.000}{\frac{50}{1,15}(45 - 0,4 \cdot 5,0)} = 11,23 \text{ cm}^2$$

Fonte: Bastos (2020)

**Figura 15** – Validação da solução de viga T com o programa Vigas

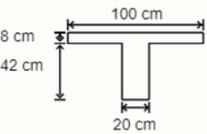
**Vigas** **Viga-T**

**DADOS DO PROBLEMA:**

fck	20
fyk	500
Base da alma(bw)	20
Altura da alma (hw)	42
Base da mesa(bf)	100
Altura da mesa(hf)	8
Cobrimento efetivo (d')	5
Coefficiente (yc)	1.4
Coefficiente (ys)	1.15
Coefficiente de segurança (yf)	1.4

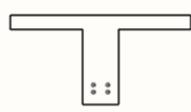
**Resumo da seção:**

**Dados fornecidos:**



**Armadura: longitudinal**

A's = 0.00 cm<sup>2</sup>



**Armadura transversal**

A\_s = 11.24 cm<sup>2</sup>

Fck:	20	MPa
Fyk:	500	MPa
yc:	1.4	

Fonte: Autoria própria

### 3 RESULTADOS

Ao fim do processo de desenvolvimento do programa interinamente nomeado Vigas, obteve-se uma ferramenta nova e com recursos aprovados no processo de validação, e com possibilidade de incremento de recursos para a realização de dimensionamentos de seções de concreto armado segundo as especificações da NBR 6118/14, e de forma coerente com os resultados encontrados na bibliografia consultada, com erros da ordem de 0,09%, que é atribuído a erros de arredondamentos e conversões, e o programa é executável em navegador de internet, tanto para celular quanto para computadores.

O programa, demonstrou ser capaz de dimensionar armadura simples e armadura dupla, seções de vigas com geometrias retangulares e compostas em forma de T. Além das funcionalidades de cálculo, o programa apresenta uma aparência simples, intuitiva e funcional.

Os resultados Foram validados por meio da aplicação de testes no programa Vigas, foram inseridos dados de entrada de exemplos já resolvidos na literatura, e ao final, foi realizada a comparação entre resultados e procedimentos, com resultados para cálculos bem próximos dos obtidos na literatura.

Ocorrem erros de apresentação de detalhes por conta de uma limitação conhecida, que é a impossibilidade da utilização de pixels fracionados, pois a unidade mínima para escala de desenho é limitada a 1 pixel por razões físicas. Entretanto o desenho de detalhes das vigas em escala ajustada a tela de exibição pode requerer pixels fracionários, a depender da resolução da tela do dispositivo.

A seguir, serão apresentadas capturas de tela da utilização do programa Vigas e seus programas componentes relativos ao cálculo de Vigas seções T e retangulares. Bem como das telas auxiliares do programa principal. A tela inicial é exibida na Figura 16.

**Figura 16** – Tela inicial aos programas de cálculo de vigas - Vigas



**Fonte:** Autoria própria

A seguir, na Figura 17 é exibido o menu de navegação entre os programas de cálculo. Sendo eles atualmente: Viga T e Viga retangular.

**Figura 17** – Menu opções de cálculos



**Fonte:** Autoria própria

Nas Figuras 18, 19, 20 e 21, têm-se uma visão geral da solução do dimensionamento da armadura de uma seção de viga retangular, com uma visão simultânea dos dados de entrada, os desenhos da seção com as devidas cotas em

centímetros, os resultados parciais do cálculo, o dimensionamento das armaduras e sua distribuição em camadas, se necessário.

**Figura 18** – Programa de dimensionamento de armadura de viga retangular

**DADOS DO PROBLEMA:**

fck: 25  
fyk: 500  
Base da viga (bw): 25  
Altura da viga (h): 50  
Cobrimento efetivo (d'): 2.5  
Coeficiente (yc): 1.4  
Coeficiente (ys): 1.15  
Coeficiente de segurança (yf): 1.4

**FLEXÃO**

Momento característico (Mk): 200

**CORTANTE**

Cortante característico (Vk): 100

Recalcular  
Recarregar  
Limpar

**Viga Retangular**

Inicio Sobre contato

**Resumo da seção:**

Dados fornecidos: 25 cm x 50 cm

Armadura: longitudinal  
A's = 1.39 cm²

Armadura longitudinal comprimida

D (mm)	A (cm²)	Qtd. Calc.	Qtd. Int.
8	0.5	2.8	3
10	0.8	1.7	2
12.5	1.2	1.2	2
16	2.0	0.7	1
20	3.1	0.4	1
25	4.9	0.3	1
32	8.0	0.2	1
40	12.6	0.1	1

Armadura transversal

Armadura longitudinal tracionada

D (mm)	A (cm²)	Qtd. Calc.	Qtd. Int.
8	0.5	32.6	33
10	0.8	20.4	21
12.5	1.2	13.6	14
16	2.0	8.2	9
20	3.1	5.3	6
25	4.9	3.3	4
32	8.0	2.0	3

Fck: 25 MPa  
Fyk: 500 MPa  
yc: 1.4  
ys: 1.15  
yf: 1.4  
Mk: 200 kN-m  
Vk: 100 kN  
Classe Agressividade Ambiental: I (um)  
Asw = 2.50 cm²/m  
d': 2.5 cm

Fonte: Autoria própria

**Figura 19** – Verificações e formulações - viga retangular

Alertas e Verificações segundo NBR 6118/2014

Verificação da biela de Compressão:  $\tau_{wd} < \tau_{wu}$  OK 0.12 < 4.34

Verificação da taxa de armadura:  $A_s + A'_s \leq \frac{4}{100} A_c$  OK 7.80 < 480.00

**Formulações**

$\sum N = 0 \rightarrow F_c = F_s$  (2)

$\sum M = M_{Sd} \rightarrow M_{Sd} = F_c \cdot z$  (3)

Fonte: Autoria própria

**Figura 20** – Formulações para vigas retangulares

$$F_c = b_w \cdot 0,8 \cdot x \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \quad (5)$$

$$F_c = 0,68 \cdot b_w \cdot x \cdot f_{cd} \quad (6)$$

$$z = d - 0,4 \cdot x \quad (7)$$

$$M_{Sd} = F_c \cdot z \quad (8)$$

$$M_{Sd} = 0,68 \cdot b_w \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,4 \cdot x) \quad (9)$$

$$0,272 \cdot x^2 - 0,68 \cdot d \cdot x + \frac{M_{Sd}}{b_w \cdot f_{cd}} = 0 \quad (10)$$

**Fonte:** Autoria própria

Onde, na Figura 16, o valor de  $(0,8 \cdot x)$  corresponde à distância da face comprimida até a linha neutra, onde as tensões normais são nulas.

**Figura 21** – Formulações para vigas retangulares

$$0,272 \cdot x^2 - 0,68 \cdot d \cdot x + \frac{M_{Sd}}{b_w \cdot f_{cd}} = 0 \quad (10)$$

$$k = \frac{M_{Sd}}{b_w \cdot f_{cd}} \quad (11)$$

$$x = \frac{0,68 \cdot d \pm \sqrt{(-0,68 \cdot d)^2 - 4 \cdot 0,272 \cdot k}}{2 \cdot 0,272} \quad (12)$$

$$x = \frac{0,68 \cdot d \pm \sqrt{0,4624 \cdot d^2 - 1,088 \cdot k}}{0,544} \quad (13)$$

$$M_{Sd} = F_s \cdot z \quad (14)$$

$$M_{Sd} = (A_s \cdot f_s) \cdot z \quad (15)$$

$$A_s = \frac{M_{Sd}}{z \cdot f_s} \quad (16)$$

$$A_s = \frac{M_{Sd}}{z \cdot f_{yd}} \quad (17)$$

**Fonte:** Autoria própria

Nas Figuras do número 22 até 25, têm-se uma visão geral da solução do dimensionamento da armadura de uma seção de viga T, com uma visão simultânea dos dados de entrada, os desenhos da seção com as devidas cotas em centímetros, os resultados parciais do cálculo, o dimensionamento das armaduras e sua distribuição em camadas, se necessário.

**Figura 22 – Programa para cálculo de seção de Viga T**

**DADOS DO PROBLEMA:**

- fck: 20
- fyk: 500
- Base da alma (bw): 30
- Altura da alma (hw): 31
- Base da mesa (bf): 60
- Altura da mesa (hf): 9
- Cobrimento efetivo (d'): 4
- Coefficiente (yc): 1.4
- Coefficiente (ys): 1.15
- Coefficiente de segurança (yf): 1.4

**FLEXÃO**

- Momento característico (Mk): 179

**CORTANTE**

- Cortante característico (Vk): 100

**Resumo da seção:**

Dados fornecidos:

Armadura longitudinal:  $A_s = 0.57 \text{ cm}^2$

Armadura longitudinal		Armadura longitudinal Comprimida			
D (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	Qtd. Calc.	Qtd. Int.		
8	0.5	1.1	2	○	
10	0.8	0.7	1	○	
12.5	1.2	0.5	1	○	
16	2.0	0.3	1	○	
20	3.1	0.2	1	○	
25	4.9	0.1	1	○	
32	8.0	0.1	1	○	
40	12.6	0.0	1	○	

Armadura transversal:  $A_{sw} = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armadura transversal		Armadura longitudinal Traconada			
D (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	Qtd. Calc.	Qtd. Int.		
8	0.5	37.9	38	○	
10	0.8	23.7	24	○	
12.5	1.2	15.8	16	○	
16	2.0	9.5	10	●	
20	3.1	6.1	7	○	
25	4.9	3.9	4	○	

Propriedades e classes:

- Fck: 20 MPa
- Fyk: 500 MPa
- yc: 1.4
- ys: 1.15
- yf: 1.4
- Mk: 179 kN-m
- Vk: 100 kN
- Classe Agressividade Ambiental: III (três)
- d': 4 cm

Fonte: Autoria própria

**Figura 23 – Alertas, verificações e formulações**

**Alertas e Verificações segundo NBR 6118/2014**

Verificação da biela de Compressão:  $\tau_{wd} < \tau_{wu}$  **OK** 0.13 < 3.55

Linha neutra maior que o flange, LN = 12.96 cm **Flange integral**

**Formulações**

(1)

(2)

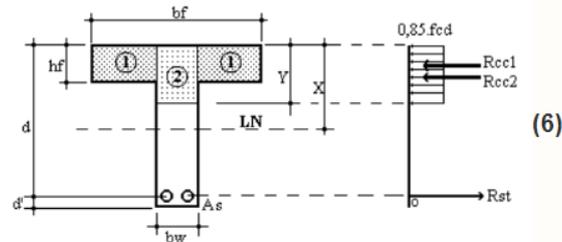
$$\begin{cases} \sum F_x = 0 & \therefore R_{cc} - R_{st} = 0 \rightarrow 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_f \cdot y - A_s \cdot f_{yd} = 0 \\ \sum M_o = M_d & \therefore R_{cc} \cdot z = M_d \rightarrow 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_f \cdot y \cdot (d - \frac{y}{2}) = M_d \end{cases} \quad (3)$$

Fonte: Autoria própria

**Figura 24** – Formulações no programa - Viga T

$$Y=d \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 \cdot b_f \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) \quad (4)$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_f \cdot y}{f_{yd}} \quad (5)$$



$$\begin{aligned} \sum F_x=0 & \quad \therefore R_{cc1}+R_{cc2}-R_{st}=0 \\ \sum M_o=M_d & \quad \therefore R_{cc1} \cdot \left( d - \frac{h_f}{2} \right) + R_{cc2} \cdot \left( d - \frac{y}{2} \right) = M_d \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{cases} 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) + 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot y - A_s \cdot f_{yd} = 0 \\ 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) \cdot \left( d - \frac{h_f}{2} \right) + 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot y \cdot \left( d - \frac{y}{2} \right) = M_d \end{cases} \quad (8)$$

$$Y=d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \left[ \frac{M_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_w} - h_f \cdot \left( \frac{b_f}{b_w} - 1 \right) \cdot \left( d - \frac{h_f}{2} \right) \right]} \quad (9)$$

**Fonte:** Autoria própria

**Figura 25** – Formulações no programa - Viga T

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} [b_w \cdot y + h_f \cdot (b_f - b_w)] \quad (10)$$

$$M_{dlim}^T = M_{dlim}^N + 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 & \quad \therefore R_{cc1} + R_{cc2} + R_{sc} - R_{st} = 0 \\ \sum M_o = M_d & \quad \therefore R_{cc1} \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right) + R_{cc2} \cdot \left(d - \frac{y_{lim}}{2}\right) + A'_s \cdot \sigma_2 \cdot (d - d'') = M_d \end{aligned} \quad (12)$$

$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) + 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot y_{lim} + A'_s \cdot \sigma_2 - A_s \cdot f_{yd} = 0 \quad (13)$$

$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_f \cdot (b_f - b_w) \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right) + 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot y_{lim} \cdot \left(d - \frac{y_{lim}}{2}\right) + A'_s \cdot \sigma_2 \cdot (d - d'') = M_d \quad (14)$$

$$A'_s = \frac{M_d - M_{dlim}^T}{\sigma_2 \cdot (d - d'')} \quad (15)$$

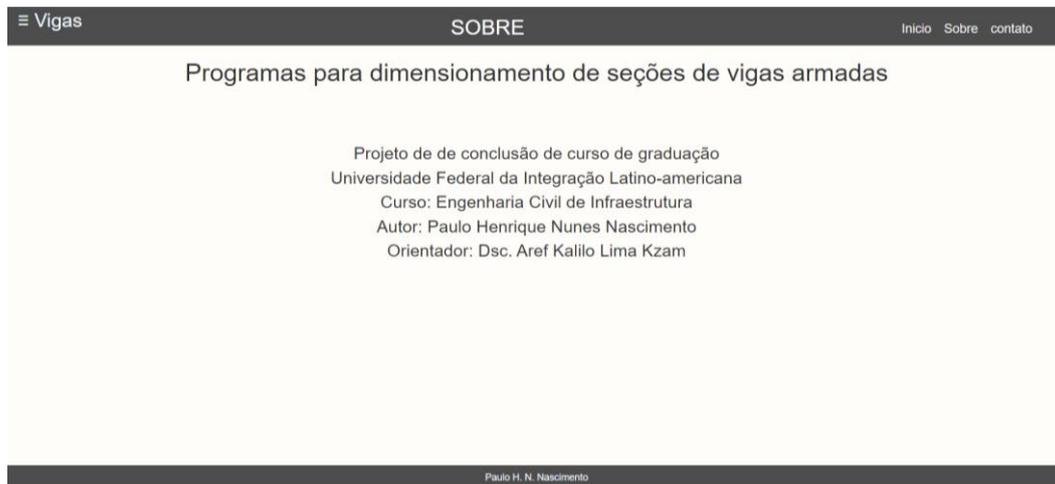
$$Y_{lim} = 0,8 \cdot X_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot d, \text{ resulta:} \quad (16)$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_{cd} \cdot [0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot b_w \cdot d + h_f \cdot (b_f - b_w)]}{f_{yd}} + \frac{M_d - M_{dlim}^T}{f_{yd} \cdot (d - d'')} \quad (17)$$

**Fonte:** Autoria própria

Nas Figuras 26 e 27, são apresentados dados sobre o trabalho, a instituição de ensino, e autor e orientador.

**Figura 26** – Tela de informações adicionais sobre o programa



**Fonte:** Autoria própria

**Figura 27** – Tela de dados de contato acadêmico do autor



**Fonte:** Autoria própria

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi de grande satisfação poder contribuir com a união de técnicas de engenharia civil, com desenvolvimento de sistemas para *WEB*. Ficou demonstrada a operação e metodologia que conduziram a um produto deste trabalho chamado de programa “Vigas”, capaz de realizar o dimensionamento a nível acadêmico de armaduras de seções de concreto armado, tanto para viga seção retangular, quanto para seção T. Revisamos os critérios de dimensionamento, onde é recomendável projetar vigas para que em eventual sobrecarga, a ruptura seja realizada de forma dúctil, apresentando deformações que indicam risco de ruptura, ao adotar nos cálculos os estádio III e domínio III. E todos os procedimentos de cálculo foram programados na linguagem JavaScript, todos os códigos deste programa estão disponíveis para os que o acessarem via navegador de internet, nos arquivos fontes da página, visíveis nas ferramentas de desenvolvedor do navegador.

O programa foi construído em etapas. Em princípio um *shell*, ou seja, uma estrutura maior que contém os módulos menores. A maior contém a estrutura de apresentação de conteúdo, e os módulos menores são os programas de viga retangular, e outro de viga T.

Sendo assim, módulos com outras funcionalidades podem ser acrescentados posteriormente, em quantidades que podem crescer indefinidamente, sem problemas, aproveitando-se de todo o *shell* preparado para o programa Vigas, deixando a porta aberta para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**. 4.ed., v.1, Rio Grande: Dunas, 2014. 269p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 238p.
- BASTOS, Paulo S. Dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**.: Notas de aula. Bauru: Unesp, 2006, 81p.
- BASTOS, Paulo S. Dos Santos. **Flexão Normal Simples**.: Notas de aula. Bauru: Unesp, 2020, 74p.
- CAELUM. **DESENVOLVIMENTO WEB COM HTML, CSS E JAVASCRIPT**. Ano 2018. Disponível em: <https://www.caelum.com.br/download/caelum-html-css-javascript.pdf>. Acesso em 10/06/2021.
- CAMACHO, Jefferson Sidney. **CONCRETO ARMADO I ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO: FISSURAÇÃO - DEFORMAÇÃO**.: Ilha Solteira: Unesp, 2009, 42p.
- CARVALHO, R.C.; FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4.ed. São Carlos: Udufscar, 2014. 415p.
- CARVALHO, R.C.; PINHEIRO L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: volume 2**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2013. 618p.
- LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, v. 1. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1977, 308p.
- MANIAN, Divya. **LAYOUTS IN CSS**. Ano 2011. Disponível em: <http://mezzoblue.com/presentations/2011/fowd/FOWD.pdf>. Acesso em: 09 de Junho de 2018.
- NEGRINO, T.; SMITH, D. **JavaScript and Ajax for the Web: Visual QuickStart Guide**, 6.ed. Peachpit Press, 2007, 512p.
- PEDROSO, F.L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Concreto & Construções – IBRACON, São Paulo, N° 53, p.14, Jan. 2009.
- SONG, Siang Wun. **“A Evolução dos Computadores: do ENIAC ao Jaguar”**. IME/USP e Universidade Federal do ABC, Ano 2010. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~song/mac412/historia.pdf>. Acesso em 10/06/2018.
- VEER, E. A. V. **JavaScript for Dummies**. 4.ed. Hoboken: Wiley Pub, 2005, 387p.
- WILLIAMS, J. L. **Learning HTML5 game programming**. Boston: Addinon-Wesley, 2011, 234p.