



RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CAMPUS VOTUPORANGA

AUTOMATIZAÇÃO DO CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À FLEXÃO SIMPLES

ALUNO: LARISSA DE CARVALHO SILVEIRA

ORIENTADOR: PROF. ME. DOMÍCIO MOREIRA DA SILVA JÚNIOR

NOVEMBRO DE 2016.

RESUMO

Devido à constante modernização de técnicas construtivas na engenharia civil, ao avanço da tecnologia nessa área e no mundo e a velocidade de execução exigida pelo mercado, dificilmente se encontra alguma empresa ou indústria que não faça uso de sistemas informatizados que facilitam o trabalho do profissional. Para isso é importante que o engenheiro saiba estudar, atuar e promover o avanço tecnológico, desenvolvendo novas ferramentas direcionadas à auxiliar a solução dos problemas, a otimização do tempo de trabalho e o rendimento organizacional. Essas ferramentas são chamadas de softwares que processam as informações fornecidas pelo engenheiro realizando o trabalho braçal em poucos minutos. Desta forma, este trabalho visa desenvolver um software que seja capaz de proceder o dimensionamento das armaduras a serem inseridas em peças de concreto armado, utilizando a linguagem Java Script.

Palavras-chave: Programação; Software; Concreto armado.

ABSTRACT

Due to the constant modernization of construction techniques in civil engineering, the advancement of technology in this area and in the world and the execution speed required by the market, there is hardly any company or industry that does not make use of computerized systems that facilitate the work of the professional. For it is important that the engineer knows to study, work and promote technological advances, developing new tools aimed at helping to solve the problems, optimization of working time and organizational performance. These tools are software calls that process the information provided by the engineer doing the legwork in a few minutes. Thus, this work aims to develop a software that is able to undertake the design of the reinforcement to be inserted in parts of reinforced concrete, using Java Script language.

Keywords: *Programming; Software; Reinforced concrete.*

Sumário

INTRODUÇÃO	6
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Determinação das armaduras	7
2.2 Programação aplicada à Engenharia Civil	9
MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 Dados iniciais.	11
3.2 Transformação dos dados iniciais em valores de cálculo.	12
3.3 Determinação da posição da linha neutra (x).	12
3.4 Verificação dos domínios de dimensionamento.	13
3.5 Verificação das condições de ductilidade da viga.	13
3.6 Dimensionamento das armaduras.	14
3.7 Verificações normativas.	15
RESULTADOS OBTIDOS	18
4.1 Etapa 1	19
4.2 Etapa 2	22
4.3 Etapa 3	24
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXO 1	28
• Exemplo 1: Armadura simples sem armadura de pele.	28
• Exemplo 2: Armadura simples com armadura de pele.	30
• Exemplo 3: Armadura dupla sem armadura de pele.	32
• Exemplo 4: Armadura dupla com armadura de pele.	34
ANEXO 2	36
• Página inicial	36
• Função da caixa de seleção da classe de agressividade ambiental	38
• Função do botão calcular	39
• Função para gerar relatório	46

Lista de figuras

Figura 1- Viga biapoiada e diagramas de esforços solicitantes	7
Figura 2- Comportamento resistente de uma viga biapoiada	8
Figura 3- Diagrama de deformação dos domínios 2,3 e 4.	8
Figura 4- Seção transversal típica de uma viga, indicando as dimensões notáveis	11
Figura 5- Disposição da armadura de pele Asp em cada face e com espaçamento $e < 20$ cm na seção transversal de vigas com $h > 60$ cm	16
Figura 6- Espaçamentos livres mínimos entre as faces das barras de aço longitudinais.....	17
Figura 7- Página inicial do NEV – Núcleo de Engenharia Virtual.	18
Figura 8- Área de dimensionamento de estruturas de concreto.	18
Figura 8- Área de dimensionamento de estruturas de concreto.	19
Figura 9- Tela inicial do software.	19
Figura 10- Caixa de seleção para o valor de agressividade ambiental.	20
Figura 11- Cobrimento mínimo e máxima relação água/cimento de acordo com a agressividade ambiental.	20
Figura 12- Caixa de seleção para os valores de resistência característica.	20
Figura 13- Caixa de seleção para o diâmetro do estribo.	21
Figura 14- Alerta de incompatibilidade do f_{ck} para a classe de agressividade ambiental selecionada.	21
Figura 15- Alerta da existência de algum campo vazio.	21
Figura 16- Botão para executar a função calcular.	22
Figura 17- Valores de cálculo para armadura simples sem armadura de pele.	22
Figura 18- Valores de cálculo para armadura simples com armadura de pele.....	23
Figura 19- Valores de cálculo para armadura dupla sem armadura de pele.	23
Figura 20- Valores de cálculo para armadura dupla com armadura de pele.	23
Figura 21- Alerta para linha neutra negativa.....	24
Figura 22- Botão para a criação do relatório.....	24
Figura 23- Alerta para a limpeza dos dados de navegação.	25

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Segundo (PINHEIRO, MUZARDO E SANTOS, 2007), a correta proporção de cimento, areia, brita e água recebe o nome de concreto, um material facilmente encontrado em todos os estados brasileiros e altamente moldável, sendo utilizado em larga escala nas diferentes etapas do processo construtivo de obras de diferentes tipos e formatos, tais como pontes, prédios, aeroportos e rodovias, tornando-se o material estrutural mais utilizado do mundo.

Ainda segundo os autores, o concreto em estado fresco possui alta trabalhabilidade e capacidade de se adaptar a diferentes formas e, no estado endurecido, elevada resistência à compressão e baixa resistência à tração. Para suprir esta deficiência são inseridas armaduras no interior das peças, geralmente constituídas por barras de aço. O concreto aderido a estas armaduras forma o que conhecemos como concreto armado, dando origem a uma estrutura monolítica que tem a capacidade de resistir a todos os esforços solicitantes. Quando comparado ao concreto não armado, possui maior segurança contra o fogo, devido à alta ductilidade do aço, elevada resistência à choques e vibrações, e peso próprio elevado, além de possuir maior custo, proporcional a quantidade de armadura a ser utilizada.

De acordo com (BASTOS, 2015), em se tratando de estruturas de concreto armado, os três elementos estruturais mais importantes são lajes, vigas e pilares. Como a determinação das armaduras segue um processo diferente para cada elemento a ser dimensionado, este trabalho tem por objetivo desenvolver um software capaz de calcular a área de aço a ser inserida em vigas de concreto armado sujeitas a flexão simples, bem como fazer as verificações normativas relacionadas às armaduras mínimas e construtivas.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão apresentadas revisões literárias a respeito do comportamento estrutural do concreto armado e também da importância do desenvolvimento de softwares para engenharia civil.

2.1 Determinação das armaduras

(BASTOS, 2015) afirma que os materiais que compõem as vigas de concreto armado sofrem deformações quando submetidas a flexão simples, decorrentes de uma carga aplicada na peça, com isso ela se deforma sem fissurar enquanto o concreto conseguir resistir aos esforços de tração, o chamado Estádio 1, o que é muito rápido, pois a resistência à tração do concreto é extremamente baixa. Mas assim que a tensão de tração atuante ultrapassa a capacidade de resistência à tração do concreto a peça começa a apresentar fissuras, iniciando o que é conhecido como Estádio 2. Apesar do concreto resistir muito pouco aos esforços de tração ele resiste bem aos de compressão, desta forma, para que o concreto possa ser utilizado nas aplicações do cotidiano, é importante a inserção de barras de aço na região tracionada da peça, com a finalidade de garantir a resistência à este tipo de esforço. Quando se posiciona armaduras apenas na região tracionada, tem-se a chamada “armadura simples”. As Figura 1 e Figura 2 ajudam ilustrar melhor estes conceitos.

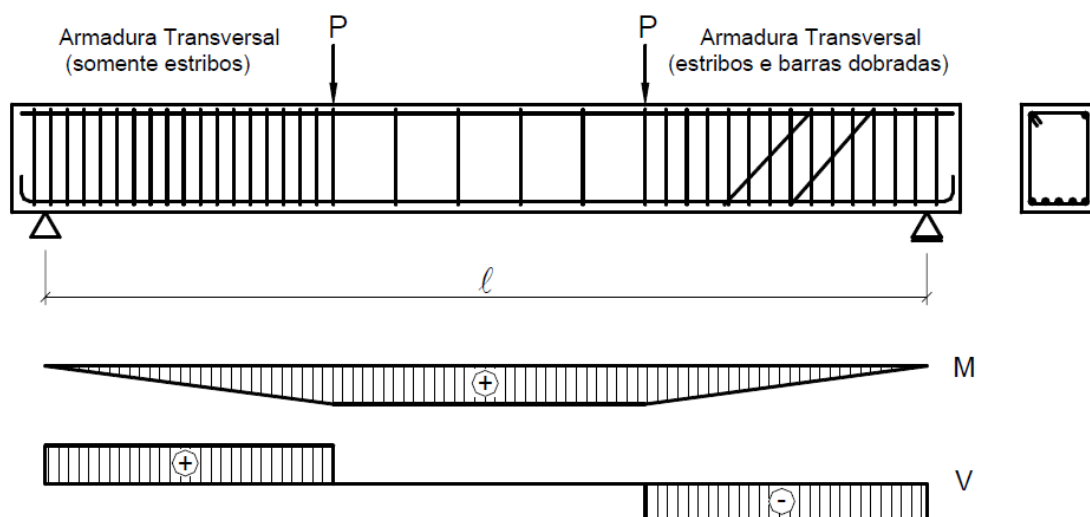


Figura 1- Viga biapoiada e diagramas de esforços solicitantes
(LEONHARDT & MÖNNIG, 1982 APUD BASTOS, 2015).

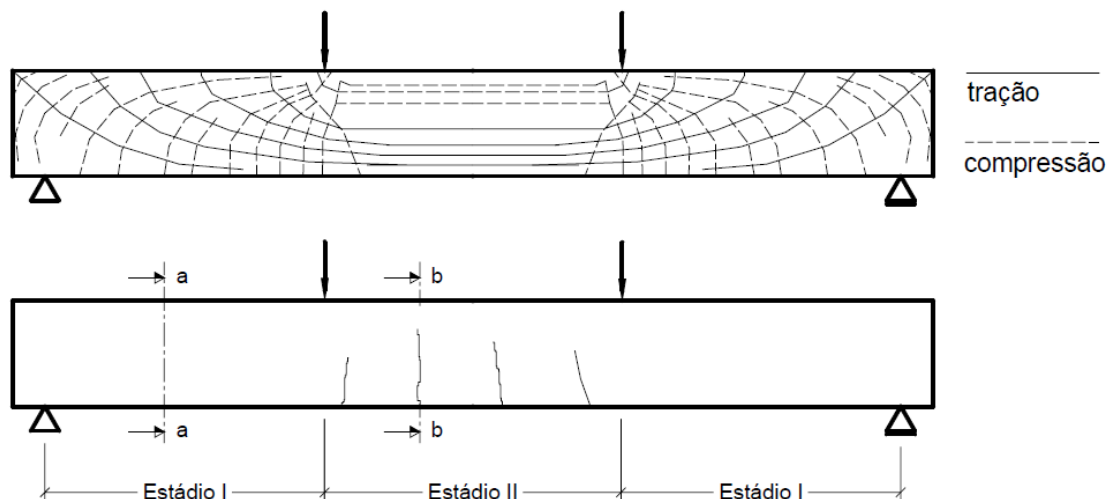


Figura 2- Comportamento resistente de uma viga biapoiada (LEONHARDT & MÖNNIG, 1982 APUD BASTOS, 2015).

De posse destes estádios de distribuição de tensões no concreto, é possível determinar um diagrama que apresente todos os domínios que representam as distribuições possíveis de deformações específicas da seção transversal de uma peça de concreto armado, no instante em que ela atinge um estado limite último (ELU). De acordo com (BASTOS, 2015), as deformações nos materiais componentes das vigas de concreto armado submetidas a flexão simples encontram-se nos domínios 2, 3 ou 4.

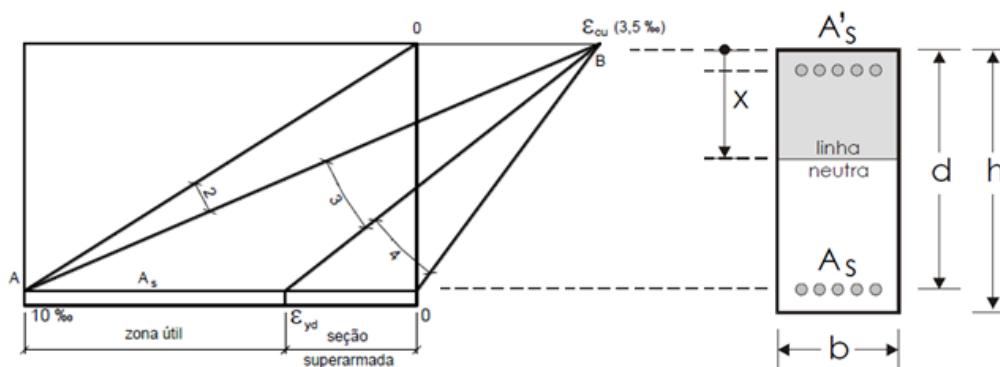


Figura 3- Diagrama de deformação dos domínios 2,3 e 4. (ADAPTADO DE BASTOS, 2015).

(BASTOS, 2015) afirmar que a deformação de alongamento na armadura tracionada (ϵ_{sd}) no Domínio 2 é igual a 10‰ e a deformação de encurtamento na fibra mais comprimida de concreto (ϵ_{cd}) varia entre 0 e 3,5‰. Portanto se existir possibilidade de ruptura existirá um “aviso prévio”, ou seja, a fissuração ocorrerá antes da ruptura por esmagamento do concreto na região comprimida. Logo, as vigas dimensionadas nesse domínio são chamadas de subarmadas e a armadura tracionada é econômica, pois é aproveitada a máxima tensão possível apenas do aço.

No Domínio 3, de acordo com (BASTOS, 2015), a deformação de alongamento na armadura tracionada varia entre a deformação de início de escoamento do aço (ϵ_{yd}) e 10‰ e a deformação de encurtamento na fibra mais comprimida de concreto é de 3,5‰, valor máximo. Portanto antes de ocorrer a ruptura existe também um “aviso prévio”. As vigas dimensionadas nesse domínio são chamadas de normalmente armadas e é aproveitada a máxima tensão possível do concreto e do aço.

Já no Domínio 4 a deformação de alongamento na armadura tracionada, segundo (BASTOS, 2015), é menor que (ϵ_{yd}), fazendo o aço não atinja a tensão de escoamento, desta forma, a peça sofrerá ruptura brusca, por meio do esmagamento do concreto na região comprimida. As vigas dimensionadas nesse domínio são chamadas de superarmadas e a armadura é antieconômica, pois não aproveita a máxima tensão do aço.

Desta forma, é importante fazer com que as vigas de concreto armado sejam dimensionadas sempre nos Domínios 2 e 3, e nunca no Domínio 4. Quando, por conta de diversos fatores, a viga se encontrar no Domínio 4, é possível inserir armaduras também na região comprimida, para evitar a ruptura por esmagamento do concreto. Neste caso, tem-se o que se conhece por “armadura dupla”.

2.2 Programação aplicada à Engenharia Civil

Conforme (REZENDE E SILVA, 2005), nos últimos anos muitos métodos, técnicas e ferramentas foram disponibilizados para auxiliar no desenvolvimento de softwares, e segundo (ALBERTINI, 2005), esses softwares tornam os projetos mais ágeis e confiáveis.

Desenvolver um software ou programar significa criar uma série de instruções que serão processadas pelo computador em uma determinada sequência, fazendo com que este execute o trabalho braçal em poucos minutos. Porém, os computadores são apenas uma ferramenta, sendo necessário, portanto, dizer qual a tarefa que deve ser executada por ele, por isso cabe ao Engenheiro conhecer e fornecer os dados corretos para determinado programa. Essa comunicação entre o humano e a máquina leva o nome de linguagem de programação, afirma (COMECE A..., 20--).

Segundo (MEDINA E FERTIG, 2005), a linguagem de programação é feita em forma de algoritmo, que tem como uma de suas definições ser uma sequência detalhada de ações a serem executadas para realizar alguma tarefa. O conjunto de instruções que o computador pode executar é conhecido como linguagem de máquina, que é a primeira linguagem de programação do computador. Dessa forma é possível classificar as linguagens de programação em baixo nível e alto nível. As de baixo nível são aquelas muito semelhantes à linguagem da máquina, dependentes do processador, sendo necessário conhecer os registradores da máquina. Com o

intuito de aumentar a produtividade dos programadores e a portabilidade dos programas, criaram-se as linguagens de alto nível, que possuem códigos mais elaborados e operações mais complexas, mas que independem do processador, aproximando-se da linguagem natural e da lógica humana. Porém, para que o computador possa processá-las é necessário que os comandos sejam traduzidos para a linguagem de máquina, o que é feito por meio de um compilador.

Um exemplo de linguagem de programação de alto nível, utilizada no presente trabalho, é a linguagem *Java*, que conforme (ARNOLD, GOSLING e HOLMES, 2007), tem sido calorosamente recebida pela comunidade mundial de programadores e provedores de conteúdo para a internet.

O *Java* permite a criação de programas mais elaborados, pois os códigos são portáteis, ou seja, independem da plataforma mediante nova compilação do código-fonte, afirma (MEDINA E FERTIG, 2005).

De acordo com (A IMPORTÂNCIA..., 2013), o objetivo de aprender a lógica de programação é ser capaz de desenvolver um raciocínio para solucionar problemas e automatizar tarefas.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, foi desenvolvido um software capaz de determinar as áreas de aço necessárias para que as vigas de concreto armado tenham capacidade de resistir aos esforços solicitantes. É válido ressaltar que o software calcula o dimensionamento apenas para vigas de concreto armado com aço CA-50 e concreto de no máximo 50MPa. Desta maneira, o *software* executa as seguintes etapas:

3.1 Dados iniciais.

Inicialmente o usuário deve informar os parâmetros para dimensionamento, conforme a seguir:

- Base da viga (b);
- Altura da viga (h);
- Distância da face inferior da viga até o centro de gravidade da armadura tracionada (d');
- Distância da face superior da viga até o centro de gravidade da armadura comprimida (d'');
- Resistência característica do concreto à compressão (f_{ck});
- Tensão de escoamento característica do aço (f_{yk});
- Momento característico atuante (M_k);
- Coeficiente de majoração das forças atuantes (γ_f);
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto (γ_c);
- Coeficiente de minoração da tensão de escoamento do aço (γ_s).

A Figura 4 ilustra as dimensões notáveis da seção transversal de uma viga.

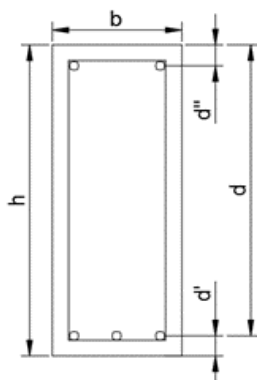


Figura 4- Seção transversal típica de uma viga, indicando as dimensões notáveis

3.2 Transformação dos dados iniciais em valores de cálculo.

No dimensionamento estrutural, por motivos de segurança, as forças são majoradas por meio de combinações entre todas ações atuantes na estrutura, e a resistência dos materiais é minorada. Tal procedimento é necessário, pois existe uma grande incerteza quanto as cargas que serão efetivamente aplicadas nos elementos e também em relação a frequência de atuação dos carregamentos provenientes de naturezas diversas.

No caso da seção transversal da viga, considera-se como seção que efetivamente irá trabalhar para resistir os esforços a parcela compreendida entre a fibra mais comprimida e o centro de gravidade da armadura tracionada, a parcela restante é desconsiderada no cálculo, pois a resistência à tração do concreto é desprezada.

Desta forma, os valores inicialmente inseridos pelo usuário são transformados em valores a serem efetivamente utilizados nos cálculos conforme as relações a seguir:

- a) Altura útil da viga (d)

$$d = h - d' \quad \text{EQ. 1}$$

- b) Momento de cálculo (M_d)

$$M_d = M_k * \gamma_f \quad \text{EQ. 2}$$

- c) Resistência de cálculo do concreto à compressão (f_{cd})

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \text{EQ. 3}$$

- d) Tensão de escoamento de cálculo do aço (f_{yd})

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{EQ. 4}$$

3.3 Determinação da posição da linha neutra (x).

A linha neutra é a região da viga que marca a divisão entre as tensões de tração e compressão. Sua determinação é importante, pois, dentre vários fatores, é sua localização que

determina em qual domínio de dimensionamento a seção transversal se encontra. Sua posição é demarcada levando em consideração a distância entre a fibra mais comprimida da viga e a profundidade encontrada com a utilização da Equação 5.

$$x = 1,25 * d * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 * f_{cd} * b * d^2}} \right) \quad \text{EQ. 5}$$

3.4 Verificação dos domínios de dimensionamento.

De posse do valor da linha neutra, é possível determinar em qual domínio de dimensionamento a viga se encontra e, a princípio, nos domínios 2 e 3 a viga será dimensionada utilizando armadura simples e no domínio 4, com a utilização de armadura dupla. Os limites entre os domínios de dimensionamento para o aço CA-50 estão apresentados a seguir:

- a) Limite entre os domínios 2 e 3 ($x_{23,lim}$)

$$x_{23,lim} = 0,259 * d \quad \text{EQ. 6}$$

- b) Limite entre os domínios 3 e 4 ($x_{34,lim}$)

$$x_{34,lim} = 0,628 * d \quad \text{EQ. 7}$$

- c) Verificação

Se $x < x_{23,lim}$	→	domínio 2	→	armadura simples
Se $x_{23,lim} < x < x_{34,lim}$	→	domínio 3	→	armadura simples
Se $x > x_{34,lim}$	→	domínio 4	→	armadura dupla

3.5 Verificação das condições de ductilidade da viga.

A NBR 6118:2014 em seu item 14.6.4.3, página 90, afirma que a capacidade de rotação dos elementos estruturais é dada em função da posição da linha neutra no Estado Limite Último (ELU) e, quanto menor for a relação entre a posição da linha neutra e a altura útil da viga (relação “ x/d ”), maior será a capacidade de rotação. Desta maneira, para garantir o comportamento dúctil esperado das vigas quando no ELU, a relação “ x/d ” deve obedecer aos seguintes limites:

- a) $x/d \leq 0,45$: para concretos com $f_{ck} \leq 50\text{MPa}$
- b) $x/d \leq 0,35$: para concretos com $50\text{MPa} < f_{ck} \leq 90\text{MPa}$

Sendo assim, mesmo a viga estando no domínio 3, caso a relação “x/d” seja maior que os limites estabelecidos acima, a mesma deverá ser dimensionada utilizando armadura dupla.

3.6 Dimensionamento das armaduras.

Feitas todas as verificações com relação aos domínios, inicia-se então o cálculo da área de aço necessária para suportar os esforços solicitantes.

a) Armadura simples

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * (d - 0,4x)} \quad \text{EQ. 8}$$

Em que:

A_s - Área de aço (cm²);

M_d - Momento de cálculo (kN.cm);

σ_{sd} - Tensão de escoamento cálculo na armadura tracionada (kN/cm²);

d - Altura útil da viga (cm);

x - Posição da linha neutra (cm).

b) Armadura dupla:

$$A_s = \frac{M_{1d}}{f_{yd} * (d - 0,4x)} + \frac{M_{2d}}{f_{yd} * (d - d')} \quad \text{EQ. 9}$$

$$A_s' = \frac{M_{2d}}{\sigma'_{sd} * (d - d')} \quad \text{EQ. 10}$$

Em que:

A_s - Área de aço da armadura tracionada (cm²);

M_{1d} - Parcela do momento fletor que traciona o concreto (kN.cm);

M_{2d} - Parcela do momento fletor que comprime o concreto (kN.cm);

f_{yd} - Tensão de escoamento de cálculo do aço na armadura tracionada (kN/cm²);

d - Altura útil da viga (cm);

x - Posição da linha neutra (cm);

d' - Distância do bordo tracionado até o centro de gravidade da armadura tracionada (cm);

A_s' - Área de aço da armadura de compressão (cm²);

σ'_{sd} - Tensão atuante de cálculo do aço na armadura comprimida (kN/cm²);

3.7 Verificações normativas.

a) Armadura Mínima de Tração

“A armadura mínima de tração, em elementos estruturais armados ou protendidos deve ser determinada pelo dimensionamento da seção a um momento fletor mínimo dado pela expressão a seguir, respeitada a taxa mínima absoluta 0,15%” (NBR 6118:2014, item 17.3.5.2.1).

$$M_{d,min} = 0,8W_0 \times f_{ctk,sup} \quad \text{EQ. 11}$$

Em que:

$M_{d,min}$ - Momento fletor mínimo;

W_0 - Módulo de resistência da seção transversal bruta de concreto, relativo à fibra mais tracionada;

$f_{ctk,sup}$ - resistência característica superior do concreto à tração:

$$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ct,m} \quad \text{EQ. 12}$$

Sendo:

$$f_{ct,m} = 0,3 \sqrt[3]{f_{ck}^2} \quad \text{EQ. 13}$$

Alternativamente, a NBR 6118:2014 prevê que a armadura mínima pode ser considerada atendida se forem respeitadas as taxas da Tabela 1.

Tabela 1 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas (BASTOS, 2015)

Forma da seção	Valores de $\rho_{min}^{(a)}$ (%)														
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Retangular	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256
(a) Os valores de ρ_{min} estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $d/h = 0,8$, $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{min} deve ser recalculado. $\rho_{min} = A_{s,min}/A_c$															

b) Armadura de pele

O item 17.3.5.2.3 da NBR 6118:2014, prevê que nas vigas com $h > 60$ cm deve ser posicionada uma armadura lateral, chamada armadura de pele (Figura 3), composta por barras de CA-50 ou CA-60, com espaçamento não maior que 20 cm e devidamente ancorada nos apoios. A função desta armadura é garantir a estabilidade do conjunto de barras durante a concretagem e deve possuir uma área de aço mínima, em cada face da viga, igual a:

$$A_{s_{p, face}} = 0,10\%_{Ac, alma} = 0,0010 \times b_w \times h \quad \text{EQ. 14}$$

A Figura 5 ilustra a disposição das armaduras de pele.

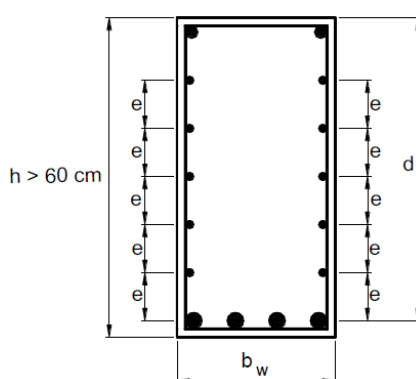


Figura 5- Disposição da armadura de pele A_{sp} em cada face e com espaçamento $e < 20$ cm na seção transversal de vigas com $h > 60$ cm
(BASTOS, 2015)

Em vigas com altura inferior à 60cm, a armadura de pele é dispensada, porém alguns autores como (BASTOS, 2015), recomendam que seja utilizada armadura de pele para vigas com altura superior a 50cm, para controlar melhor os problemas de fissuração.

c) Espaçamento livre entre as faces das barras longitudinais

A NBR6118:2014 em seu item 18.3.2.2 recomenda que, para garantir que o concreto penetre facilmente entre as armaduras, para propiciar a correta aderência entre ambos, os espaçamentos livres entre as barras de aço devem ser, no mínimo:

- Na horizontal

$$a_{h,min} \geq \begin{cases} 2,0\text{cm} \\ \emptyset \\ 1,2d_{max,agr} \end{cases}$$

- Na vertical

$$a_{v,min} \geq \begin{cases} 2,0\text{cm} \\ \emptyset \\ 0,5d_{max,agr} \end{cases}$$

Em que:

$a_{h,min}$ - espaçamento livre horizontal mínimo entre as faces de duas barras da mesma camada;

$a_{v,min}$ - espaçamento livre vertical mínimo entre as faces de duas barras de camadas adjacentes;

$d_{máx,agr}$ - dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto;

$\emptyset$ - diâmetro da barra, do feixe ou da luva.

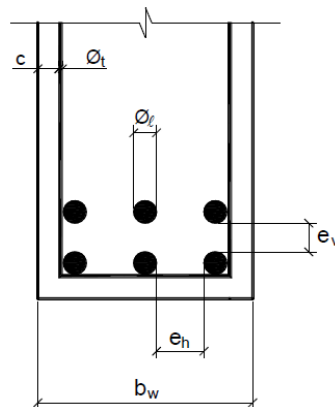


Figura 6- Espaços livres mínimos entre as faces das barras de aço longitudinais
(BASTOS, 2015)

CAPÍTULO 4

RESULTADOS OBTIDOS

As imagens a seguir ilustram o passo a passo do funcionamento do software para o cálculo das áreas necessárias para o dimensionamento de armaduras longitudinais em vigas de concreto armado submetidas a flexão simples.

Para utilizar o programa, entre no site: <http://vtp.ifsp.edu.br/nev/> e busque pela área de dimensionamento de estruturas de concreto, conforme as figuras a seguir:



Figura 7- Página inicial do NEV – Núcleo de Engenharia Virtual.

Fonte: a própria autora



Figura 8- Área de dimensionamento de estruturas de concreto.

Fonte: a própria autora

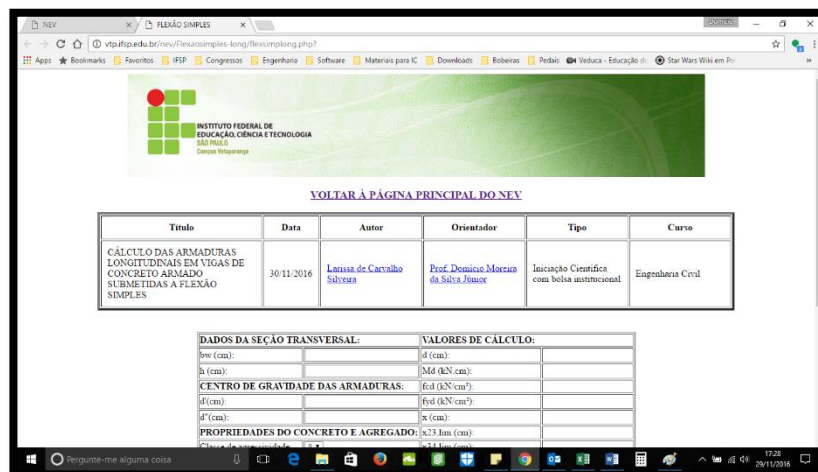


Figura 9- Tela inicial do software na página do NEV.

Fonte: a própria autora

4.1 Etapa 1

Sabendo que o *software* foi desenvolvido para aço CA-50 e concreto de no máximo 50MPa, e que os valores de majoração, minoração e módulo de elasticidade são fixos de acordo com as prescrições normativas, o usuário deve digitar ou selecionar os valores iniciais na primeira coluna da tabela. De acordo com a NBR 6118:2014, a classe de resistência do concreto, a máxima relação água/cimento e o cobrimento mínimo das armaduras se relaciona com a classe de agressividade ambiental. Portanto, automaticamente, ao selecionar um valor para a classe de agressividade ambiental, o programa já calcula o cobrimento mínimo e a relação água cimento. Caso o valor da resistência à compressão escolhido seja incompatível com a classe de agressividade ambiental, ao executar a função calcular o programa exibe um alerta de incompatibilidade e impede o *software* de prosseguir com os cálculos. Além disso, o programa não executa o cálculo caso exista algum campo sem preenchimento, exibindo um alerta para que o usuário volte e preencha todos os valores.

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):		d (cm):	
h (cm):		Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fcd (kN/cm²):	
d (cm):		fyd (kN/cm²):	
d' (cm):		x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	
Classe de agressividade:	0 ▼	x34.lim (cm):	
fck (kN/cm²):	0 ▼	x.lim (cm):	
Cobrimento (cm):		Domínio de dimensionamento:	
max. A.C:		Tipo de armadura:	
dmax.agr (cm):		As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		As' (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	0 ▼	As.max (cm²):	
COEFICIENTES:		<div style="text-align: center;"> CALCULAR IMPRIMIR RELATÓRIO </div>	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):			

Figura 10- Tela inicial do software.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	5	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	
Classe de agressividade:	1	x34.lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2	x.lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	3	Tipo de armadura:	
dmax.agr (cm):	4	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As.max (cm²):	
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 11- Caixa de seleção para o valor de agressividade ambiental.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	
Classe de agressividade:	1	x34.lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2	x.lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	
dmax.agr (cm):	1.9	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As.max (cm²):	
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 12- Cobrimento mínimo e máxima relação água/cimento de acordo com a agressividade ambiental.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	
Classe de agressividade:	2	x34.lim (cm):	
fck (kN/cm²):	10	x.lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	2.5	Tipo de armadura:	
dmax.agr (cm):	3	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	4	As.pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	5	As.min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As.max (cm²):	
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 13- Caixa de seleção para os valores de resistência característica.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23_lim (cm):	
Classe de agressividade:	1	x34_lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2	x_lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	
dmax_agr (cm):	1.9	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As_pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As_min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As_max (cm²):	
COEFICIENTES:		<div>CALCULAR</div> <div>IMPRIMIR RELATÓRIO</div>	
γc:	1.0		
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 14- Caixa de seleção para o diâmetro do estribo.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23_lim (cm):	
Classe de agressividade:	3	x34_lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2	x_lim (cm):	
Cobrimento (cm):	4	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	0.55	Tipo de armadura:	
dmax_agr (cm):	1.9	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As_pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As_min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As_max (cm²):	
COEFICIENTES:		<div>CALCULAR</div> <div>IMPRIMIR RELATÓRIO</div>	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Essa página diz: fck incompatível com a agressividade ambiental, por favor selecione outro valor

☐ Impedir que esta página crie caixas de diálogo adicionais.

OK

Figura 15- Alerta de incompatibilidade do f_{ck} para a classe de agressividade ambiental selecionada.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23_lim (cm):	
Classe de agressividade:	1	x34_lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2	x_lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	
dmax_agr (cm):	1.9	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As_pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As_min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5	As_max (cm²):	
COEFICIENTES:		<div>CALCULAR</div> <div>IMPRIMIR RELATÓRIO</div>	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):			

Essa página diz: Digite um valor para Mk

☐ Impedir que esta página crie caixas de diálogo adicionais.

OK

Figura 16- Alerta da existência de algum campo vazio.

Fonte: a própria autora

4.2 Etapa 2

Com todos os campos da primeira coluna preenchidos pode-se executar a função calcular, que imprimirá os valores de cálculo na segunda coluna da tabela. Quando a posição da linha neutra é um valor negativo, um alerta é exibido para que o usuário digite um valor menor para o momento característico.

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	
d''(cm):	4	x (cm):	
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	
Classe de agressividade:	1 ▾	x34.lim (cm):	
fck (kN/cm²):	2 ▾	x.lim (cm):	
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	
dmax.agr (cm):	1.9	As (cm²):	
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▾	As.max (cm²):	
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 17- Botão para executar a função calcular.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES			
DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	45
h (cm):	50	Md (kN.cm):	14000
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	1.43
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	43.48
d''(cm):	4	x (cm):	19.34
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	11.66
Classe de agressividade:	1 ▾	x34.lim (cm):	28.26
fck (kN/cm²):	2 ▾	x.lim (cm):	20.25
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	3
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	SIMPLES
dmax.agr (cm):		As (cm²):	8.64
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	0
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	DISPENSÁVEL
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	1.50
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▾	As.max (cm²):	40.00
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 18- Valores de cálculo para armadura simples sem armadura de pele.

Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	40	d (cm):	58
h (cm):	65	Md (kN.cm):	23800
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	1.79
d' (cm):	7	fyd (kN/cm²):	43.48
d'' (cm):	5	x (cm):	9.01
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	15.02
Classe de agressividade:	1 ▼	x34.lim (cm):	36.42
fck (kN/cm²):	2.5 ▼	x.lim (cm):	26.10
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	2
max. A.C:	0.65	Tipo de armadura:	SIMPLES
dmax.agr (cm):	1.9	As (cm²):	10.06
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	0
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	2.60
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	3.90
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▼	As.max (cm²):	104.00
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	17000		

Figura 19- Valores de cálculo para armadura simples com armadura de pele.
Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	45
h (cm):	50	Md (kN.cm):	21980
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	1.79
d' (cm):	5	fyd (kN/cm²):	43.48
d'' (cm):	4	x (cm):	26.23
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	11.66
Classe de agressividade:	1 ▼	x34.lim (cm):	28.26
fck (kN/cm²):	2.5 ▼	x.lim (cm):	20.25
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	3
max. A.C:	0.65	Tipo de armadura:	DUPLA
dmax.agr (cm):	1.9	As (cm²):	13.46
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	2.15
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	DISPENSÁVEL
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	1.50
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▼	As.max (cm²):	40.00
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	15700		

Figura 20- Valores de cálculo para armadura dupla sem armadura de pele.
Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO:	
bw (cm):	20	d (cm):	60
h (cm):	65	Md (kN.cm):	28000
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	1.43
d' (cm):	5	fyd (kN/cm²):	43.48
d'' (cm):	4	x (cm):	30.03
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23.lim (cm):	15.54
Classe de agressividade:	1 ▼	x34.lim (cm):	37.68
fck (kN/cm²):	2 ▼	x.lim (cm):	27.00
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	3
max. A.C:	0.65	Tipo de armadura:	DUPLA
dmax.agr (cm):		As (cm²):	12.97
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's (cm²):	0.90
fyk (kN/cm²):	CA-50	As.pele (cm²):	1.30
Es (kN/cm²):	20.000	As.min (cm²):	1.95
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▼	As.max (cm²):	52.00
COEFICIENTES:		CALCULAR	
γc:	1.40	IMPRIMIR RELATÓRIO	
γs:	1.15		
γf:	1.40		
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	20000		

Figura 21- Valores de cálculo para armadura dupla com armadura de pele.
Fonte: a própria autora

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:

bw (cm): 20
h (cm): 50

CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:

d' (cm): 5
d'' (cm): 4

PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:

Classe de agressividade: 1
fck (kN/cm²): 2
Cobrimento (cm): 2.5
max. A/C: 0.65
dmax.agr (cm): 1.9

PROPRIEDADES DO AÇO:

fyk (kN/cm²): CA-50
Es (kN/cm²): 20.000
Diâmetro do estribo (mm): 5

COEFICIENTES:

γc: 1.40
γs: 1.15
γf: 1.40

ESFORÇO SOLICITANTE:

Mk (kN.cm): 20000

VALORES DE CÁLCULO:

d (cm):
Md (kN.cm):
fed (kN/cm²):
fyd (kN/cm²):
x (cm):
x23.lim (cm):
x34.lim (cm):
x.lim (cm):
Domínio de dimensionamento:
Tipo de armadura:
As (cm²):
A's (cm²):
As.pele (cm²):
As.min (cm²):
As.max (cm²):

CALCULAR

IMPRIMIR RELATÓRIO

Essa página diz:
LN < 0 -> Digite um valor menor para Mk
☐ Impedir que esta página crie caixas de diálogo adicionais.

Figura 22- Alerta para linha neutra negativa.
Fonte: a própria autora

4.3 Etapa 3

Após obter todos os valores de calculado o software gera um relatório do tipo “memória de cálculo” em que todos os cálculos executados serão imprimidos, para documentação do projeto estrutural. Antes de executar a impressão do relatório o programa exibe um alerta sugerindo a limpeza dos dados de navegação para evitar que alguma informação armazenada na memória do navegador atrapalhe a criação do relatório.

Alguns exemplos de relatório estão no anexo 1.

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:

bw (cm): 20
h (cm): 50

CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:

d' (cm): 5
d'' (cm): 4

PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:

Classe de agressividade: 1
fck (kN/cm²): 2
Cobrimento (cm): 2.5
max. A/C: 0.65
dmax.agr (cm): 1.9

PROPRIEDADES DO AÇO:

fyk (kN/cm²): CA-50
Es (kN/cm²): 20.000
Diâmetro do estribo (mm): 5

COEFICIENTES:

γc: 1.40
γs: 1.15
γf: 1.40

ESFORÇO SOLICITANTE:

Mk (kN.cm): 10000

VALORES DE CÁLCULO:

d (cm): 45
Md (kN.cm): 14000
fed (kN/cm²): 1.43
fyd (kN/cm²): 43.48
x (cm): 19.34
x23.lim (cm): 11.66
x34.lim (cm): 28.26
x.lim (cm): 20.25
Domínio de dimensionamento: 3
Tipo de armadura: SIMPLES
As (cm²): 8.64
A's (cm²): 0
As.pele (cm²): DISPENSÁVEL
As.min (cm²): 1.50
As.max (cm²): 40.00

CALCULAR

IMPRIMIR RELATÓRIO

Figura 23- Botão para a criação do relatório.
Fonte: a própria autora

file:///C:/Users/laris/OneDrive/Documents/IC/calcV/PROGRAMA.html

Apps hotmail IFSP Facebook WhatsApp YouTube Gmail

CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS

Essa página diz: ATENÇÃO: limpe o cache do navegador para garantir a correta geração do relatório

OK

SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL:		VALORES DE CÁLCULO	
bw (cm):	20	d (cm):	
h (cm):	50	Md (kN.cm):	
CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS:		fed (kN/cm²):	1.43
d'(cm):	5	fyd (kN/cm²):	43.48
d''(cm):	4	x (cm):	19.34
PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO:		x23,lim (cm):	11.66
Classe de agressividade:	1 ▼	x34,lim (cm):	28.26
fck (kN/cm²):	2 ▼	x,lim (cm):	20.25
Cobrimento (cm):	2.5	Domínio de dimensionamento:	3
max. A/C:	0.65	Tipo de armadura:	SIMPLES
dmax.agr (cm):		As (cm²):	8.64
PROPRIEDADES DO AÇO:		A's(cm²):	0
fyk (kN/cm²):	CA-50	As,pele (cm²):	DISPENSÁVEL
Es (kN/cm²):	20.000	As,min (cm²):	1.50
Diâmetro do estribo (mm):	5 ▼	As,max (cm²):	40.00
COEFICIENTES:		<div>CALCULAR</div>	
γc:	1.40		
γs:	1.15		
γf:	1.40	<div>IMPRIMIR RELATÓRIO</div>	
ESFORÇO SOLICITANTE:			
Mk (kN.cm):	10000		

Figura 24- Alerta para a limpeza dos dados de navegação.
Fonte: a própria autora

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Após concluir o presente trabalho tem-se um software apto a realizar os cálculos para o dimensionamento das armaduras longitudinais em vigas de concreto armado. O software permite o aumento da produtividade devido ao fato de automatizar cálculos longos e repetitivos, dando ao profissional mais tempo para estudar possíveis soluções de problemas.

Uma das vantagens deste software é a disponibilidade do mesmo online na página do NEV (Núcleo de Engenharia Virtual), o que permite o acesso livre de qualquer lugar que possua internet e dispensa a necessidade de instalação do programa no computador do usuário. Além disso, o software gera um relatório do tipo “memória de cálculo”, em que o usuário pode acompanhar todos os cálculos e verificações executados de acordo com as imposições normativas.

Tem-se, portanto, uma ferramenta capaz de auxiliar pequenas empresas, estudantes e pesquisadores, otimizando os processos e minimizando as falhas.

É válido ressaltar que, como o projeto faz parte dos trabalhos de um grupo de pesquisa, já existe intenções de desenvolvimento de novas ferramentas para o dimensionamento de armaduras longitudinais em vigas T, armaduras transversais, lajes, pilares, entre outros tipos de estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A importância de saber programar, Blog do Pet Civil, 2013. Disponível em: <http://blogdopetcivil.com/2013/03/06/a-importancia-de-saber-programar/>, acesso em: março de 2016.

Albertini, M. M., **Automatização dos Processos de Dimensionamento de Elementos Estruturais em Concreto Armado**. 2005, 139 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Curso de Engenharia Civil, Universidade Camilo Castelo Branco, Fernandópolis, 2005.

Arnold, K., Gosling, J., Holmes, D., **A Linguagem de Programação Java**. São Paulo: Editora Bookman, 2007, 800p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro. Abnt. 2003. 259 p.

Bastos, P. S. S., **Flexão Normal Simples**. Notas de Aula, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Civil, Bauru, 2015.

Comece a programar: O que é programação? Programação Progressiva, 20---. Disponível em: <http://www.programacaoprogessiva.net/2012/08/serie-comece-programar-2-o-que-e.html>, acesso em: março de 2016.

HTML: The language for building web pages. Disponível em: <http://www.w3schools.com/>, acesso em: novembro de 2016.

Medina, M., Fertig, C., **Algoritmos e Programação: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Novatec, 2005, 384p.

pdfmake. Disponível em: <http://pdfmake.org/#/>, acesso em: novembro de 2016.

Pinheiro, L. M., Muzardo, C. D., Santos, S. P., **Estruturas de Concreto**. São Carlos, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007.

Rezende, A. M. P., Silva, C. C., **Programação Orientada a Objetos com Java 6: Curso Universitário**. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2005, 492p.

ANEXO 1

A seguir tem-se alguns exemplos de relatórios gerados pelo software.

- **Exemplo 1: Armadura simples sem armadura de pele.**



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus Voluparanga

NEV: Núcleo de Engenharia Virtual
Título: CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO
SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES
Data: Novembro/2016
Autor: Larissa de Carvalho Silveira
Orientador: Prof. Domicio Moreira da Silva Junior
Tipo: Iniciação Científica
Curso: Engenharia Civil

DADOS INICIAIS

$h = 50 \text{ cm}$
 $b = 20 \text{ cm}$
 $d_{\text{linha}} = 5 \text{ cm}$
 $d_{2\text{linha}} = 4 \text{ cm}$
 $M_k = 10000 \text{ kN.cm}$
 $f_{ck} = 2 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$
 $j_f = 1.40$
 $j_s = 1.15$
 $j_c = 1.40$

VALORES DE CÁLCULO

$d = h - d_{\text{linha}} = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$
 $M_d = M_k \cdot \gamma_f = 10000 \cdot 1.40 = 14000 \text{ kN.cm}$
 $f_{cd} = f_{ck} / j_c = 2 / 1.40 = 1.43 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{yd} = f_{yk} / j_s = 50 / 1.15 = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA

$x = 1.25 \cdot d \cdot (1 - (1 - (M_d / (0.425 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2)))^{1/2})$
 $x = 1.25 \cdot 45 \cdot (1 - (1 - (14000 / (0.425 \cdot 1.43 \cdot 20 \cdot 45^2)))^{1/2})$
 $x = 19.34 \text{ cm}$

VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS

$x_{23\text{lim}} = 0.259 \cdot d = 0.259 \cdot 45 = 11.66 \text{ cm}$
 $x_{34\text{lim}} = 0.628 \cdot d = 0.628 \cdot 45 = 28.26 \text{ cm}$
 $D = x/d = 19.34 / 45 = 0.43 \text{ (Ductilidade)}$

$x_{23lim} < x < x_{34lim}$ e $D \leq 0.45 \rightarrow 11.66 \text{ cm} < 19.34 \text{ cm} < 28.26 \text{ cm}$ e $0.43 \leq 0.45$

DOMÍNIO 3 - ARMADURA SIMPLES

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO

$A_s = M_d / (f_y d (d - (0.4 * x)))$
 $A_s = 14000 / (43.48 * (45 - (0.4 * 19.34)))$
 $A_s = 8.64 \text{ cm}^2$ (Armadura de Tração)

VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS MÍNIMAS E MÁXIMAS DE TRAÇÃO

$A_{smin} = 0.0015 * b * h = 0.0015 * 20 * 50 = 1.50 \text{ cm}^2$

$A_{smin} < A_s \rightarrow A_s = 8.64 \text{ cm}^2$

$A_{smax} = 0.04 * b * h = 0.04 * 20 * 50 = 40.00 \text{ cm}^2$

$A_s < A_{smax} \rightarrow A_s = 8.64 \text{ cm}^2$

$h < 60 \text{ cm} \rightarrow$ ARMADURA DE PELE DISPENSÁVEL

- **Exemplo 2: Armadura simples com armadura de pele.**



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campos Voluporanga

NEV: Núcleo de Engenharia Virtual
Título: CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO
SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES
Data: Novembro/2016
Autor: Larissa de Carvalho Silveira
Orientador: Prof. Domicio Moreira da Silva Junior
Tipo: Iniciação Científica
Curso: Engenharia Civil

DADOS INICIAIS

$h = 65 \text{ cm}$

$b = 40 \text{ cm}$

$d_{\text{linha}} = 7 \text{ cm}$

$d_{2\text{linha}} = 5 \text{ cm}$

$M_k = 17000 \text{ kN.cm}$

$f_{ck} = 2.5 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$

$j_f = 1.40$

$j_s = 1.15$

$j_c = 1.40$

VALORES DE CÁLCULO

$d = h - d_{\text{linha}} = 65 - 7 = 58 \text{ cm}$

$M_d = M_k \cdot \gamma_f = 17000 \cdot 1.40 = 23800 \text{ kN.cm}$

$f_{cd} = f_{ck} / j_c = 2.5 / 1.40 = 1.79 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yd} = f_{yk} / j_s = 50 / 1.15 = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA

$x = 1.25 \cdot d \cdot (1 - (1 - (M_d / (0.425 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2)))^{1/2})$
 $x = 1.25 \cdot 58 \cdot (1 - (1 - (23800 / (0.425 \cdot 1.79 \cdot 40 \cdot 58^2)))^{1/2})$
 $x = 9.01 \text{ cm}$

VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS

$x_{23\text{lim}} = 0.259 \cdot d = 0.259 \cdot 58 = 15.02 \text{ cm}$

$x_{34\text{lim}} = 0.628 \cdot d = 0.628 \cdot 58 = 36.42 \text{ cm}$

$D = x/d = 9.01 / 58 = 0.16 \text{ (Ductilidade)}$

$x < x_{23lim} \rightarrow 9.01 \text{ cm} < 15.02 \text{ cm}$
DOMÍNIO 2 - ARMADURA SIMPLES

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO

$A_s = M_d / (f_{yd} * (d - (0.4 * x)))$
 $A_s = 23800 / (43.48 * (58 - (0.4 * 9.01)))$
 $A_s = 10.06 \text{ cm}^2$ (Armadura de Tração)

VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS MÍNIMAS E MÁXIMAS DE TRAÇÃO

$A_{smin} = 0.0015 * b * h = 0.0015 * 40 * 65 = 3.90 \text{ cm}^2$

$A_{smin} < A_s \rightarrow A_s = 10.06 \text{ cm}^2$

$A_{smax} = 0.04 * b * h = 0.04 * 40 * 65 = 104.00 \text{ cm}^2$

$A_s < A_{smax} \rightarrow A_s = 10.06 \text{ cm}^2$

$h > 60 \text{ cm}$

$A_{spele} = 0.001 * b * h = 0.001 * 40 * 65 = 2.60 \text{ cm}^2$

- **Exemplo 3: Armadura dupla sem armadura de pele.**



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campos Voluparanga

NEV: Núcleo de Engenharia Virtual
Título: CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO
SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES
Data: Novembro/2016
Autor: Larissa de Carvalho Silveira
Orientador: Prof. Domicio Moreira da Silva Junior
Tipo: Iniciação Científica
Curso: Engenharia Civil

DADOS INICIAIS

$h = 50 \text{ cm}$

$b = 20 \text{ cm}$

$d_{\text{linha}} = 5 \text{ cm}$

$d_{2\text{linha}} = 4 \text{ cm}$

$M_k = 15700 \text{ kN.cm}$

$f_{ck} = 2.5 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$

$j_f = 1.40$

$j_s = 1.15$

$j_c = 1.40$

VALORES DE CÁLCULO

$d = h - d_{\text{linha}} = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$

$M_d = M_k \cdot \gamma_f = 15700 \cdot 1.40 = 21980 \text{ kN.cm}$

$f_{cd} = f_{ck} / j_c = 2.5 / 1.40 = 1.79 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yd} = f_{yk} / j_s = 50 / 1.15 = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA

$x = 1.25 \cdot d \cdot \left(1 - \left(1 - \left(M_d / (0.425 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2) \right) \right)^{1/2} \right)$
 $x = 1.25 \cdot 45 \cdot \left(1 - \left(1 - \left(21980 / (0.425 \cdot 1.79 \cdot 20 \cdot 45^2) \right) \right)^{1/2} \right)$
 $x = 26.23 \text{ cm}$

VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS

$x_{23\text{lim}} = 0.259 \cdot d = 0.259 \cdot 45 = 11.66 \text{ cm}$

$x_{34\text{lim}} = 0.628 \cdot d = 0.628 \cdot 45 = 28.26 \text{ cm}$

$D = x/d = 26.23 / 45 = 0.58 \text{ (Ductilidade)}$

$x_{23lim} < x < x_{34lim}$ e $D > 0.45 \rightarrow 11.66 \text{ cm} < 26.23 \text{ cm} < 28.26 \text{ cm}$ e $0.58 \text{ cm} > 0.45$

DOMÍNIO 3 - ARMADURA DUPLA

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO

$A_s = (M_{d1} / (f_{yd} * (d - (0.4 * x_{lim})))) + (M_{d2} / (f_{yd} * (d - d_{2linha})))$
 $A_s = (18146.89 / (43.48 * (45 - (0.4 * 20.25)))) + (3833.11 / (43.48 * (45 - 4)))$
 $A_s = 13.46 \text{ cm}^2$ (Armadura de Tração)

$E_{sd} = (((0.45 * d) - d_{2linha}) * 0.0035) / (0.45 * d)$
 $E_{sd} = (((0.45 * 45) - 4) * 0.0035) / (0.45 * 45)$
 $E_{sd} = 0.00281 \text{ kN/cm}^2$ (Deformação do aço)

$T = (E_{sd} * 43.5) / 0.00207$
 $T = (0.00281 * 43.5) / 0.00207$
 $T = 59.02 \text{ kN/cm}^2$

$E_{sd} > 0.00207$
 $f_{ylinhad} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$ (Tensão de escoamento do aço na armadura comprimida)

$x_{lim} = 0.45 * d = 0.45 * 45 = 20.25 \text{ cm}$

$M_{d1} = 0.68 * b * x_{lim} * f_{cd} * (d - (0.4 * x_{lim}))$
 $M_{d1} = 0.68 * 20 * 20.25 * 1.79 * (45 - (0.4 * 20.25))$
 $M_{d1} = 18146.89 \text{ kN.cm}$ (Momento que a armadura tracionada suporta)

$M_{d2} = M_d - M_{d1}$
 $M_{d2} = 21980.00 - 18146.89$
 $M_{d2} = 3833.11 \text{ kN.cm}$ (Momento que a armadura comprimida suporta)

$A_{linhas} = M_{d2} / (f_{ylinhad} * (d - d_{2linha}))$
 $A_{linhas} = 3833.11 / (43.50 * (45 - 4))$
 $A_{linhas} = 2.15 \text{ cm}^2$ (Armadura de compressão)

VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS MÍNIMAS E MÁXIMAS DE TRAÇÃO

$A_{smin} = 0.0015 * b * h = 0.0015 * 20 * 50 = 1.50 \text{ cm}^2$

$A_{smin} < A_s \rightarrow A_s = 13.46 \text{ cm}^2$

$A_{smax} = 0.04 * b * h = 0.04 * 20 * 50 = 40.00 \text{ cm}^2$

$A_s < A_{smax} \rightarrow A_s = 13.46 \text{ cm}^2$

$h < 60 \text{ cm} \rightarrow$ ARMADURA DE PELE DISPENSÁVEL

- **Exemplo 4: Armadura dupla com armadura de pele.**



NEV: Núcleo de Engenharia Virtual
Título: CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO
SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES
Data: Novembro/2016
Autor: Larissa de Carvalho Silveira
Orientador: Prof. Domicio Moreira da Silva Junior
Tipo: Iniciação Científica
Curso: Engenharia Civil

DADOS INICIAIS

$h = 65 \text{ cm}$

$b = 20 \text{ cm}$

$d_{\text{linha}} = 5 \text{ cm}$

$d_{2\text{linha}} = 4 \text{ cm}$

$M_k = 20000 \text{ kN.cm}$

$f_{ck} = 2 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$

$j_f = 1.40$

$j_s = 1.15$

$j_c = 1.40$

VALORES DE CÁLCULO

$d = h - d_{\text{linha}} = 65 - 5 = 60 \text{ cm}$

$M_d = M_k \cdot \gamma_f = 20000 \cdot 1.40 = 28000 \text{ kN.cm}$

$f_{cd} = f_{ck} / j_c = 2 / 1.40 = 1.43 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yd} = f_{yk} / j_s = 50 / 1.15 = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA

$x = 1.25 \cdot d \cdot \left(1 - \left(1 - \left(M_d / (0.425 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2) \right) \right)^{1/2} \right)$
 $x = 1.25 \cdot 60 \cdot \left(1 - \left(1 - \left(28000 / (0.425 \cdot 1.43 \cdot 20 \cdot 60^2) \right) \right)^{1/2} \right)$
 $x = 30.03 \text{ cm}$

VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS

$x_{23\text{lim}} = 0.259 \cdot d = 0.259 \cdot 60 = 15.54 \text{ cm}$

$x_{34\text{lim}} = 0.628 \cdot d = 0.628 \cdot 60 = 37.68 \text{ cm}$

$D = x/d = 30.03 / 60 = 0.50 \text{ (Ductilidade)}$

$x_{23lim} < x < x_{34lim}$ e $D > 0.45 \rightarrow 15.54 \text{ cm} < 30.03 \text{ cm} < 37.68 \text{ cm}$ e $0.50 \text{ cm} > 0.45$

DOMÍNIO 3 - ARMADURA DUPLA

DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO

$A_s = (M_{d1} / (f_{yd} * (d - (0.4 * x_{lim})))) + (M_{d2} / (f_{yd} * (d - d_{2linha})))$
 $A_s = (25808.91 / (43.48 * (60 - (0.4 * 27.00)))) + (2191.09 / (43.48 * (60 - 4)))$
 $A_s = 12.97 \text{ cm}^2$ (Armadura de Tração)

$E_{sd} = (((0.45 * d) - d_{2linha}) * 0.0035) / (0.45 * d)$
 $E_{sd} = (((0.45 * 60) - 4) * 0.0035) / (0.45 * 60)$
 $E_{sd} = 0.00298 \text{ kN/cm}^2$ (Deformação do aço)

$T = (E_{sd} * 43.5) / 0.00207$
 $T = (0.00298 * 43.5) / 0.00207$
 $T = 62.65 \text{ kN/cm}^2$

$E_{sd} > 0.00207$
 $f_{ylinhad} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$ (Tensão de escoamento do aço na armadura comprimida)

$x_{lim} = 0.45 * d = 0.45 * 60 = 27.00 \text{ cm}$

$M_{d1} = 0.68 * b * x_{lim} * f_{cd} * (d - (0.4 * x_{lim}))$
 $M_{d1} = 0.68 * 20 * 27.00 * 1.43 * (60 - (0.4 * 27.00))$
 $M_{d1} = 25808.91 \text{ kN.cm}$ (Momento que a armadura tracionada suporta)

$M_{d2} = M_d - M_{d1}$
 $M_{d2} = 28000.00 - 25808.91$
 $M_{d2} = 2191.09 \text{ kN.cm}$ (Momento que a armadura comprimida suporta)

$A_{linhas} = M_{d2} / (f_{ylinhad} * (d - d_{2linha}))$
 $A_{linhas} = 2191.09 / (43.50 * (60 - 4))$
 $A_{linhas} = 0.90 \text{ cm}^2$ (Armadura de compressão)

VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS MÍNIMAS E MÁXIMAS DE TRAÇÃO

$A_{smin} = 0.0015 * b * h = 0.0015 * 20 * 65 = 1.95 \text{ cm}^2$

$A_{smin} < A_s \rightarrow A_s = 12.97 \text{ cm}^2$

$A_{smax} = 0.04 * b * h = 0.04 * 20 * 65 = 52.00 \text{ cm}^2$

$A_s < A_{smax} \rightarrow A_s = 12.97 \text{ cm}^2$

$h > 60 \text{ cm}$

$A_{spele} = 0.001 * b * h = 0.001 * 20 * 65 = 1.30 \text{ cm}^2$

ANEXO 2

Segue abaixo o código fonte para a construção do software.

- **Página inicial**

```
1 <html>
2 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
3 <title>FLEXÃO SIMPLES</title>
4 <script src='pdfmake.min.js'></script>
5 <script src='vfs_fonts.js'></script>
6 <script src='fagressividade.js'></script>
7 <script src='fcalcular.js'></script>
8 <script src='fgerar.js'></script>
9 <script src='fgerar2.js'></script>
10 <script src='fgerar3.js'></script>
11 <script src='fgerar4.js'></script>
12 <script src='frelatorio.js'></script>
13 <script src='farea.js'></script>
14 <script src='farea2.js'></script>
15 <font size="5"><b>CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES </font></b> <br><br>
16 <table border="1">
17 <tr> <!-- LINHA 1 -->
18 <td colspan="2"><b> DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL: </b></td>
19 <td colspan="2"><b> VALORES DE CÁLCULO: </b>
20 </td>
21 <tr> <!-- LINHA 2 -->
22 <td> bw (cm): </td>
23 <td> <input type="number" id="base" value="" style="width:192px;" </td>
24 <td> d (cm): </td>
25 <td width="150px"> <ins id="hutil" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
26 </tr>
27 <tr> <!-- LINHA 3 -->
28 <td> h (cm): </td>
29 <td> <input type="number" id="altura" value="" style="width:192px;" </td>
30 <td> Md (kN.cm): </td>
31 <td> <ins id="mcalco" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
32 </tr>
33 <tr> <!-- LINHA 4 -->
34 <td colspan="2"> <b> CENTRO DE GRAVIDADE DAS ARMADURAS: </b> </td>
35 <td> fcd (kN/cm²): </td>
36 <td> <ins id="fcd" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
37 </tr>
38 <tr> <!-- LINHA 5 -->
39 <td> d' (cm): </td>
40 <td> <input type="number" id="dlinha" value="" style="width:192px;" </td>
41 <td> fyd (kN/cm²): </td>
42 <td> <ins id="fyd" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
43 </tr>
44 <tr> <!-- LINHA 6 -->
45 <td> d' (cm): </td>
46 <td> <input type="number" id="d2linha" value="" style="width:192px;" </td>
47 <td> x (cm): </td>
48 <td> <ins id="LN" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
49 </tr>
50 <tr> <!-- LINHA 7 -->
51 <td colspan="2"> <b> PROPRIEDADES DO CONCRETO E AGREGADO: </b> </td>
52 <td> x23,lim (cm): </td>
53 <td> <ins id="x23" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
54 </tr>
55 <tr> <!-- LINHA 8 -->
56 <td> Classe de agressividade: </td>
57 <td> <select id="agressividade" onclick="fagressividade()">
58 <option value="0" id="agr0">0</option>
59 <option value="1" id="agr1">1</option>
60 <option value="2" id="agr2">2</option>
61 <option value="3" id="agr3">3</option>
62 <option value="4" id="agr4">4</option>
63 <td> x34,lim (cm): </td>
64 <td> <ins id="x34" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
65 </tr>
66 <tr> <!-- LINHA 9 -->
67 <td> fck (kN/cm²): </td>
68 <td> <select id="fck">
69 <option value="0" id="fck0">0</option>
70 <option value="2" id="fck2">2</option>
71 <option value="2.5" id="fck2.5">2.5</option>
72 <option value="3" id="fck3">3</option>
73 <option value="3.5" id="fck3.5">3.5</option>
74 <option value="4" id="fck4">4</option>
75 <option value="4.5" id="fck4.5">4.5</option>
76 <option value="5" id="fck5">5</option>
77 <td> x,lim (cm): </td>
78 <td> <ins id="xlim" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
79 </tr>
80 <tr> <!-- LINHA 10 -->
81 <td> Cobrimento (cm): </td>
82 <td> <ins id="cob" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
83 <td> Dominio de dimensionamento: </td>
84 <td> <ins id="dom" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
```

```

85 </tr>
86 <tr> <!-- LINHA 11 -->
87 <td max. A/C: </td>
88 <td <ins id="ac" style="text-decoration: none;"> </td>
89 <td Tipo de armadura: </td>
90 <td <ins id="arm" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
91 </tr>
92 <tr> <!-- LINHA 12 -->
93 <td dmax,agr (cm): </td>
94 <td <input type="number" id="dagregado" value="" min="0" style="width:192px;"> </td>
95 <td As (cm²): </td>
96 <td <ins type="number" id="armtra" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
97 </tr>
98 <tr> <!-- LINHA 13 -->
99 <td colspan="2"> <b> PROPRIEDADES DO AÇO: </b> </td>
100 <td A's (cm²): </td>
101 <td <ins id="alinhna" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
102 </tr>
103 <tr> <!-- LINHA 14 -->
104 <td fyk (kN/cm²): </td>
105 <td CA-50 </td>
106 <td As,pele (cm²): </td>
107 <td <ins id="armpele" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
108 </tr>
109 <tr> <!-- LINHA 15 -->
110 <td Es (kN/cm²): </td>
111 <td 20.000 </td>
112 <td As,min (cm²): </td>
113 <td <ins id="armmin" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
114 </tr>
115 <tr> <!-- LINHA 16 -->
116 <td Diâmetro do estribo (mm): </td>
117 <td <select id="d0">
118 <option value="0" id="d0"> 0</option>
119 <option value="5" id="d5"> 5</option>
120 <option value="6.3" id="d6.3"> 6.3</option>
121 <option value="8" id="d8"> 8</option>
122 <option value="10" id="d10"> 10</option>
123 <option value="12.5">12.5</option> </td>
124 <td As,max (cm²): </td>
125 <td <ins id="armmax" style="text-decoration: none;"></ins> </td>
126 </tr>

```

```

127 <tr> <!-- LINHA 17 -->
128 <td colspan="2"> <b> COEFICIENTES: </b> </td>
129 <td rowspan="3"> <td colspan="2"> <button style="width:355; height:68" onclick="fcalcular()"> <font size="3" face=" Times New Roman">
130 <b>CALCULAR</b> </font> </button></td>
131 </tr>
132 <tr> <!-- LINHA 18 -->
133 <td> <math>\gamma_c</math>: </td>
134 <td> 1.40 </td>
135 </tr>
136 <tr> <!-- LINHA 19 -->
137 <td> <math>\gamma_{sarma}</math>: </td>
138 <td> 1.15 </td>
139 </tr>
140 <tr> <!-- LINHA 20 -->
141 <td> <math>\gamma_{sarma}</math>: </td>
142 <td> 1.40 </td>
143 <td rowspan="3"> <td colspan="2"> <button style="width:355; height:68" onclick="frelatorio()"> <font size="3" face=" Times New Roman">
144 <b>IMPRIMIR RELATORIO</b> </font></button></td>
145 </tr>
146 <tr> <!-- LINHA 21 -->
147 <td colspan="2"> <b> ESFORÇO SOLICITANTE: </b> </td>
148 <tr> <!-- LINHA 22 -->
149 <td> Mk (kN.cm): </td>
150 <td> <input type="number" id="Mk" value="" min="0" style="width:192px"> </td>
151 </tr>
152 </table>
153 </html>
154
155

```

- Função da caixa de seleção da classe de agressividade ambiental

```
1 function fagressividade() {  
2     agr=document.getElementById("agressividade").value;  
3     agr=Number(agr);  
4  
5     if (agr==1) {  
6         document.getElementById("cob").innerHTML = 2.5;  
7         document.getElementById("ac").innerHTML = 0.65;  
8     }  
9  
10    if (agr==2) {  
11        document.getElementById("cob").innerHTML = 3;  
12        document.getElementById("ac").innerHTML = 0.6;  
13    }  
14    if (agr==3) {  
15        document.getElementById("cob").innerHTML = 4;  
16        document.getElementById("ac").innerHTML = 0.55;  
17    }  
18    if (agr==4) {  
19        document.getElementById("cob").innerHTML = 5;  
20        document.getElementById("ac").innerHTML = 0.45;  
21    }  
22 }  
23
```

• Função do botão calcular

```

1 function fcalcular() {
2
3 //CABEÇALHO DO PDF *****
4 docDefinition =
5 {
6   pageSize: { width: 630, height: 840 }, //A4
7   content:
8   [
9   [
10    columns: [
11    [
12      //Logo-vtp.JPG EM http://dopiaza.org/tools/datauri/index.php. O site já dá o abaixo:
13      image: 'data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQEAyABgAAD/2wBDAAgGBgcGBQgHBwcJCQgKDBQNDAsLDBkSEw8UHRofHh0aHBwgJC4nICsIxwcKDocLDAxNDQ0Hyc5PTgyPC4zNDL/2wBDAGQkJCQwLDB
14      width: 150, //sem a altura ela fica automaticamente proporcional
15      alignment: 'left',
16    ],
17    [
18      text:
19      'NEV: Núcleo de Engenharia Virtual'
20      +'\r\nTítulo: CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS A FLEXÃO SIMPLES'
21      +'\r\nData: Novembro/2016'
22      +'\r\nAutor: Larissa de Carvalho Silveira'
23      +'\r\nOrientador: Prof. Domicio Moreira da Silva Junior'
24      +'\r\nTipo: Iniciação Científica'
25      +'\r\nCurso: Engenharia Civil'
26      , 'fontSize: 9',
27    ],
28    // optional space between columns
29    columnGap: 10
30    ]
31    ]
32  ]
33  //*****
34
35  //VERIFICAÇÕES
36
37  dest=document.getElementById("diamestribo").value;
38  dest=Number(dest);
39
40  if (dest==0) {
41    alert('Selecione um valor para o diâmetro do estribo');

```

```

42    return;
43  }
44
45
46  dagr=document.getElementById("dagregado").value;
47  dagr=Number(dagr);
48
49  if (dagr==0) {
50    alert('Digite um valor para o diâmetro do agregado');
51    return;
52  }
53
54  agr=document.getElementById("agressividade").value;
55  agr=Number(agr);
56  fck= document.getElementById("fck").value;
57  fck=Number (fck);
58
59  if (agr==0) {
60    alert('Selecione uma classe de agressividade');
61    return;
62  }
63
64  if (fck==0) {
65    alert('Selecione um valor para fck');
66    return;
67  }
68
69  if ((agr==2) && (fck < 2.5)) {
70    alert(' Fck incompatível com a agressividade ambiental, por favor selecione outro valor');
71    return;
72  }
73  if ((agr==3) && (fck < 3.0)) {
74    alert(' Fck incompatível com a agressividade ambiental, por favor selecione outro valor');
75    return;
76  }
77  if ((agr==4) && (fck < 4.0)) {
78    alert(' Fck incompatível com a agressividade ambiental, por favor selecione outro valor');
79    return;
80  }
81
82  Mk= document.getElementById("Mk").value;

```

```

83     Mk=Number (Mk);
84
85     if (Mk==0) {
86         alert(' Digite um valor para Mk');
87         return;
88     }
89
90     b=document.getElementById("base").value;
91     b=Number(b);
92     h=document.getElementById("altura").value;
93     h=Number(h);
94
95     //CÁLCULO DA ALTURA ÚTIL
96
97     h= document.getElementById("altura").value;
98     h=Number (h);
99
100 //*****
101 docDefinition.content.push(
102 {
103     text:
104     '\r\n DADOS INICIAIS'
105     +'\r\n' //pula linha
106     , color: 'blue'
107     , bold: true
108     , fontSize: 15}
109 );
110 //*****
111
112 //*****
113 docDefinition.content.push(
114 {
115     text:
116     '\r\n h = '+h+' cm'
117     +'\r\n' //pula linha
118     }
119 );
120 //*****
121 //*****
122 docDefinition.content.push(
123 {

```

```

124     text:
125     '\r\n b = '+b+' cm'
126     +'\r\n' //pula linha
127     }
128 );
129 //*****
130
131     dlinha= document.getElementById("dlinha").value;
132     dlinha=Number (dlinha);
133
134 //*****
135 docDefinition.content.push(
136 {
137     text:
138     '\r\n dlinha = '+dlinha+' cm'
139     +'\r\n' //pula linha
140     }
141 );
142 //*****
143
144     d2linha= document.getElementById("d2linha").value;
145     d2linha= Number(d2linha);
146
147 //*****
148 docDefinition.content.push(
149 {
150     text:
151     '\r\n d2linha = '+d2linha+' cm'
152     +'\r\n' //pula linha
153     }
154 );
155 //*****
156
157     Mk= document.getElementById("Mk").value;
158     Mk=Number (Mk);
159
160 //*****
161 docDefinition.content.push(
162 {
163     text:
164     '\r\n Mk = '+Mk+' kN.cm'

```

```

165     +'\r\n' //pula linha
166     }
167 );
168 //*****
169     fck= document.getElementById("fck").value;
170     fck=Number (fck);
171
172 //*****
173 docDefinition.content.push(
174 {
175     text:
176     '\r\n fck = '+fck+' kN/cm²'
177     +'\r\n' //pula linha
178     }
179 );
180 //*****
181 docDefinition.content.push(
182 {
183     text:
184     '\r\n fyk = 50 kN/cm²'
185     +'\r\n' //pula linha
186     }
187 );
188 //*****
189 docDefinition.content.push(
190 {
191     text:
192     '\r\n jf = 1.40'
193     +'\r\n' //pula linha
194     }
195 );
196 //*****
197 docDefinition.content.push(
198 {
199     text:
200     '\r\n js = 1.15'
201     +'\r\n' //pula linha
202     }
203 );
204 //*****
205

```

```

206  });
207  //*****
208  //*****
209  docDefinition.content.push(
210  {
211    text:
212      '\r\n jc = 1.40'
213      +'\r\n' //pula linha
214    });
215  //*****
216  //*****
217
218  d= h-dlinha;
219  document.getElementById("hutil").innerHTML = d;
220
221  //*****
222  docDefinition.content.push(
223  {
224    text:
225      '\r\n VALORES DE CÁLCULO'
226      +'\r\n' //pula linha
227      , color: 'blue'
228      , bold: true
229      , fontSize: 15}
230    );
231  //*****
232
233  //*****
234  docDefinition.content.push(
235  {
236    text:
237      '\r\n d = h-dlinha = '+h+' - '+dlinha+' = '+d+' cm'
238      +'\r\n' //pula linha
239    });
240  //*****
241
242
243  //MOMENTO DE CÁLCULO
244
245  Mk= document.getElementById("Mk").value;
246

```

```

247  Mk=Number (Mk) ;
248
249  Md= Mk*1.40;
250  document.getElementById("mcalc").innerHTML = Md;
251
252  //*****
253  docDefinition.content.push(
254  {
255    text:
256      '\r\n Md = Mk * √f = '+Mk+' * 1.40 = '+Md+' kN.cm'
257      +'\r\n' //pula linha
258    });
259  //*****
260
261  //CÁLCULO DO fcd
262
263  fck= document.getElementById("fck").value;
264  fck=Number (fck);
265
266  fcd= fck/1.40;
267  document.getElementById("fcd").innerHTML = fcd.toFixed(2);
268
269  //*****
270  docDefinition.content.push(
271  {
272    text:
273      '\r\n fcd = fck / jc = '+fck+' / 1.40 = '+fcd.toFixed(2)+' kN/cm²'
274      +'\r\n' //pula linha
275    });
276  //*****
277
278  //CÁLCULO DO fyd
279
280  fyd= 50/1.15;
281  document.getElementById("fyd").innerHTML = fyd.toFixed(2);
282
283  //*****
284  docDefinition.content.push(
285  {
286
287

```

```

288 test:
289 '\r\n fyd = fyk / js = 50 / 1.15 = '+fyd.toFixed(2)+' kN/cm²'
290 +'\r\n' //pula linha
291 }
292 };
293 //*****
294
295 //POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA
296
297 b= document.getElementById("base").value;
298 b=Number (b);
299
300
301 x= 1.25*d* (1-Math.sqrt(1-(Md/(0.425*fcd*b*Math.pow(d,2)))));
302
303 if (x > 0) {
304     document.getElementById("LN").innerHTML = x.toFixed(2);
305 }
306 else {
307     alert('LN < 0 -> Digite um valor menor para Mk');
308     return;
309 }
310
311
312
313
314 document.getElementById("LN").innerHTML = x.toFixed(2);
315
316
317 //*****
318 docDefinition.content.push(
319 {
320 text:
321 '\r\n POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA'
322 +'\r\n' //pula linha
323 , color: 'blue'
324 , bold: true
325 , fontSize: 15}
326 );
327 //*****
328

```

```

329 //*****
330 docDefinition.content.push(
331 {
332 text:
333 '\r\n x = 1.25 * d * ( 1 - ( 1 - ( Md / ( 0.425 * fcd * b * d³) ) ) ^ 1/2 )'
334 +'\r\n x = 1.25 * '+d+' * ( 1 - ( 1 - ( '+Md+' / ( 0.425 * '+fcd.toFixed(2)+' * '+b+' * '+d+'³) ) ) ^ 1/2 )'
335 +'\r\n x = '+x.toFixed(2)+' cm'
336 +'\r\n' //pula linha
337 }
338 );
339 //*****
340
341
342 D= x/d;
343
344
345 //VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS
346
347 x23lim= 0.259*d;
348 document.getElementById("x23").innerHTML = x23lim.toFixed(2);
349
350 //*****
351 docDefinition.content.push(
352 {
353 text:
354 '\r\n VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS'
355 +'\r\n' //pula linha
356 , color: 'blue'
357 , bold: true
358 , fontSize: 15}
359 );
360 //*****
361
362 //*****
363 docDefinition.content.push(
364 {
365 text:
366 '\r\n x23lim = 0.259 * d = 0.259 * '+d+' = '+x23lim.toFixed(2)+' cm'
367 +'\r\n' //pula linha
368 }
369 );

```

```

370 );
371 //*****
372 x34lim= 0.628*d;
373 document.getElementById("x34").innerHTML = x34lim.toFixed(2);
374
375 //*****
376 docDefinition.content.push(
377 {
378 text:
379 '\r\n x34lim = 0.628 * d = 0.628 * '+d+' = '+x34lim.toFixed(2)+' cm'
380 +'\r\n' //pula linha
381 }
382 );
383 //*****
384 //*****
385 docDefinition.content.push(
386 {
387 text:
388 '\r\n D = x/d = '+x.toFixed(2)+' / '+d+' = '+D.toFixed(2)+' (Ductilidade)'
389 +'\r\n' //pula linha
390 }
391 );
392 //*****
393 xlim= 0.45*d;
394 document.getElementById("xlim").innerHTML = xlim.toFixed(2);
395
396
397 if (x < x23lim) {
398     document.getElementById("dom").innerHTML = "2";
399     document.getElementById("arm").innerHTML = "SIMPLES";
400     docDefinition.content.push(
401     {
402     text:
403     '\r\n x < x23lim --> '+x.toFixed(2)+' cm < '+x23lim.toFixed(2)+' cm'
404     +'\r\n DOMÍNIO 2 - ARMADURA SIMPLES' , color: 'green'
405     }
406     );
407 }
408 else if ( (x23lim < x < x34lim) && (D <= 0.45) ) {
409     document.getElementById("dom").innerHTML = "3";
410     document.getElementById("arm").innerHTML = "SIMPLES";

```

```

411     docDefinition.content.push(
412     {
413       text:
414         '\r\n x23lim < x < x34lim e D <= 0.45 --> '+x23lim.toFixed(2)+' cm < '+x.toFixed(2)+' cm < '+x34lim.toFixed(2)+' cm e '+D.toFixed(2)+' cm <= 0.45'
415       +'\r\n'
416       +'\r\n DOMÍNIO 3 - ARMADURA SIMPLES'
417       +'\r\n'//pula linha
418     }
419   );
420
421   } else if ( (x23lim < x < x34lim) && (D > 0.45) ) {
422     document.getElementById("dom").innerHTML = "3";
423     document.getElementById("arm").innerHTML = "DUPLA";
424     docDefinition.content.push(
425     {
426       text:
427         '\r\n x23lim < x < x34lim e D > 0.45 --> '+x23lim.toFixed(2)+' cm < '+x.toFixed(2)+' cm < '+x34lim.toFixed(2)+' cm e '+D.toFixed(2)+' cm > 0.45'
428       +'\r\n'
429       +'\r\n DOMÍNIO 3 - ARMADURA DUPLA'
430       +'\r\n'//pula linha
431     }
432   );
433   } else if (x > x34lim) {
434     document.getElementById("dom").innerHTML = "4";
435     document.getElementById("arm").innerHTML = "DUPLA";
436     docDefinition.content.push(
437     {
438       text:
439         '\r\n x > x34lim --> '+x.toFixed(2)+' cm > '+x34lim.toFixed(2)+' cm'
440       +'\r\n'
441       +'\r\n DOMÍNIO 4 - ARMADURA DUPLA'
442       +'\r\n'//pula linha
443     }
444   );
445   }
446
447   //*****
448   docDefinition.content.push(
449   {
450     text:
451       '\r\n DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇO'

```

```

452   +'\r\n' //pula linha
453   , color: 'blue'
454   , bold: true
455   , fontSize: 15)
456   );
457   //*****
458
459   // DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS
460
461   d2linha= document.getElementById("d2linha").value;
462   d2linha= Number(d2linha);
463
464   Esd= (((0.45*d)-d2linha)*0.0035)/(0.45*d);
465
466   T= (Esd*43.5)/0.00207;
467
468   if (Esd > 0.00207) {
469     fylinhad = 43.5;
470   }
471   else {
472     fylinhad = T;
473   }
474
475   Md1= 0.68*b*xlim*fyd*(d-(0.4*xlim));
476
477   Md2= Md-Md1;
478
479   // ARMADURA SIMPLES OU DUPLA
480
481   if ((x < x23lim) || (x23lim < x < x34lim) && (D <= 0.45)) {
482     As= Md/(fyd*(d-(0.4*x)));
483     document.getElementById("armtra").innerHTML = As.toFixed(2);
484     document.getElementById("alinhtra").innerHTML = 0;
485     docDefinition.content.push(
486     {
487       text:
488         '\r\n As = Md / ( fyd*( d-( 0.4 * xlim) )'
489       +'\r\n As = '+Md+' / ( '+fyd.toFixed(2)+' * ( '+d+' - ( 0.4 * '+x.toFixed(2)+' ) )'
490       +'\r\n As = '+As.toFixed(2)+' cm² (Armadura de Tração)'
491       +'\r\n'//pula linha
492     }

```

```

493   );
494   } else if ((x23lim < x < x34lim) && (D > 0.45) || (x > x34lim)) {
495     As= (Md1/(fyd*(d-(0.4*xlim))) + (Md2/(fyd*(d-d2linha))));
496     document.getElementById("armtra").innerHTML = As.toFixed(2);
497     Alinhtra= Md2/(fylinhad*(d-d2linha));
498     document.getElementById("alinhtra").innerHTML = Alinhtra.toFixed(2);
499     docDefinition.content.push(
500     {
501       text:
502         '\r\n As = ( Md1 / ( fyd*( d-( 0.4 * xlim) ) ) + ( Md2 / ( fyd*( d - d2linha) ) )'
503       +'\r\n As = ( '+Md1+' / ( '+fyd.toFixed(2)+' * ( '+d+' - ( 0.4 * '+x.toFixed(2)+' ) ) ) + ( '+Md2+' / ( '+fyd.toFixed(2)+' * ( '+d+' - ( '+d2linha+' ) ) )'
504       +'\r\n As = '+As.toFixed(2)+' cm² (Armadura de Tração)'
505       +'\r\n'//pula linha
506     }
507   );
508   docDefinition.content.push(
509   {
510     text:
511       '\r\n Esd = ((( 0.45 * d ) - d2linha ) * 0.0035 ) / ( 0.45 * d )'
512     +'\r\n Esd = ((( 0.45 * '+d+' ) - '+d2linha+' ) * 0.0035 ) / ( 0.45 * '+d+' )'
513     +'\r\n Esd = '+Esd.toFixed(5)+' kN/cm² (Deformação do aço)'
514     +'\r\n' //pula linha
515   }
516   );
517   docDefinition.content.push(
518   {
519     text:
520       '\r\n T = ( Esd * 43.5 ) / 0.00207'
521     +'\r\n T = ( '+Esd.toFixed(5)+' * 43.5 ) / 0.00207'
522     +'\r\n T = '+T.toFixed(2)+' kN/cm²'
523     +'\r\n' //pula linha
524   }
525   );
526   if (Esd > 0.00207) {
527     fylinhad = 43.5;
528     docDefinition.content.push(
529     {
530       text:
531         '\r\n Esd > 0.00207'
532       +'\r\n fylinhad = 43.5 kN/cm² (Tensão de escoamento do aço na armadura comprimida)'
533       +'\r\n'//pula linha

```

```

534     }
535     });
536     }
537     else {
538         fylinhad = T;
539         docDefinition.content.push(
540             {
541                 text:
542                     '\r\n Esd < 0.00207 --> '+Esd.toFixed(5)+' < 0.00207'
543                     +'\r\n fylinhad = '+T.toFixed(2)+' kN/cm² (Tensão de escoamento do aço na armadura comprimida)'
544                     +'\r\n//pula linha
545             }
546         );
547     }
548     docDefinition.content.push(
549         {
550             text:
551                 '\r\n xlim = 0.45 * d = 0.45 * '+d+' = '+xlim.toFixed(2)+' cm'
552                 +'\r\n//pula linha
553         }
554     );
555     docDefinition.content.push(
556         {
557             text:
558                 '\r\n Md1 = 0.68 * b * xlim * fcd * ( d - ( 0.4 * xlim) )'
559                 +'\r\n Md1 = 0.68 * '+b+' * '+xlim.toFixed(2)+' * '+fcd.toFixed(2)+' * ( '+d+' - ( 0.4 * '+xlim.toFixed(2)+' ) )'
560                 +'\r\n Md1 = '+Md1.toFixed(2)+' kN.cm (Momento que a armadura tracionada suporta)'
561                 +'\r\n//pula linha
562         }
563     );
564     docDefinition.content.push(
565         {
566             text:
567                 '\r\n Md2 = Md - Md1 '
568                 +'\r\n Md2 = '+Md.toFixed(2)+' - '+Md1.toFixed(2)
569                 +'\r\n Md2 = '+Md2.toFixed(2)+' kN.cm (Momento que a armadura comprimida suporta)'
570                 +'\r\n//pula linha
571         }
572     );
573     docDefinition.content.push(
574         {

```

```

575             text:
576                 '\r\n Alinhad = Md2 / ( fylinhad * ( d - d2linhad) )'
577                 +'\r\n Alinhad = '+Md2.toFixed(2)+' / ( '+fylinhad.toFixed(2)+' * ( '+d+' - '+d2linhad+' ) )'
578                 +'\r\n Alinhad = '+Alinhad.toFixed(2)+' cm² (Armadura de compressão)'
579                 +'\r\n//pula linha
580             }
581         );
582     }
583
584     //*****
585     docDefinition.content.push(
586     {
587         text:
588             '\r\n VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS MÍNIMAS E MÁXIMAS DE TRAÇÃO'
589             +'\r\n//pula linha
590             , color: 'blue'
591             , bold: true
592             , fontSize: 15
593         );
594     //*****
595
596     // ARMADURA MÍNIMA DE TRAÇÃO
597
598     if (2 <= fck <= 3) {
599         Asmin= 0.0015*b*h;
600         document.getElementById("armin").innerHTML = Asmin.toFixed(2);
601         docDefinition.content.push(
602             {
603                 text:
604                     '\r\n Asmin = 0.0015 * b * h = 0.0015 * '+b+' * '+h+' = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'
605                     +'\r\n//pula linha
606             }
607         );
608     }
609     } else if (fck = 3.5) {
610         Asmin= 0.00164*b*h;
611         document.getElementById("armin").innerHTML = Asmin.toFixed(2);
612         docDefinition.content.push(
613             {
614                 text:
615                     '\r\n Asmin = 0.00164 * b * h = 0.00164 * '+b+' * '+h+' = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'

```

```

616             +'\r\n//pula linha
617         }
618     );
619     } else if (fck = 4.0) {
620         Asmin= 0.00179*b*h;
621         document.getElementById("armin").innerHTML = Asmin.toFixed(2);
622         docDefinition.content.push(
623             {
624                 text:
625                     '\r\n Asmin = 0.00179 * b * h = 0.00179 * '+b+' * '+h+' = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'
626                     +'\r\n//pula linha
627             }
628         );
629     } else if (fck = 4.5) {
630         Asmin= 0.00194*b*h;
631         document.getElementById("armin").innerHTML = Asmin.toFixed(2);
632         docDefinition.content.push(
633             {
634                 text:
635                     '\r\n Asmin = 0.00194 * b * h = 0.00194 * '+b+' * '+h+' = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'
636                     +'\r\n//pula linha
637             }
638         );
639     } else if (fck = 5.0) {
640         Asmin= 0.00208*b*h;
641         document.getElementById("armin").innerHTML = Asmin.toFixed(2);
642         docDefinition.content.push(
643             {
644                 text:
645                     '\r\n Asmin = 0.00208 * b * h = 0.00208 * '+b+' * '+h+' = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'
646                     +'\r\n//pula linha
647             }
648         );
649     }
650
651     if (Asmin > As) {
652         As=Asmin;
653         docDefinition.content.push(
654             {
655                 text:
656                     '\r\n Asmin > As --> As = Asmin --> As = '+Asmin.toFixed(2)+' cm²'

```

```

657         +'\r\n'//pula linha
658     }
659     };
660 } else {
661     docDefinition.content.push(
662     {
663         text:
664         '\r\n Asmin < As --> As = '+As.toFixed(2)+' cm'
665         +'\r\n'//pula linha
666     }
667     );
668 }
669 // ARMADURA MÁXIMA
670
671 Asmax= 0.04*b*h;
672 document.getElementById("armmax").innerHTML = Asmax.toFixed(2);
673
674 //*****
675 docDefinition.content.push(
676 {
677     text:
678     '\r\n Asmax = 0.04 * b * h = 0.04 * '+b+' * '+h+' = '+Asmax.toFixed(2)+' cm'
679     +'\r\n' //pula linha
680 }
681 );
682 //*****
683
684
685 if (As > Asmax) {
686     docDefinition.content.push(
687     {
688         text:
689         '\r\n As > Asmax --> As = Asmax --> As = '+Asmax.toFixed(2)+' cm'
690         +'\r\n'//pula linha
691     }
692     );
693 }
694 } else {
695     docDefinition.content.push(
696     {
697         text:

```

```

698         '\r\n As < Asmax --> As = '+As.toFixed(2)+' cm'
699         +'\r\n'//pula linha
700     }
701     );
702 }
703
704 // ARMADURA DE PELE
705
706 if (h > 60) {
707     Aspele= 0.001*b*h;
708     document.getElementById("armpele").innerHTML = Aspele.toFixed(2);
709     docDefinition.content.push(
710     {
711         text:
712         '\r\n h > 60cm'
713         +'\r\n Aspele = 0.001 * b * h = 0.001 * '+b+' * '+h+' = '+Aspele.toFixed(2)+' cm'
714         +'\r\n'//pula linha
715     }
716     );
717 }
718 } else {
719     document.getElementById("armpele").innerHTML = "DISPENSÁVEL";
720     docDefinition.content.push(
721     {
722         text:
723         '\r\n h < 60cm --> ARMADURA DE PELE DISPENSÁVEL'
724         +'\r\n'//pula linha
725     }
726     );
727 }
728 }

```

- **Função para gerar relatório**

```
1 function frelatorio() { //abre o relatório
2
3   alert("ATENÇÃO: limpe o cache do navegador para garantir a correta geração do relatório");
4
5   fcalcular();
6
7   //COLOCAR AQUI TODAS AS FUNÇÕES QUE TÊM COISAS A IMPRIMIR OU VARIÁVEIS NECESSÁRIAS PARA AS IMPRESSÕES
8   pdfMake.createPdf(docDefinition).open(); //abre o relatório
9
10
11 }
```