

**FELIPE CALDEIRA DE ALMEIDA**

**ANÁLISE DE CONSOLOS EM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO  
ARMADO E O SEU DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DE PLANILHAS  
ELETRÔNICAS UTILIZANDO O MICROSOFT VISUAL BASIC E EXCEL**

Guaratinguetá – SP

2015

FELIPE CALDEIRA DE ALMEIDA

ANÁLISE DE CONSOLOS EM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO  
ARMADO E O SEU DIMENSIONAMENTO ATRAVÉS DE PLANILHAS  
ELETRÔNICAS UTILIZANDO O MICROSOFT VISUAL BASIC E EXCEL

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Wanderley  
Terni

Guaratinguetá - SP

2015

A447a

Almeida, Felipe Caldeira de

Análise de consolos em estruturas pré-moldadas de concreto armado e o seu dimensionamento através de planilhas eletrônicas utilizando o Microsoft visual Basic e Excel / Felipe Caldeira de Almeida – Guaratinguetá, 2016.

43 f. : il.

Bibliografia : f. 43

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Wanderlei Terni

1. Concreto pré-moldado 2. Programação (Computadores) I. Título

CDU 624.012.45

**FELIPE CALDEIRA DE ALMEIDA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO PARA A  
OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL**

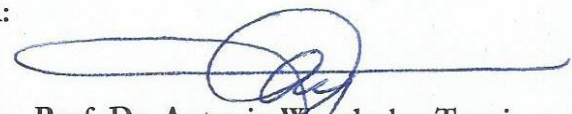
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



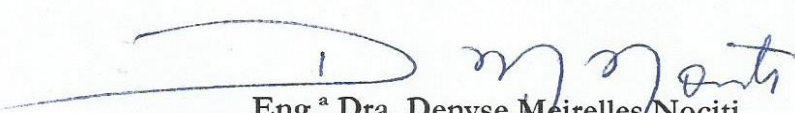
---

Prof. Dr. George Bernardes de Paula  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. Antonio Wanderley Terni  
Orientador: DEC-FEG/UNESP



Eng.ª Dra. Denyse Meirelles Nociti  
Engenheira Civil



Eng.º William Faria Shiromoto  
Engenheiro Civil

A minha amada esposa Natália que me acompanhou desde o início nesta jornada e aos meus pais Nilton e Lucia, que me apoiaram em todos os momentos até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, porque ele é digno de toda honra e glória, e porque me manteve até aqui.

A minha esposa Natália pelo companheirismo em todos os momentos, e aos meus pais que me deram todo suporte para que eu pudesse chegar até aqui.

Em especial ao meu professor orientador Dr. Antonio Wanderley Terni, pelo imenso cuidado que dispôs com este trabalho, por entender minhas dificuldades ao longo desta trajetória e por ter contribuído com seu conhecimento técnico.

Aos engenheiros integrantes da banca examinadora por dedicarem seu tempo na leitura e avaliação deste trabalho.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, que contribuíram para minha formação como engenheiro civil nesta instituição.

ALMEIDA, F. C. **Análise de consolos em estruturas pré-moldadas de concreto armado e o seu dimensionamento através de planilha eletrônica utilizando o Microsoft Visual Basic e Excel**, 2015. 43 páginas. Trabalho de Graduação (Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

Este trabalho propõe o estudo dos modelos de dimensionamento de consolos presentes em estruturas de concreto pré-moldado para, em seguida, implementar tais rotinas de dimensionamento de maneira informatizada valendo-se da utilização da plataforma do Microsoft Excel e Visual Basic for Applications. As considerações de dimensionamento seguirão a NBR 9062/06 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Os formulários e planilhas são elaborados de forma a contemplar as condições normativas exigíveis para o dimensionamento e fornecem, através da interface do software, as áreas das armaduras necessárias que tipologicamente compõem estes elementos estruturais. É desenvolvido um estudo de caso para demonstrar as rotinas de cálculo e comprovar a eficiência e as limitações das planilhas e do software desenvolvidos, além da elaboração do manual de utilização da planilha.

**PALAVRAS CHAVE:** Consolo, Concreto pré-moldado, Visual Basic for Applications, Microsoft Excel.

ALMEIDA, F. C. **Analysis of reinforcement concrete cantilever beam structures and its design through spreadsheet using Microsoft Visual Basic for applications and Microsoft Excel.** 2015. 43 pages. Graduate Work – Course in Civil Engineering, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

This graduate work proposes the study of the the reinforcement concrete cantilever beams design models presents in precast concrete structures in order to implement the sizing routines in the computer through Visual Basic for Applications Platform and Microsoft Excel application. Design considerations follows the NBR 9062/06 - Design and Implementation of Precast Concrete Structures. Spreadsheets and forms are prepared in order to cover the regulatory conditions required for the design and provide the necessary areas of the reinforcement that integrates these structural elements. It is developed a case study to demonstrate the calculation routines and prove the efficiency and limitations of the spreadsheets and of the developed software, and an user manual.

**KEYWORDS:** RCC Cantilever beam. Precast concrete. Microsoft Visual Basics for Applications. Microsoft Excel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Modelo de Atrito-Cisalhamento.....	14
Figura 2– Esquema de um consolo.....	15
Figura 3 – Vista superior do elemento de apoio. Fonte: (EL DEBIS, 2000). ....	18
Figura 4 – Vista lateral do consolo.....	19
Figura 5 – Tela Home.....	21
Figura 6 – Escolha do fck.....	22
Figura 7 – Escolha do cobrimento.....	22
Figura 8 – Cadastro do fck.....	23
Figura 9 – Escolha do $\gamma_c$ .....	23
Figura 10 – Propriedades do aço.....	24
Figura 11 – Tela “Consolos”.....	24
Figura 12 – Preenchimento dos dados do consolo.....	25
Figura 13 – Dados dos carregamento.....	26
Figura 14 – Escolha do tipo de ancoragem.....	26
Figura 15 – Esquema e perspectiva do consolo.....	27
Figura 16 – Tipo de consolo.....	28
Figura 17 – Tela “Resultado”.....	28
Figura 18 – Esquema das armaduras.....	29
Figura 19 – Verificação de esmagamento do concreto.....	29
Figura 20 – Armadura do tirante.....	30
Figura 21 – Estribos verticais.....	31
Figura 22 – Armadura de costura.....	31
Figura 23 – Tela dados da viga.....	32
Figura 24 – Tela resultados da viga.....	34
Figura 25 – Dimensões do consolo.....	36
Figura 26 – Exemplo de dados.....	36

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma_m$	Tensão concentrada
$\mu$	Tipo de lançamento do concreto
$V_d$	Força vertical sobre o consolo
$H_d$	Força horizontal sobre o consolo
$f_{yd}$	Tensão resistente de cálculo ao escoamento do aço
$a$	Distância da força de cálculo $V_d$ até a face do pilar
$d$	Altura útil do consolo
$f_{cd}$	Resistência de cálculo à compressão do concreto
$\rho$	Taxa geométrica da armadura do tirante;
$b$	Largura do consolo;
$A_{s\_tir\_curto}$	Área de armadura de tirante curto
$A_{s\_tir\_muito\_curto}$	Área de armadura de tirante muito curto
$A_{sh}$	Armadura de costura
$A_{sw}$	Armadura do estribo
$c$	Comprimento do tirante
$\emptyset$	Diâmetro da armadura
$h_b$	Altura do tirante
$s$	Espaçamento da armadura
$\omega$	Taxa mecânica de armadura $\omega$ do tirante
$f_{ck}$	Resistência característica do concreto
$C_{ob}$	Cobrimento
$\gamma_c$	Coefficiente de ponderação de minoração da resistência do concreto
$\gamma_f$	Coefficiente de ponderação do aço
$f_{yk}$	Resistência característica ao escoamento
$\gamma_s$	Coefficiente de ponderação de minoração da resistência do aço
$h$	Altura do tirante
$b$	Largura do tirante
$c$	Comprimento do tirante
$M_d$	Momento fletor de cálculo
$\emptyset_t$	Diâmetro do estribo
$\emptyset_{ag}$	Diâmetro do agregado graúdo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações iniciais</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>CONSOLOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Modelo de atrito-cisalhamento</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Modelo de biela e tirante</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DOS CONSOLOS</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Consolos muito curtos</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Consolos Curtos</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Verificações adicionais</b>	<b>17</b>
3.3.1	Distância do elemento de apoio até a face do consolo $a_b$	17
3.3.2	Altura mínima do consolo	18
3.3.3	Diâmetro e espaçamento máximos do tirante	19
3.3.4	Armadura mínima do tirante	20
3.3.5	Armadura de Costura	20
3.3.6	Estribos verticais	20
<b>4</b>	<b>MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Consolos curto ou muito curto</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Viga</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Dados do consolo</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Forças de Cálculo</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Tipo de Consolo</b>	<b>36</b>
<b>5.4</b>	<b>Armadura do Tirante</b>	<b>37</b>
<b>5.5</b>	<b>Esmagamento do concreto</b>	<b>38</b>
<b>5.6</b>	<b>Diâmetro máximo do tirante</b>	<b>38</b>
<b>5.7</b>	<b>Espaçamento máximo da armadura do tirante</b>	<b>39</b>
<b>5.8</b>	<b>Posição da Armadura do Tirante</b>	<b>39</b>
<b>5.9</b>	<b>Armadura de costura</b>	<b>40</b>
<b>5.10</b>	<b>Estribos verticais</b>	<b>40</b>
<b>5.11</b>	<b>Taxa de armadura do tirante</b>	<b>40</b>

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>43</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

A Engenharia Civil evoluiu nas concepções técnicas de forma exponencial com o desenvolvimento da informática. Há alguns anos, os projetos eram elaborados com ajuda de régua de cálculo, com tabelas confeccionadas para aplicação aos cálculos de maneira mais expedita. Em seguida, surgiram as calculadoras programáveis que permitiu um grande auxílio ao engenheiro nos procedimentos de dimensionamento dos elementos estruturais. A utilização de computadores com relativa capacidade de processamento era restrita aos institutos de pesquisa e empresas. Com a disponibilidade de equipamentos e possibilidades de então, os projetos invariavelmente demoravam dias para ficarem prontos, além de serem restritos a obras não tão complexas.

Atualmente, os computadores com suas diversas concepções e capacidades de processamento de dados, estão disseminados para uso pessoal e profissional e de certa forma, de fácil aquisição, são capazes de processar um edifício em tempo significativamente menor do que outrora. Nas propostas atuais de desenvolvimento de programas para aplicação na área estrutural, há aquela em que se vislumbra a interatividade do programa com o usuário e, sendo assim, além da rapidez, os resultados gerados são muito mais confiáveis e exatos por serem menos suscetíveis ao erro humano. Ao engenheiro cabe a tarefa de saber introduzir os dados corretamente e interpretar os resultados gerados pelo software.

Se por um lado há um expressivo ganho de tempo ao se utilizarem tais softwares, por outro, pode haver a restrição por conta dos custos de aquisição de suas licenças. Entretanto, existem os chamados softwares livres que podem ser utilizados sem custo (freeware). Estes programas são bem limitados se comparados aos pagos, mas ajudam na racionalização de algumas tarefas, eliminando cálculos repetitivos, produzindo assim economia de tempo. São de interesse principalmente para serem utilizados no meio acadêmico pela sua simplicidade e disponibilidade.

Um dos softwares mais utilizados, em especial na engenharia civil, é o Excel da Microsoft. Além de relativamente barato, o software não requer alto grau de conhecimento para sua utilização, podendo ser utilizado por qualquer usuário com o mínimo de instrução. Por este motivo, será utilizado neste trabalho no dimensionamento e estudo de consolos em estruturas pré-moldadas de concreto armado e em essência possuir caráter acadêmico.

Além das normas, as publicações dos autores Araújo (2003), Leonhardt (1979), El Debis (2000) e Thomaz (2002) são fundamentais no desenvolvimento deste trabalho por fornecerem as bases das considerações teóricas e as formulações sobre consolos que, conseqüentemente, são decisivas na construção do software.

## **1.2 Objetivo**

Os objetivos gerais deste trabalho são:

- i. Descrever os conceitos teóricos já existentes sobre consolos pré-moldados de concreto armado;
- ii. Desenvolver um software de dimensionamento de consolos de concreto armado, para fins didáticos, com o Microsoft Visual Basic for Applications.
- iii. Criar um manual explicativo de utilização do programa, com um passo-a-passo a ser seguido;
- iv. Avaliar a usabilidade e confiabilidade do software desenvolvido através de um exemplo real de dimensionamento de consolo;

## 2 CONSOLOS

Consolos são elementos estruturais cuja função é apoiar outras peças da estrutura, equipamentos pesados ou paredes.

Geometricamente, o consolo pode ser definido como sendo uma viga curta, cujo comprimento limita-se ao dobro de sua altura.

Segundo a NBR 9062/2006, o dimensionamento dos consolos deve obedecer a algumas condições, quais sejam:

a) Se  $1,0 < a/d \leq 2,0$ :

*O dimensionamento se faz como viga em balanço;*

b) Se  $0,5 < a/d \leq 1,0$ :

*Utiliza-se o modelo de biela e tirante e diz-se que o consolo é curto;*

c) Se  $a/d \leq 0,5$ :

*O cálculo é feito com o modelo de atrito-cisalhamento e diz-se que o consolo é muito curto;*

Nas relações acima “*a*” é a distância da força de cálculo  $V_d$  até a face do pilar, e “*d*” representa a altura útil do consolo, conforme é ilustrado na figura 2.

As armaduras de um consolo são compostas de:

- i. *Tirantes, barras dispostas horizontalmente* cuja função é absorver os esforços de tração,
- ii. *Estribos* e
- iii. *Armadura de costura*, posicionada ao longo da altura restante do consolo, com a função de conter fissurações ao longo das faces laterais do consolo.

A trajetória das tensões ao longo do consolo indica que a região inferior da peça não trabalha estruturalmente, podendo ser descartada.

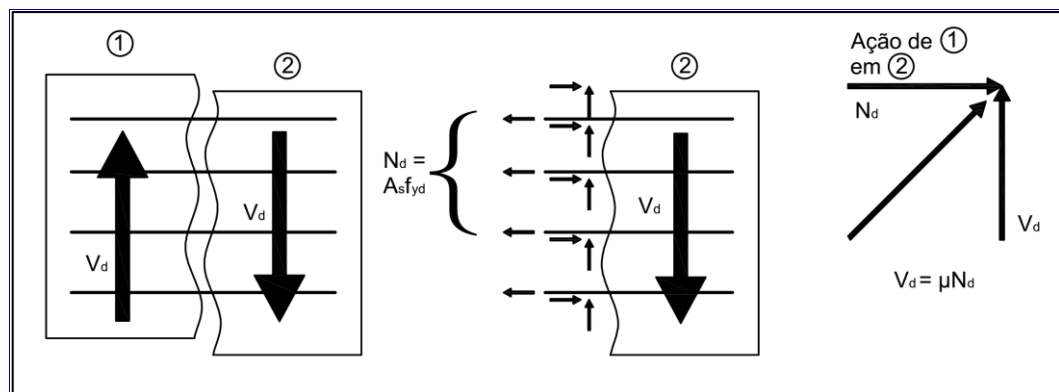
## 2.1 Modelo de atrito-cisalhamento

Consolos muito curtos são caracterizados por terem a relação  $a/d \leq 0,5$ . Os ensaios demonstram que neste tipo de consolo a fissuração ocorre geralmente ao longo da seção de engastamento do consolo (Machado, 1999) e, assim, o dimensionamento se faz utilizando-se o método de **atrito-cisalhamento**.

Este modelo consiste em assumir que o concreto submetido a significativas tensões cisalhantes sofra fissurações ao longo do plano em que ocorrem as tensões.

A fim de garantir a integridade da estrutura, é introduzida uma armadura cruzando a superfície de fissuração que é responsável por absorver os esforços de tração devido ao deslocamento horizontal relativo na interface consolo pilar.

Figura 1: Modelo de Atrito-Cisalhamento



Fonte: (MACHADO, 1999).

## 2.2 Modelo de biela e tirante

Consolos curtos são aqueles que se enquadram na relação  $0,5 < a/d \leq 1,0$ . Ao contrário dos consolos muito curtos, neste caso ocorre o esmagamento da região inferior do consolo e fissuração diagonal partindo do ponto de aplicação da força até o canto do pilar.

Os consolos, ao contrário da maioria das estruturas, não podem ser dimensionados admitindo-se a hipótese de que as seções planas permaneçam como tal mesmo após flexão uma vez que a tensão cisalhante é significativa.

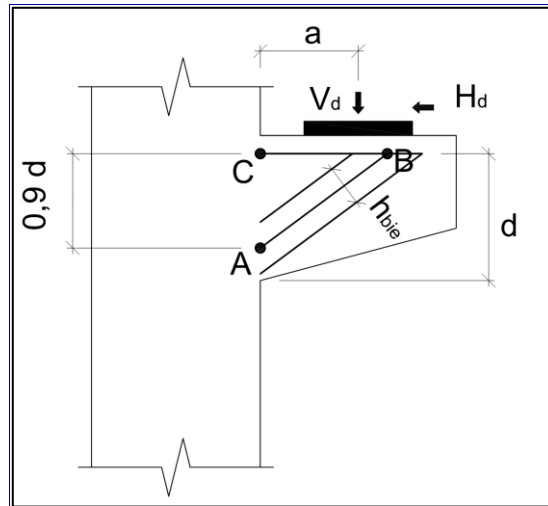
Portanto, é adequado aplicar o conceito de biela e tirante.

Este método consiste na representação de campos de tensões nos elementos estruturais.

A região comprimida do concreto é idealizada como uma biela e os tirantes representam os elementos tracionados.

Ambos são conectados em nós formando, dessa forma, uma estrutura modelada como treliça.

Figura 2: Esquema de um consolo.



Fonte: (EL DEBIS, 2000).

Os esforços de compressão são absorvidos pelo concreto representado pela biela.

Por sua vez, o consolo resiste às solicitações de tração através da armadura do tirante.

As forças resultantes são calculadas realizando-se o equilíbrio dos nós e, desta forma, é possível dimensionar a armadura do tirante bem como analisar consolo quanto à resistência à compressão do concreto.

### 3 DIMENSIONAMENTO DOS CONSOLOS

#### 3.1 Consolos Muito Curtos

Segundo a NBR 9062/2006, a armadura do tirante de consolo muito curto é calculada de acordo com a expressão:

$$A_{s\_tir\_muito\ curto} = \frac{1}{f_{yd}} \left( \frac{0,8 V_d}{\mu} + H_d \right) \quad (1)$$

em que

$\mu = 1,4$	para concreto lançado monoliticamente;
$\mu = 1,0$	para concreto lançado sobre concreto endurecido intencionalmente rugoso (5 mm de profundidade a cada 30 mm) e
$\mu = 0,6$	para concreto lançado sobre concreto endurecido com interface lisa.
$V_d$	é a força vertical sobre o consolo;
$H_d$	é a força horizontal sobre o consolo;
$f_{yd}$	é a tensão resistente de cálculo ao escoamento do aço;

É recomendado também que a área da armadura, para consolo muito curto, seja o maior valor entre as áreas calculadas para consolo curto e muito curto.

Ainda, deve-se considerar um valor máximo de 435 MPa para a resistência do tirante.

Há ainda a necessidade de se verificar a resistência do concreto ao esmagamento.

Tal procedimento se dá pela seguinte condição:

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b d} \leq 0,175 f_{cd} \leq 6,0 \text{ MPa} \quad (2)$$

em que

$f_{cd}$	é a resistência de cálculo à compressão do concreto
$b$	é a largura do consolo;

$d$  é a altura útil do consolo.

### 3.2 Consolos Curtos

A armadura do tirante para consolos curtos é dada pela seguinte formulação:

$$A_{s\_tir\_curto} = \frac{1}{f_{yd}} \left( \frac{a V_d}{0,9 d} + 1,2 H_d \right) \quad (3)$$

em que

$a$  é a altura do consolo e

$d$  é a altura útil do consolo.

A resistência do concreto ao esmagamento de consolo curto deve satisfazer a seguinte equação:

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b d} \leq \frac{0,18}{\sqrt{(0,9)^2 + \left(\frac{a}{d}\right)^2}} f_{cd} \quad (4)$$

### 3.3 Verificações adicionais

#### 3.3.1 Distância do elemento de apoio até a face extrema do consolo $a_b$ :

O elemento de apoio, localizado entre as faces da viga e do consolo, deve estar, a partir de sua borda externa, a uma distância mínima da face do consolo de acordo com as relações descritas abaixo.

- i. Para o caso de tirante ancorado por solda de barra transversal de igual diâmetro, o valor de  $a_b$  é dado por:

$$a_b = c + \emptyset . \quad (5)$$

- ii. Para o caso de tirantes ancorados por laço com diâmetro maior ou igual a 20 mm, o valor de  $a_b$  é dado por:

$$a_b = c + 5,0 \varnothing. \quad (6)$$

Caso o diâmetro seja menor que 20 mm, o valor de  $a_b$  é dado por:

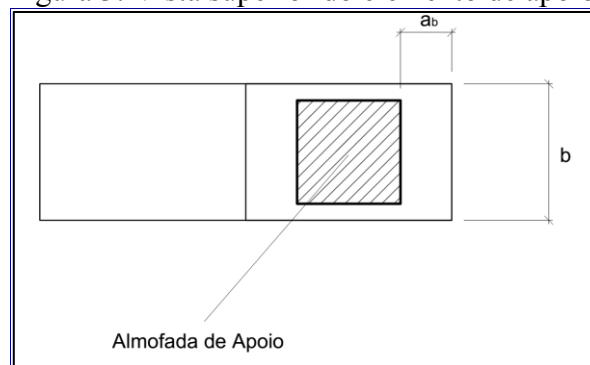
$$a_b = c + 3,5 \varnothing. \quad (7)$$

Por fim, para tirantes ancorados por alças verticais com diâmetro menor ou igual a 16 mm, o valor de  $a_b$  é dado por:

$$a_b = c + 3,5 \varnothing + 2 \text{ cm}, \quad (8)$$

sendo “c” o cobrimento.

Figura 3: Vista superior do elemento de apoio.



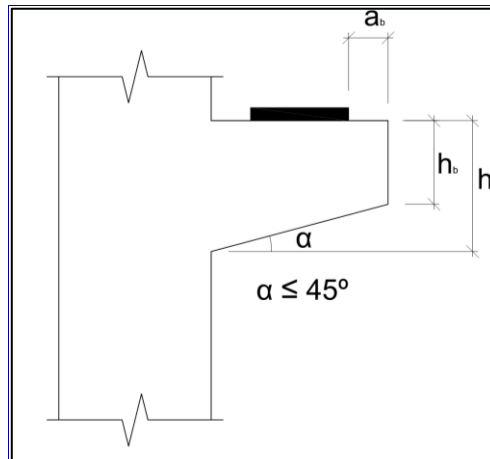
Fonte: (EL DEBIS, 2000).

### 3.3.2 Altura mínima do consolo

De acordo com a NBR 9062/2006, a altura do consolo na face em balanço deve ser maior que metade da altura do consolo no engastamento, deduzindo-se a distância do elemento de apoio até a extremidade do consolo, conforme ilustrado na Figura 4 e expresso na seguinte expressão:

$$h_b \geq \frac{h}{2} - a_b \quad (9)$$

Figura 4: Vista lateral do consolo.



Fonte: (EL DEBIS, 2000).

### 3.3.3 Diâmetro e espaçamento máximos do tirante

O diâmetro máximo e espaçamento máximo dependem do tipo de ancoragem do tirante. Caso a ancoragem seja feita por solda de barra transversal, os valores limites são:

- i. Para o diâmetro:

$$\phi \leq \frac{1}{6} h_2 \text{ ou } \frac{1}{6} b \leq 25 \quad e \quad (10)$$

- ii. Para o espaçamento:

$$s \leq 15 \phi \leq d. \quad (11)$$

Por outro lado, se o tirante estiver ancorado por laço, as relações são:

- i. Para o diâmetro:

$$\phi \leq \frac{1}{8} h_2 \text{ ou } \frac{1}{8} b \leq 25 \quad e \quad (12)$$

- ii. Para o espaçamento:

$$s \leq 20.\phi \leq d. \quad (13)$$

### 3.3.4 Armadura mínima do tirante

A taxa mecânica de armadura  $\omega$  do tirante deve obedecer a seguinte relação:

$$0,04 < \omega < 0,15 \quad (14)$$

em que a taxa é dada por:

$$\omega = \frac{A_{stir}}{b d} \frac{f_{yk}}{f_{ck}} \quad (14)$$

### 3.3.5 Armadura de Costura

Para consolos curtos, a armadura deve ser distribuída em dois terços da altura útil  $d$ , adjacentes ao tirante e obedecer a relação:

$$\left(\frac{A_s}{A}\right)_{cost} \geq 0,4 \left(\frac{A_{stir}}{d}\right). \quad (16)$$

Já em consolos muito curtos, a armadura deve ser distribuída em dois terços da altura útil  $d$ , adjacentes ao tirante, e obedecer a relação:

$$\left(\frac{A_s}{A}\right)_{cost} \geq 0,5 \left(\frac{A_{stir}}{d}\right) \quad (17)$$

Ainda, deve-se colocar armadura mínima no terço restante do consolo curto.

### 3.3.6 Estribos verticais

Para aços CA-50 e CA-60, o valor mínimo da área de estribos verticais deve ser de:

$$A_{sw} = 0,14\% b_w \text{ em cm}^2/\text{m}. \quad (18)$$

Este valor, no entanto, não pode ser inferior à 20% da armadura do tirante.

## 4 MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE

Ao iniciar a aplicação da planilha surge uma tela de boas-vindas ao usuário, conforme a Figura 5. Esta tela é chamada “Home” e possui um botão de cor laranja com a seguinte inscrição embutida “Dimensionar Consolo”, que ao acioná-la leva o usuário a próxima tela.

Portanto, para seguir à próxima etapa do dimensionamento de consolos, o usuário deve clicar no botão laranja, conforme a Figura 5.

Figura 5: Tela Home.



Fonte: (Autor)

A tela seguinte, onde há a indicação “Consolos”, é a interface de introdução de dados do programa. Nesta etapa, o usuário deve inserir os dados de projeto a fim de obter os valores das áreas das armaduras do consolo.

Os campos estão divididos em concreto, aço, consolo, carregamentos, ancoragem do tirante e tipo de lançamento do concreto.

O preenchimento deve seguir a seguinte ordem:

- ✓ **Resistência característica do concreto: “ $f_{ck}$ ”**

Denotada como  $f_{ck}$ , representa a resistência característica do concreto em MPa e deve ser preenchido de acordo com os valores pré-definidos de 20 MPa, 25

MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa, 50 MPa, ou inserir um novo valor qualquer, ao clicando em *outro*. Ao clicar em *outro*, uma opção para que o usuário insira um novo valor para o  $f_{ck}$ , também em MPa, conforme indicado nas figuras 6 e 8.

Figura 6: Escolha do  $f_{ck}$ .

The image shows a software interface for concrete properties. The title is "CONCRETO". There are several input fields and a dropdown menu. The first field is "f<sub>ck</sub> = MPa" with a dropdown menu showing values: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, and "outro". Below this, there are fields for "cob =", "γ<sub>c</sub> =", and "Ancoragem =". At the bottom, there are radio buttons for "Laço" and "Soldado".

Fonte: (Autor)

✓ **Cobrimento: “Cob”**

Representa o cobrimento que deve ser preenchido em centímetros (cm).

Da mesma forma como o  $f_{ck}$ , o cobrimento deve ser escolhido dentre um conjunto de opções, a saber: 2,5 cm, 3,0 cm, 3,5 cm, 4,0 cm, 4,5cm, 5,0 cm, 5,5 cm e 6,0 cm. Entretanto, estas opções são restritas, ou seja, não há opção de inserir um valor diferente pelo usuário.

Figura 7: Escolha do cobrimento

The image shows a software interface for concrete properties. The title is "CONCRETO". There are several input fields and a dropdown menu. The first field is "f<sub>ck</sub> = MPa" with a dropdown menu showing the value "outro". Below this, there is a dropdown menu for "cob = cm" with a list of values: 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, and 6,0. Below this, there are fields for "γ<sub>c</sub> =", "Ancoragem =", and "Sc =". At the bottom, there are radio buttons for "Laço" and "Soldado".

Fonte: (Autor)

Figura 8: Cadastro do  $f_{ck}$ .

Fonte: (Autor)

- ✓ **Coefficiente de ponderação de minoração da resistência do concreto: “ $\gamma_c$ ”**  
Representa Coeficiente de ponderação de minoração da resistência do concreto. Para este campo, o usuário deve escolher entre os valores pré-definidos de 1,2 e 1,4 somente.

Figura 9: Escolha do  $\gamma_c$ 

Fonte: (Autor)

- ✓ **Resistência característica ao escoamento: “ $f_{yk}$ ”**  
Representa a resistência característica ao escoamento do aço. Este valor deve ser preenchidos entre os valores de 25 MPa, 50 MPa e 60 MPa.
- ✓ **Coefficiente de ponderação de minoração da resistência do aço: “ $\gamma_s$ ”**  
Representa o coeficiente de ponderação de minoração da resistência do aço. Para este campo, o usuário deve optar pelos valores padrão de 1,00 e 1,15 já pré-definidos no campo.

Figura 10: Propriedades do aço.

AÇO	
$f_{yk} =$	<input type="text"/> $\text{kN/cm}^2$
$\gamma_s =$	<input type="text"/>

Fonte: (Autor)

Figura 11: Tela “Consoles”.

Fonte: (Autor)

✓ **Parâmetro “h”:**

Representa a altura do tirante e deve ser preenchido em centímetros (cm);

✓ **Parâmetro “b”:**

Representa a largura do tirante e deve ser preenchido em centímetros (cm);

✓ **Parâmetro “c”:**

Representa o comprimento do tirante e deve ser preenchido em centímetros (cm);

✓ **Parâmetro “a”:**

Representa a distância da face do pilar ao ponto de aplicação da força vertical  $V_d$  e deve ser preenchida em centímetros (cm);

✓ **Parâmetro “d”:**

Representa a altura útil do tirante e deve ser preenchido em centímetros (cm);

✓ **Parâmetro “ $h_b$ ”:**

Representa a altura do tirante e deve ser preenchido em centímetros (cm);

Figura 12: Preenchimento dos dados do consolo.

CONSOLO	
h =	<input type="text"/> cm
b =	<input type="text"/> cm
c =	<input type="text"/> cm
a =	<input type="text"/> cm
d =	<input type="text"/> cm
$h_b$ =	<input type="text"/> cm

Fonte: (Autor)

✓ **Parâmetro “ $V_d$ ”:**

Representa a força vertical transferida pela peça apoiada no consolo. Seu valor deve estar em kN.

✓ **Parâmetro “ $H_d$ ”:**

Representa a força horizontal transferida pela peça apoiada no consolo. Seu valor deve ser introduzido em kN. Caso o valor de  $H_d$  seja desconhecido, a NBR 9062/2006 permite que seja adotado um valor de 20% de  $V_d$ . Para esta opção, o usuário deve preencher o valor de  $V_d$  e em seguida clicar no botão “Fazer  $H_d = 0,2 V_d$ ”. Dessa forma, o valor da força horizontal será preenchido automaticamente.

Figura 13: Dados dos carregamento.

**CARREGAMENTOS**

$V_d =$   kN

$H_d =$   kN

Fonte: (Autor)

✓ **Ancoragem do Tirante:**

O usuário deve optar por uma das duas opções existentes: *laço* ou *solda*.

Figura 14: Escolha do tipo de ancoragem.

**Ancoragem do Tirante:**

Laço     Solda

Fonte: (Autor)

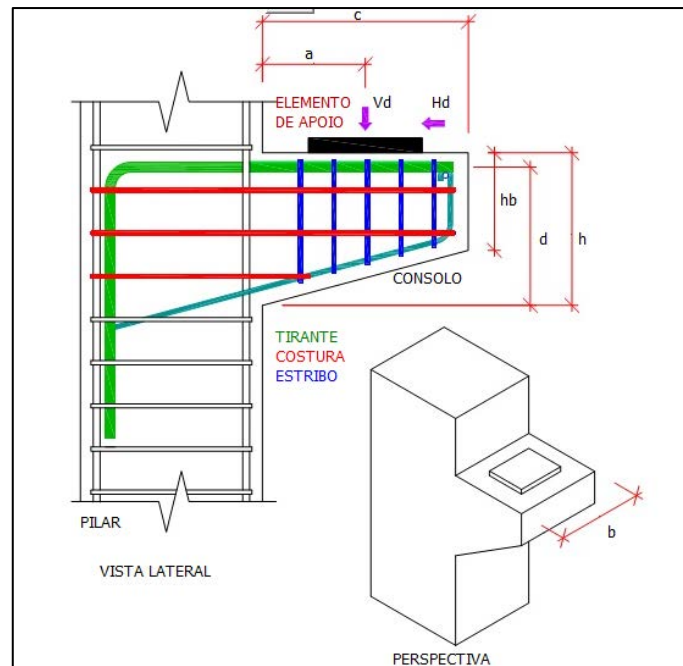
✓ **Tipo de lançamento do concreto.**

Deve-se selecionar o valor de “ $\mu$ ” correspondente ao modo como o concreto foi lançado. Os valores podem ser:

- ✓  $\mu = 0,6$  para lançamento sobre concreto endurecido de interface lisa;
- ✓  $\mu = 1,0$  para concreto endurecido de interface rugosa e
- ✓  $\mu = 1,4$  para concreto lançado monoliticamente.

A fim de auxiliar o usuário quando do preenchimento dos campos, há na parte direita da interface “Consolos”, um desenho esquemático de um consolo, com as medidas estrategicamente indicadas, bem como sua projeção em perspectiva.

Figura 15: Esquema e perspectiva do consolo.



Fonte: (Autor)

Colocados os dados em seus respectivos campos, pode-se agora solicitar ao programa que as armaduras do consolo.

Para tanto, basta clicar no botão “Calcular armadura”.

Entretanto, se o usuário desejar limpar todos os campos digitados de maneira automática, pode fazê-lo através do botão “Limpar”.

Ao solicitar o cálculo da armadura, o programa inicialmente verifica a relação  $a/d$  a fim de identificar o tipo de consolo.

Dependendo do tipo de consolo, o software avança pelas telas distintas de resultados.

#### 4.1 Consolos curto ou muito curto

O cálculo das armaduras do consolo curto ou muito curto ocorre na próxima interface do software cujo título é “Resultado”.

Nessa etapa são exibidos o tipo de consolo na região superior e os resultados subdivididos em quatro seções:

- ✓ Concreto,
- ✓ Tirante,
- ✓ Estribos e

✓ Costura.

Estas seções exibem informações referentes às respectivas armaduras e, além disso, a tela ainda fornece uma conclusão em relação à verificação do concreto quanto ao esmagamento.

A figura 17 fornece uma visualização detalhada dos resultados.

Figura 16: Tipo de consolo.



Fonte: (Autor)

Figura 17: Tela “Resultado”.

Fonte: (Autor)

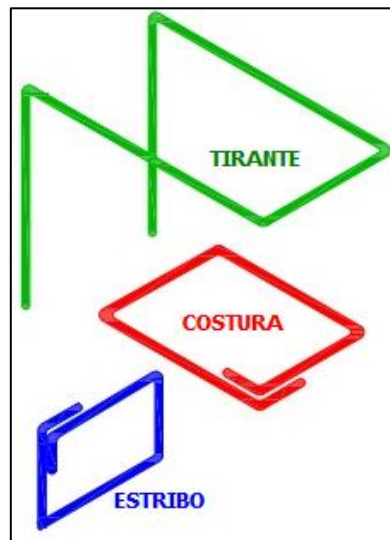
Neta tela, o usuário deve inicialmente atentar para o resultado na seção do concreto.

Esta seção exibe a informação de que o concreto passou na verificação de esmagamento.

Caso fosse reprovado nesse quesito, uma mensagem de alerta apareceria no centro da tela, levando o usuário diretamente à tela anterior (“Dados”) para realizar a alteração dos dados, a fim de solucionar o problema de esmagamento do concreto.

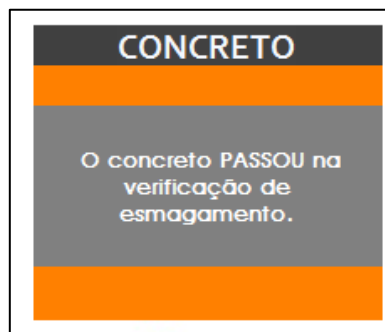
Logo abaixo, há um esquema representativo da forma de como são dispostas as armaduras do tirante, do estribo e de costura.

Figura 18: Esquema das armaduras.



Fonte: (Autor)

Figura 19: Verificação de esmagamento do concreto.



Fonte: (Autor)

Em seguida, o usuário deve selecionar uma das opções de armadura do tirante disponível em sua seção correspondente.

Ao realizar a seleção, surgem informações com alguns detalhes relativos à armadura escolhida. Na região inferior da seção, há um resumo da armadura selecionada pelo usuário, com a quantidade, diâmetro e espaçamento das barras.

Figura 20: Armadura do tirante.

**TIRANTE**

Área necessária: 1,93 cm<sup>2</sup>

<input checked="" type="radio"/>	4 $\Phi$ 8 C/4,5
<input type="radio"/>	3 $\Phi$ 10 C/7
<input type="radio"/>	2 $\Phi$ 12,5 C/14
<input type="radio"/>	2 $\Phi$ 16 C/14

- Área existente: 2,01 cm<sup>2</sup>
- Área exist/ Área nec: 1,04
- Distância do tirante à face superior do consolo: 3,12cm. Máx: 8 cm

4  $\Phi$ 8 C/4,5

Fonte: (Autor)

A duas seguintes seções, estribos e costura, permanecem inacessíveis até que o usuário selecione uma opção de armadura de tirante, em sua respectiva seção.

Em seguida, após estas células serem destravadas, o usuário deve escolher, dentre as opções listadas, desta vez, as armaduras do estribo e de costura.

Analogamente à seção anterior, informações com mais detalhadas e um resumo aparecem no momento da escolha destas armaduras

Figura 21: Estribos verticais.

**ESTRIBOS**

**Área necessária:** 2,66 cm<sup>2</sup>/m

- 2 Φ5 C/18,5
- 2 Φ6,3 C/18,5
- 2 Φ8 C/18,5
- 2 Φ10 C/18,5
- 2 Φ12,5 C/18,5
- 2 Φ16 C/18,5

- Área existente: 5,94 cm<sup>2</sup>
- Área exist/ Área nec: 2,23
- Número de ramos: 2

2 Φ6,3 C/18,5

Fonte: (Autor)

Figura 22: Armadura de costura.

**COSTURA**

**Área necessária:** 1,01 cm<sup>2</sup>/m

- 6 Φ5 C/7
- 4 Φ6,3 C/11,5
- 3 Φ8 C/17,5
- 2 Φ10 C/35
- 2 Φ12,5 C/35
- 2 Φ16 C/35

- Área existente: 1,57 cm<sup>2</sup>
- Área exist/ Área nec: 1,55

2 Φ10 C/35

Fonte: (Autor)

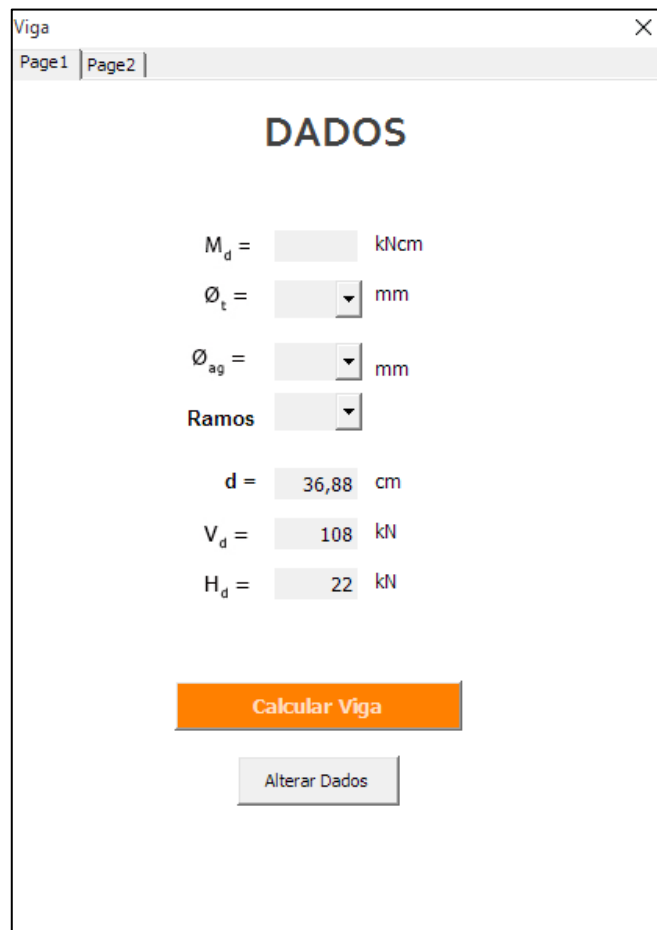
Nesse instante, todas as armaduras já foram escolhidas, entretanto, caso o usuário deseje alterar algum dado, ele poderá fazê-lo clicando no botão “Alterar dados”.

## 4.2 Viga

Se a relação  $a/d > 1$  então, segundo a NBR 9062/06, o consolo deve ser calculado como modelo de viga.

Dessa forma, o software conduz o usuário à tela de inserção de dados própria para o cálculo de viga, conforme a figura 23.

Figura 23: Tela dados da viga.



The screenshot shows a software window titled "Viga" with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar, there are two tabs: "Page1" and "Page2". The main content area is titled "DADOS" in large, bold, black letters. Below the title, there are several input fields and labels:

- $M_d =$  [input field] kNcm
- $\varnothing_t =$  [input field] mm
- $\varnothing_{ag} =$  [input field] mm
- Ramos [input field]
- $d =$  36,88 cm
- $V_d =$  108 kN
- $H_d =$  22 kN

At the bottom of the form, there are two buttons: a prominent orange button labeled "Calcular Viga" and a smaller, light gray button labeled "Alterar Dados".

Fonte: (Autor)

Nesta tela, o usuário deve inserir as informações necessárias para o cálculo das armaduras longitudinal e transversal da viga, tais como o momento fletor de cálculo, diâmetro do estribo, diâmetro do agregado graúdo e número de ramos do estribo.

O preenchimento deve seguir a seguinte ordem:

✓ **Parâmetro “ $M_d$ ”:**

É o momento fletor de cálculo.

Evidentemente, o usuário deve inserir qualquer valor maior que zero;

✓ **Parâmetro “ $\varnothing_t$ ”:**

É o diâmetro do estribo.

O usuário deve escolher entre as seguintes opções disponíveis: *5,0 mm*, *6,3 mm*, *8,0 mm*, *10,0 mm* e *12,5 mm*.

✓ **Parâmetro “ $\varnothing_{ag}$ ”:**

É o diâmetro do agregado graúdo.

O usuário deve optar entre os diâmetros de *19 mm* e *25 mm*.

✓ **Parâmetro “Ramos”:**

É o número de ramos do estribo. Há as opções de *2*, *4*, *6* e *8* ramos.

Feito o preenchimento dos dados da viga, o usuário pode alterar os dados ou solicitar que se efetue o cálculo do consolo, clicando no botão “Calcular Viga”.

Assim, a tela de resultados surge, dispondo os resultados das áreas das armaduras, conforme a figura 24.

Figura 24: Tela resultados da viga.

Viga

Page1 Page2

## RESULTADOS

### LONGITUDINAL

- 20  $\Phi$ 5
- 12  $\Phi$ 6,3
- 8  $\Phi$ 8
- 5  $\Phi$ 10
- 4  $\Phi$ 12,5
- 2  $\Phi$ 16
- 2  $\Phi$ 25
- 2  $\Phi$ 32
- 2  $\Phi$ 38

Área necessária: 3,74 cm<sup>2</sup>  
Barras/camada = 4  
ev = 2 cm  
eh = 2,2 cm

4  $\Phi$  12,5. Área existente: 4,91 cm<sup>2</sup>

### TRANSVERSAL

12  $\Phi$ 5/m c/8 cm

Voltar

Fonte: (Autor)

## 5 ESTUDO DE CASO

A seguir é proposto um exemplo da utilização do software com a utilização de dimensões e solicitações reais de um consolo de estacionamento.

### 5.1 Dados do Consolo

A seção de dados traz todas as informações que são introduzidas pelo usuário de forma de lista:

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 19 \text{ cm}$$

$$c = 21 \text{ cm}$$

$$a = 13,5 \text{ cm}$$

$$\text{cobrimento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$d = 36,88 \text{ cm}$$

$$h_b = 40 \text{ cm}$$

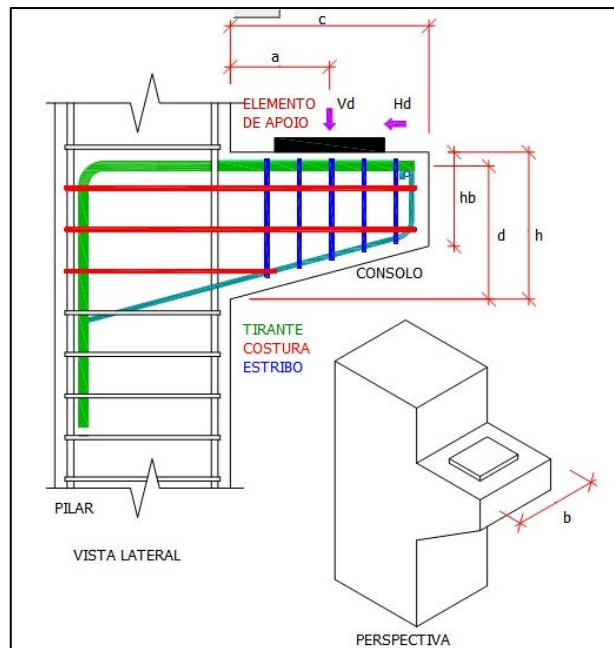
### 5.2 Forças de Cálculo

$$\gamma_f = 1,4$$

$$V_{sd} = 107,78 \text{ kN}$$

$$H_{sd} = 22 \text{ Kn}$$

Figura 25: Dimensões do consolo.



Fonte: (Autor)

Figura 26: Exemplo de dados.

DADOS			
<b>CONCRETO</b>	<b>AÇO</b>	<b>CONSOLO</b>	<b>CARREGAMENTOS</b>
$f_{ck} = 25$ MPa	$f_{yk} = 50$ kN/cm <sup>2</sup>	$h = 40$ cm	$V_d = 108$ kN
$cob = 2.5$ cm	$\gamma_s = 1.15$	$b = 19$ cm	$H_d = 22$ kN
$\gamma_c = 1.4$		$c = 21$ cm	<input type="checkbox"/> Fazer $H_d = 0,2 V_d$
		$a = 13,5$ cm	
		$d = 36,88$ cm	
		$h_b = 40$ cm	
<b>Ancoragem do Tirante:</b>			
<input checked="" type="radio"/> Laço <input type="radio"/> Solda			
<b>Tipo de lançamento do concreto:</b>			
<input checked="" type="radio"/> $\mu = 1,4$ (concreto lançado monoliticamente)			
<input type="radio"/> $\mu = 1,0$ (concreto lançado sobre concreto endurecido intencionalmente rugoso [5 mm de profundidade a cada 30 mm])			
<input type="radio"/> $\mu = 0,6$ (concreto lançado sobre concreto endurecido com interface lisa)			

Fonte: (Autor)

### 5.3 Tipo de Consolo

Nesta seção são apresentados o resultado da relação  $a/d$  e conseqüentemente o tipo de consolo.

De acordo com a NBR 9062/06, há três diferentes tipos de consolo.

Esta classificação depende da relação  $a/d$ , isto é, da razão entre a distância do pilar à força vertical aplicada e a distância do útil do tirante.

As condições de dimensionamento, estabelecidas no item 7.3.2.2 da NBR 9062/06, são:

a) Se  $1,0 < a/d \leq 2,0$ :

O dimensionamento se faz como viga em balanço;

b) Se  $0,5 < a/d \leq 1,0$ :

Utiliza-se o modelo de biela e tirante (consolo curto);

c) Se  $a/d \leq 0,5$ :

O cálculo é feito com o modelo de atrito-cisalhamento (consolo muito curto);

Sendo  $a = 13,50$  cm e  $d = 36,88$  cm, tem-se:

$$\frac{a}{d} = \frac{13,50}{36,88} = 0,37 < 0,50$$

e, portanto, o consolo classifica-se como muito curto.

#### 5.4 Armadura do Tirante

A área da armadura do tirante para um consolo muito curto é determinada pela equação 1, a saber:

$$A_{s\_tir\_muito\ curto} = \frac{1}{f_{yd}} \frac{0,8 V_d}{\mu} + \frac{H_d}{f_{yd}}$$

que não deve ser menor que a área do consolo curto.

Assim:

$$A_{s\_tir\_muito\ curto} = \frac{1}{43,5} \frac{0,8 (108)}{1,4} + \frac{22}{43,5} = 1,92 \text{ cm}^2$$

e

$$A_{s\_tir\_curto} = \frac{1}{43,5} \frac{13,50 (108)}{0,9 (36,88)} + 1,2 H_d = 1,62 \text{ cm}^2 .$$

Tais valores são idênticos ao fornecido pelo software, como mostra a figura 20. Portanto, escolheu-se, para o exemplo a armadura de 4  $\Phi$  8 c/4,5, com área total existente de 2,01 cm<sup>2</sup>.

### 5.5 Esmagamento do concreto

A condição de verificação para o esmagamento do concreto está especificada na equação 2. Inserindo-se os valores do exemplo na equação, tem-se:

$$\tau_{wd} = \frac{108}{(19) \cdot (36,88)} = 1,54 \text{ MPa} .$$

Para que concreto passe na verificação, o valor da tensão atuante 1,54 MPa deve ser menor ou igual a 0,175 f<sub>cd</sub>, ou seja,

$$0,175 f_{cd} = 0,175 \cdot 1,786,$$

e, assim, tem-se que

$$0,175 f_{cd} = 0,313 \text{ MPa} > 1,54 \text{ MPa}.$$

Portanto, o concreto não sofre esmagamento o que confirma o exposto pelo software na figura 19.

### 5.6 Diâmetro máximo do tirante

Segundo a equação 12, o diâmetro do tirante ancorado por laço deve ser o menor entre os seguintes valores:

$$\emptyset \leq \frac{1}{8} (400) = 50 \text{ mm}$$

ou

$$\frac{1}{8}(190) = 23,75 < 25 \text{ mm}$$

No exemplo, é escolhido um tirante de 8 mm, muito menor que o valor máximo limite estabelecido pela norma.

### 5.7 Espaçamento máximo da armadura do tirante

A equação 11 estabelece o valor máximo do espaçamento da armadura do tirante.

Assim, sendo  $d = 36,88 \text{ cm}$  e o diâmetro do tirante de 8 mm, tem-se:

$$S \leq 20 (0,8) = 16 \text{ cm} \leq 36,88 \text{ cm.}$$

O espaçamento existente pode ser calculado pela seguinte equação:

$$s = \frac{b - 2 \cdot (\text{cobrimento})}{(\text{N}^{\circ} \text{ de barras}) - 1},$$

que, substituindo os valores, tem-se

$$s = \frac{19 - 2 (2,5)}{4 - 1}$$

e obtém-se

$$s = 4,65 \text{ cm.}$$

Desta forma, o espaçamento existente é menor que o valor máximo, conforme a figura 19.

### 5.8 Posição da Armadura do Tirante

A armadura do tirante deve se localizar no quinto superior da altura do consolo, isto é, ela deve estar a, no máximo, 8 cm da face superior do consolo.

Para o exemplo, sendo  $h = 40 \text{ cm}$  e  $d = 36,88 \text{ cm}$ , tem-se:

$$40 - 36,88 = 3,12 \text{ cm} < 8 \text{ cm}.$$

Portanto, a armadura está dentro do limite de acordo com a figura 20.

### 5.9 Armadura de costura

A armadura de costura deve seguir o disposto na equação 157. Sendo a armadura existente do tirante  $A_{s\_tir} = 2,01 \text{ cm}^2$ , a armadura de costura deve ser no mínimo  $A_{sh} = 1,00 \text{ cm}^2$ .

É escolhida a armadura 2 Ø 10 c/35, com área total existente de  $1,55 \text{ cm}^2$ .

### 5.10 Estribos verticais

Conforme o disposto em 3.3.5, o valor mínimo da área de estribos verticais deve ser, conforme a equação 16:

$$A_{sw} = 0,14\% (19) = 2,66 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 0,2 (2,01) = 0,402 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Portanto, deve-se assumir  $A_{sw\_min} = 2,66 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

No exercício de exemplo, é escolhido um estribo de 2 Ø 6,3 c/18,5, conforme a figura 21, com área de  $5,94 \text{ cm}^2/\text{m}$ . Analogamente à armadura do tirante, o espaçamento dos estribos corresponde a:

$$s = \frac{21 - (2,5)}{2 - 1},$$

ou seja,

$$s = 18,50 \text{ cm}.$$

### 5.11 Taxa de armadura do tirante

A taxa mecânica da armadura do tirante deve estar compreendida entre os limites definidos pela equação 14.

Portanto, a taxa deve ser dada por:

$$\omega = \frac{2,01}{(19)(36,88)} \frac{500}{25} = 0,06.$$

Observa-se que a taxa está dentro do intervalo especificado na equação 14.

## 6 CONCLUSÃO

O Microsoft Excel e o Visual Basic for Applications são grandes aliados ao estudo da Engenharia Civil. Apesar de possuir algumas limitações quanto à linguagem de programação, ambas as ferramentas forneceram resultados satisfatórios no desenvolvimento das planilhas e formulários de dimensionamento de armadura de consolos. O software desenvolvido possui interface moderna, simples e amigável, sendo rápido na exibição de resultados. Além disso, os resultados são confiáveis, valendo apenas como forma de aprendizado no âmbito acadêmico, como se propôs inicialmente.

É possível observar de acordo com o item 5 que os todos os resultados obtidos pelo software são compatíveis com os resultados expressos nas equações teóricas, confirmando-se assim a eficiência e veracidade das planilhas desenvolvidas.

Dessa forma, é seguro afirmar que o software desenvolvido se caracteriza como uma boa ferramenta de estudos sobre consolo de concreto pré-moldado, além de ser uma opção sem custo algum e de simples utilização.

A execução deste trabalho exigiu grande conhecimento de Excel e Visual Basic for Applications, o que me inspirou a aprofundar meus conhecimentos nesses softwares. Ao mesmo tempo, tive a oportunidade de aprender o básico sobre estruturas pré-moldadas, mais especificamente consolos, assunto tão importante mas de pouco espaço no conteúdo programático da faculdade. Sendo assim, recomendo uma atenção maior tanto do corpo docente quanto do discente no desenvolvimento de novos estudos sobre pré-moldados em geral.

É importante salientar que as disciplinas de estruturas me forneceram toda a base necessária no desenvolvimento deste trabalho, o qual me incentivou a buscar novos trabalhos e estudos semelhantes.

Fica como sugestão para a continuação deste trabalho e evolução da planilha, a introdução de um comando que permita a impressão dos desenhos das armaduras dimensionadas que se apresentam na tela de resultados com as dimensões em escala e seus devidos detalhamentos de maneira individual e, ainda, de desenhos gerados, em forma de vistas destas armaduras, coerentemente localizados dentro da forma do consolo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

EL DEBIS, M. K. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicações. São Carlos-SP: Publicação EESC-USP, 2000.

ARAÚJO, J M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande-RS: Dunas, 2003. v. 4.

LEONHARDT, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto**: princípios básicos sobre armação de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro: Interciência, 1979. v. 3.

THOMAZ, E. C. S. **Consolos curtos**: notas de aula. Rio de Janeiro: Instituto militar de Engenharia – IME.

MACHADO, C. P.; PIMENTA, P. M. Consolos muito curtos de concreto armado: modelos e critérios para a análise com uma nova formulação proposta de atrito-cisalhamento. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 4., 2000, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: USP, 2000 , p. 1-28.