

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA PARA CÁLCULO DA ARMADURA
TRANSVERSAL DE VIGAS PELA NBR 6118/2014¹
DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR THE CALCULATION OF THE
TRANSVERSAL ARMOR OF BEAMS BY NBR 6118/2014**

**Évelyn Magalhães De Carli², Paulo Cesar Rodrigues³, Leonardo A. Brum
Viera⁴**

¹ Monografia de conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PIBIC/UNIJUI, evelynmagal@outlook.com;

³ Professor do Curso de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNIJUI, Orientador, paulo.cr@unijui.edu.br;

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista PIBIC/UNIJUI, leonardo.vieraa@outlook.com;

INTRODUÇÃO

A partir da ideia de que é imprescindível atentar-se para a economia na construção civil, foi desenvolvido um estudo para determinar o consumo do aço nas estruturas de concreto armado, calculando as armaduras pelos dois modelos de cálculo da NBR 6118/2014, e comparando-os, apresentando a diferença entre os dois modelos, sua viabilidade e qual o mais econômico.

Segundo a norma, o modelo de cálculo I admite diagonais de compressão inclinadas de $\Theta = 45^\circ$ em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural e admite ainda que a parcela complementar V_c tenha valor constante, independente de V_{Sd} . (ABNT, 2014, p.122).

Já o modelo de cálculo II, admite diagonais de compressão inclinadas de Θ em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural, com Θ variável livremente entre 30° e 45° . Admite ainda que a parcela complementar V_c sofra redução com o aumento de V_{Sd} . (ABNT, 2014, p.123).

Como a quantidade de cálculos necessários é consideravelmente grande, surgiu a ideia de desenvolver um programa que realizasse todos os cálculos necessários para os dois modelos de cálculo da NBR 6118/2014. Este programa foi desenvolvido como uma ferramenta extra, para verificar resultados, auxiliar alunos do curso de graduação em Engenharia Civil com os exercícios e principalmente para a realização dos cálculos da armadura transversal de vigas no trabalho de conclusão de curso de um dos autores.

METODOLOGIA

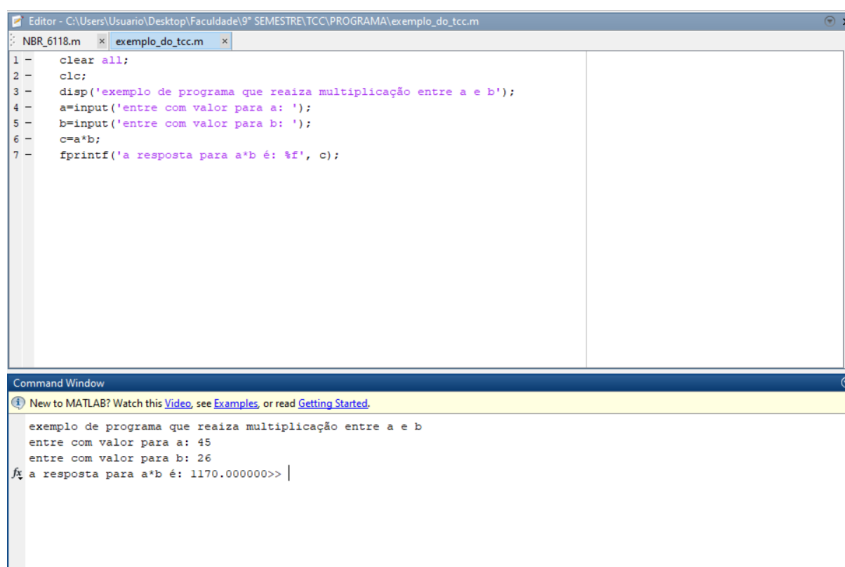
Para a realização deste programa, foi utilizado o software Matlab, que é amplamente utilizado no cenário acadêmico e profissional. Algumas de suas funções são solucionar cálculos matemáticos, realizar plotagens gráficas, modelagens matemáticas, simulações e desenvolver programas. Para o desenvolvimento de um programa, o Matlab fornece duas opções:

- Script: através deste, é possível criar um programa e armazenar linhas de programação que executam tarefas. Esta opção não disponibiliza interface gráfica, apenas uma janela de comandos, que pode ser observada na Figura 01.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

Figura 01 – Exemplo de programa desenvolvido em script no Matlab



The image shows a MATLAB environment. The top window is the 'Editor' with a file named 'exemplo_do_tcc.m'. The code in the editor is as follows:

```
1 - clear all;
2 - clc;
3 - disp('exemplo de programa que realiza multiplicação entre a e b');
4 - a=input('entre com valor para a: ');
5 - b=input('entre com valor para b: ');
6 - c=a*b;
7 - fprintf('a resposta para a*b é: %f', c);
```

The bottom window is the 'Command Window'. It shows the execution of the script with the following output:

```
exemplo de programa que realiza multiplicação entre a e b
entre com valor para a: 45
entre com valor para b: 26
a resposta para a*b é: 1170.000000>>
```

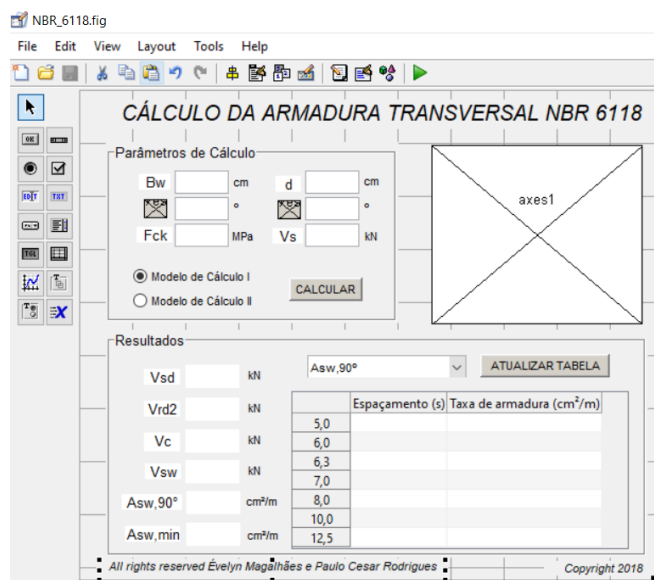
Como ilustra a Figura 01, a janela superior apresenta o código de programação e a inferior apresenta a execução do programa.

- Graphical User Interface (GUI): através deste recurso, pode-se criar programas com uma interface gráfica, utilizando uma linguagem semelhante a do script e, com a orientação de objetos, onde o usuário desenvolve uma janela, na qual podem ser adicionados caixas de textos estáticos (labels), editáveis, botões, menus de seleção, imagens, dentre outros, organizando conforme sua necessidade. O processo é ilustrado na Figura 02.

Figura 02 – Exemplo de programa desenvolvido em Graphical User Interface no Matlab

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia



A Figura anterior ilustra a janela de edição da interface do programa, porém, todos os cálculos são realizados em um plano secundário, que trabalha em paralelo à interface. Assim, o usuário somente visualiza os resultados que o desenvolvedor definiu, tornando o ambiente do programa mais limpo e intuitivo.

Para o desenvolvimento do programa, foi utilizado o Graphical User Interface do Matlab, que disponibiliza uma gama maior de opções e recursos, atendendo melhor ao objetivo do seguinte trabalho.

A ideia, foi desenvolver o programa com uma tela inicial (Figura 03), para informar os parâmetros dos cálculos para armadura transversal dos modelos de cálculo I e II da NBR 6118/2014. Estes parâmetros são: a seção transversal da viga base (b_w) e altura útil (d), a resistência (f_{ck}) do concreto, o esforço cortante (V_s) resultante dos carregamentos da viga, o ângulo (α) de inclinação das diagonais tracionadas e o ângulo (θ) de inclinação das bielas de compressão, estes dois últimos apenas para o modelo de cálculo II.

Figura 03 - Tela inicial do programa

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL NBR 6118

Parâmetros de Cálculo

Bw cm d cm

α ° θ °

Fck MPa Vs kN

☒ Modelo de Cálculo I ☐ Modelo de Cálculo II

CALCULAR

Resultados

Vsd kN Vrd2 kN Vc kN Vsw kN

Asw,90° cm²/m Asw,min cm²/m

Asw,90° ATUALIZAR TABELA

Espaçamento (s)	Taxa de armadura (cm²/m)
5,0	
6,0	
6,3	
7,0	
8,0	
10,0	
12,5	

All rights reserved Evelyn Magalhães e Paulo Cesar Rodrigues Copyright 2018

Inicialmente, deve-se escolher o modelo de cálculo desejado, pois a partir desta escolha, alguns parâmetros serão ou não liberados, ou seja, no modelo de cálculo I, os ângulos α e θ não são utilizados, e então estes ficam indisponíveis para preencher quando selecionada esta opção. Após informados os parâmetros, pressiona-se o botão “calcular”, e o programa realiza todos os cálculos e verificações necessários para encontrar a taxa da armadura transversal. Além disso, o programa já apresenta, a partir da taxa de armadura calculada, os espaçamentos para cada bitola, retirados da tabela da apostila de Estruturas de Concreto Armado I do professor Rodrigues (2017).

Para otimizar o espaço da tela do programa, optou-se por utilizar uma caixa de seleção “múltipla escolha”, que serve para escolher qual armadura o usuário quer visualizar, e após isso, clica-se no botão “atualizar tabela”, que o programa automaticamente mudará para os espaçamentos das bitolas para aquela taxa de armadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 04 apresenta a tela preenchida com um exemplo, para ilustrar como o programa funciona:

Figura 04 – Programa preenchido com exemplo

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

NBR_6118

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL NBR 6118

Parâmetros de Cálculo

Bw 15 cm d 36 cm
 α 90° θ 45°
 Fck 20 MPa Vs 69.75 kN

☐ Modelo de Cálculo I
☒ Modelo de Cálculo II

CALCULAR

Resultados

Vsd 97.65 kN Asw,90°
 Vrd2 191.623 kN
 Vc 35.8088 kN
 Vsw 76.0534 kN
 Asw,90° 5.39615 cm²/m
 Asw,min 1.326 cm²/m

Espaçamento (s) Taxa de armadura (cm²/m)

5,0	7	5.7100
6,0	10	5.6500
6,3	11	5.7300
7,0	14	5.5000
8,0	18	5.5600
10,0	21.6000	5.5200
12,5	21.6000	8.3300

Diagrama de uma seção transversal retangular com largura Bw e altura h.

All rights reserved Evelyn Magalhães e Paulo Cesar Rodrigues Copyright 2018

Como observa-se na Figura 04, algumas bitolas apresentam o espaçamento (s) de 21,60 cm. Isso ocorreu porque o programa está habilitado para utilizar apenas as bitolas com o espaçamento máximo, e, quando a bitola passa do espaçamento, o programa automaticamente adota o mesmo.

Além disso, existe também a verificação do esforço cortante resistente de cálculo ($V_{sd} \leq V_{rd2}$), que o programa realiza, e que se não satisfeita, o mesmo apresenta uma mensagem ao usuário, que pode ser observada na Figura 05.

Figura 05 - Programa preenchido com exemplo (II)

NBR_6118

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL NBR 6118

Parâmetros de Cálculo

Bw 15 cm d 36 cm

Warning!

Esforço cortante de cálculo não satisfaz condição, aumente a seção transversal.

OK

Resultados

Vsd 97.65 kN Asw,90°
 Vrd2 191.623 kN
 Vc 35.8088 kN
 Vsw 76.0534 kN
 Asw,90° 5.39615 cm²/m
 Asw,min 1.326 cm²/m

Espaçamento (s) Taxa de armadura (cm²/m)

5,0	7	5.7100
6,0	10	5.6500
6,3	11	5.7300
7,0	14	5.5000
8,0	18	5.5600
10,0	21.6000	5.5200
12,5	21.6000	8.3300

Diagrama de uma seção transversal retangular com largura Bw e altura h.

All rights reserved Evelyn Magalhães e Paulo Cesar Rodrigues Copyright 2018

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

Desta maneira, o usuário deve aumentar os parâmetros da seção transversal (b_w e d), o que consequentemente deverá aumentar o valor de $VRd2$ e satisfazer a condição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posteriormente a este trabalho, o intuito é continuar com o aperfeiçoamento do programa, com algumas ideias como, apresentar uma mensagem de erro para informar as bitolas que não passaram no espaçamento, o que é necessário para que o usuário perceba que estas não são econômicas. Além disso, vai ser implementada uma maneira de o programa detalhar a seção transversal da viga através da bitola escolhida, para auxiliar os usuários na verificação dos exercícios propostos, e futuramente de outros trabalhos que possam ser desenvolvidos.

Palavras-chave: Engenharia; Concreto Armado; Cálculo de armadura.

Keywords: Engineering; Armed Concrete; Calculation of armor.

AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador pelo apoio e aos coautores pela contribuição indispensável para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.