

APLICATIVO ANDROID PARA VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO

Wallace Kacio Costa Chaves – wallacekacio@hotmail.com
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Rua Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva
CEP: 59625-900 – Mossoró – RN

Eric Mateus Fernandes Bezerra – eric.mateus@professor.ufcg.edu.br
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros
CEP: 58840-000 – Pombal – PB

João Victor Santos Monteiro – joaovictorsm@yahoo.com.br
Centro Universitário Christus
Av. Dom Luís, 911 - Meireles
CEP: 60160-230 – Fortaleza – CE

Lorena Karla Soares Peixoto – lorenakarla24@gmail.com
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Rua Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva
CEP: 59625-900 – Mossoró – RN

Paula Nobre de Andrade – paulanobreandrade@gmail.com
Centro Universitário Christus
Av. Dom Luís, 911 - Meireles
CEP: 60160-230 – Fortaleza – CE

Resumo: A utilização de ferramentas computacionais no auxílio de projetos da engenharia é, hoje, substancial. Os computadores pessoais, no entanto, não se mostram como a melhor alternativa quando se leva em consideração a mobilidade. Em função disso, os dispositivos móveis têm substituído estes últimos em atividades que demandem menor capacidade de processamento de dados. O dimensionamento de estruturas de perfis formados a frio é dispendioso, de tal modo que o auxílio computacional se torna quase obrigatório. Tendo em vista a larga utilização desses perfis na construção civil, este trabalho trata do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis que utilizem o Android como sistema operacional capaz de verificar a resistência à tração, à flexão, ao cortante e à flexão de perfis de aço formados a frio. Para tanto, foi realizada uma programação orientada a objetos em Java. Os resultados se mostraram condizentes com o mCalc 3D[®], apresentando uma diferença máxima de 1% no cálculo da resistência à tração, que se deve ao fato do mCalc 3D utilizar o Método da Largura Efetiva, enquanto o aplicativo utiliza o Método da Seção Efetiva. O aplicativo também trouxe resultados condizentes com exemplos propostos na literatura.

Palavras-chave: Aplicativo educacional. Projeto estrutural. Perfis de aço.



1 INTRODUÇÃO

Em um cenário onde as construções estão se tornando cada vez mais dinâmicas e complexas, o uso de ferramentas computacionais que auxiliem no desenvolvimento das atividades de um engenheiro tornou-se indispensável. Com o auxílio destas, não é necessário gastar tempo com operações repetitivas que são facilmente automatizadas em rotinas computacionais, fato que amplia a produtividade e, por conseguinte, confere mais tempo para o projetista analisar possibilidades com intuito de extrair uma solução melhor para o problema (LOPES; CHAVES; BEZERRA, 2018).

Os computadores pessoais, no entanto, não se mostram como a melhor alternativa quando se leva em consideração a mobilidade. Com o desenvolvimento e ampla difusão de dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) com alta capacidade de processamento e armazenamento de dados, foi natural que a indústria de aplicativos desenvolvesse ferramentas para auxiliar os agentes da construção civil (SOUZA *et al.*, 2019). Hoje, é possível ver com certa frequência, por exemplo, profissionais da construção civil utilizando aplicativos para apresentar uma proposta de projeto com realidade aumentada, para conferir projetos *in loco*, ou até mesmo para projetar elementos estruturais isolados.

Os projetos estruturais são, em sua quase totalidade, assistidos por uma ferramenta computacional. Muitas vezes, contudo, a função real do computador é confundida; a robustez dos *softwares* disponíveis atualmente no mercado pode provocar no usuário a falsa sensação de que os conceitos fundamentais de engenharia podem ser colocados de lado porque o computador já faz tudo. Há, portanto, a necessidade de ensinar os alunos de engenharia a manipular de forma consciente e responsável um sistema computacional (KIMURA, 2018). Para tanto, as ferramentas computacionais devem permear as salas de aula e, nesse sentido, os dispositivos móveis se mostram muito atrativos, tendo em vista que, diferentemente dos computadores pessoais, é inimaginável que os alunos não carreguem consigo, em tempo quase integral, seus *smartphones*.

Além do auxílio profissional, as ferramentas computacionais podem ser utilizadas como um recurso poderoso e eficaz no ensino. Ferramentas como *Ftool*[®] são respaldadas pela comunidade acadêmica e amplamente utilizadas como auxílio no ensino do comportamento das estruturas. Pinto, Bandeira e Bezerra (2019) ressaltam que durante a aula é possível consultar rapidamente um aplicativo de um *smartphone* e avaliar outras possibilidades de solução de um problema apresentado pelo professor, estimulando, dessa maneira, a sensibilidade da resposta.

Em função da crescente demanda por aplicativos que auxiliem no ensino do comportamento e no projeto de estruturas, muitos trabalhos foram desenvolvidos para esse fim, dentre os quais pode-se citar: Bezerra *et al* (2017), Freitas *et al* (2018), Lopes, Chaves e Bezerra (2018), Pinto, Bandeira e Bezerra (2019), Souza *et al* (2019).

O aço é um material que possui uma elevada relação entre resistência e peso, sendo, portanto, mais adequado em construções em que há a necessidade de vencer grandes vãos, tais como *shoppings*, galpões, estádio, edifícios altos etc. (FAKURI; SILVA; CALDAS, 2016). A utilização de perfis de aço na construção civil, dentre outras vantagens, flexibiliza o projeto de arquitetura, diminui os prazos de execução, racionaliza os materiais e a mão-de-obra, alivia as cargas nas fundações, facilita reforço e permite o reaproveitamento.

Os perfis de aço podem ser laminados, soldados ou formados a frio. Estes últimos são formados pelo dobramento, em temperatura ambiente, de chapas finas de aço. A principal vantagem desse tipo de perfil está na simplicidade de produção, fato que diminui a dependência da produção feita pelas usinas siderúrgicas, que tem se mostrado insuficiente. Por essa razão, Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2014) afirmam que os perfis formados a frio podem ser vistos como o perfil do futuro para um amplo campo de aplicações, principalmente em países em



desenvolvimento. No Brasil, é comum vê-los em galpões de pequeno e médio porte, coberturas, mezaninos, casas populares e edifícios de pequeno porte. A construção de estruturas em *Light Steel Framing*, uma técnica que está em crescente desenvolvimento, é um ótimo exemplo de aplicação desse tipo de perfil metálico (SILVA; PIERIN; SILVA, 2014).

Motivado pelo exposto, o presente trabalho trata do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis que utilizem o sistema operacional Android, implementado usando o paradigma da programação orientada a objetos na linguagem de programação Java, que seja capaz de verificar a resistência de perfis de aço formados a frio sujeitas à tração, à compressão, à flexão e à força cortante.

2 APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO

A aplicação foi implementada no *Android Studio*, que é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para desenvolvimento de aplicativos com sistema operacional Android, tendo substituído o *Eclipse Android Development Tools (ADT)* como a IDE primária do Google para desenvolvimento nativo para *Android*. A linguagem de programação utilizada na IDE é o Java, que é a linguagem de programação orientada a objetos base para o desenvolvimento de aplicativos *Android*.

O aplicativo desenvolvido no presente trabalho, denominado *HAND Steel*, contém uma biblioteca com as dimensões, a massa e demais propriedades geométricas dos perfis comerciais L, U, Ue, Z90, Z45 e Cr produzidos com chapas de aço sem revestimento e com chapas de aço zincado. O mesmo contém 470 perfis cadastrados, padronizados e disponíveis na norma NBR 6355 (ABNT, 2012), bem como as propriedades físicas dos aços mais empregados pelas usinas siderúrgicas.

Conforme pode ser visto na Figura 1, ao entrar no aplicativo, o usuário poderá optar entre três opções de verificação da resistência: vigas (que verifica o perfil à força cortante e ao momento fletor), peças comprimidas e peças tracionadas. As verificações são feitas com base nas prescrições da NBR 14762 (ABNT, 2014), que versa sobre o dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

Figura 1 - Interface inicial do aplicativo



"Os desafios para formar hoje o engenheiro do amanhã"

No desenvolvimento da ferramenta, foram feitas as seguintes considerações:

- Para o cálculo do módulo de resistência elástico das seções efetivas, foi implementado o método da seção efetiva;
- Devido à escolha do método das seções efetivas, os perfis comerciais L e Cr, não estarão disponíveis para verificação da resistência à flexão e ao cortante, pois não fazem parte dos perfis padronizados pelo método;
- Como nenhum dos perfis cadastrados possui alma com enrijecedores transversais, foi adotado para o cálculo da resistência ao esforço cortante $k_v = 5,0$.
- Para o cálculo da área efetiva da seção transversal da barra foi implementado o método das larguras efetivas;
- O aplicativo não realiza o cálculo do momento fletor de flambagem distorcional na flexão e na compressão;

Na Figura 2 são apresentados os ambientes de entrada de dados para o cálculo da resistência do perfil para as solicitações indicadas. Os dados são referentes à escolha do material constituinte do perfil, à forma geométrica da seção transversal e os comprimentos dos elementos. Excetuando o comprimento da peça, os dados são informados através da escolha de uma lista pré-configurada, não sendo possível sua edição. No caso das vigas, há ainda um campo destinado ao coeficiente de equivalência de momento na flexão (C_b) que deve ser informado pelo usuário. Por padrão, o aplicativo adota inicialmente o valor 1,0, que é a favor da segurança. Já nas peças tracionadas, como o aplicativo não faz, por ora, a verificação das conexões, é necessário informar a porcentagem que representará a redução da área bruta devido às conexões.

Figura 2 – Entrada de dados para verificação da resistência (a) à flexão, (b) à compressão e (c) à tração.

The figure displays three screenshots of the 'HAND Structure' application interface, labeled (a), (b), and (c). Each screenshot shows a 'PERFIL' (Profile) configuration screen with various input fields and calculated results.

(a) Flexão (Flexure):

- Material do Perfil: ASTM A36
- f_y : 250.0 MPa, f_u : 400.0 MPa
- Forma do Perfil: Z45 sem revest.
- Perfil: 100 x 50 x 17 x 1,20
- Geometria: $b_w = 100$ mm, $b_f = 50$ mm, $D = 17$ mm, $t = 1.20$ mm
- Comprimentos Efetivos: $L_{ef,y}$ (cm): 100, $L_{ef,z}$ (cm): 100
- Parâmetro de Cálculo: C_b : 1
- Esforços Resistentes: M,R_d (kN.cm): 202.00, V,R_{dx} (kN): 14.79, V,R_{dy} (kN): 13.45

(b) Compressão (Compression):

- Material do Perfil: COS-CIVIL 300
- f_y : 300.0 MPa, f_u : 400.0 MPa
- Forma do Perfil: Ue sem revest.
- Perfil: 50 x 25 x 10 x 1,20
- Geometria: $b_w = 50$ mm, $b_f = 25$ mm, $D = 10$ mm, $t = 1.20$ mm
- Comprimentos Efetivos: $L_{ef,x}$ (cm): 100, $L_{ef,y}$ (cm): 100, $L_{ef,z}$ (cm): 100
- Esforço Resistente: N_c,R_d (kN): 14.17

(c) Tração (Tension):

- Material do Perfil: SAE 1010
- f_y : 180.0 MPa, f_u : 330.0 MPa
- Forma do Perfil: L sem revest.
- Perfil: 80 x 4,25
- Geometria: $b_w = 80$ mm, $b_f = 80$ mm, $D = 0$ mm, $t = 4.25$ mm
- Comprimento da Peça: L (cm): 300
- Área Efetiva: $C_t A_n$ (%): 100
- Esforço Resistente: N_t,R_d (kN): 106.36

Os resultados somente serão apresentados se todos os campos estiverem devidamente preenchidos. Se algum campo estiver em branco ou preenchido de forma indevida, o aplicativo retornará uma mensagem de erro. Para as peças comprimidas e tracionadas, se os comprimentos informados excederem o limite de esbeltez máxima, o aplicativo também retornará uma mensagem de erro.

Quando as resistências forem calculadas, o botão "RELATÓRIO" será habilitado. Pressionando esse botão, o usuário será direcionado a uma interface que conterá o memorial de cálculo, apresentando detalhadamente os resultados de cálculo e o procedimento para a verificação de um perfil solicitado. Caso algum campo seja alterado após a determinação dos esforços resistentes, todos os resultados obtidos serão apagados e o botão "RELATÓRIO" será desabilitado para que não haja confusão na análise dos verdadeiros dados.

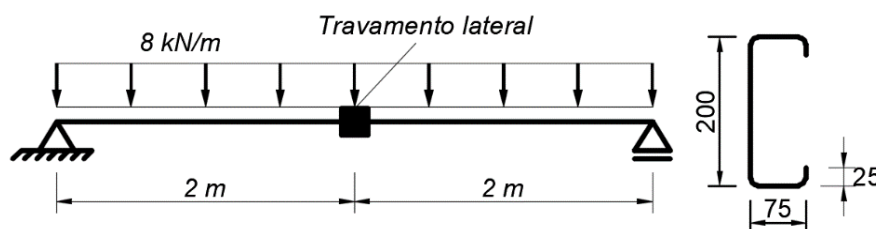
3 APLICAÇÕES NUMÉRICAS

Para a validação dos resultados fornecidos pelo HAND Steel, foram feitas aplicações da ferramenta em problemas presentes na literatura. Em seguida, os resultados foram comparados com os fornecidos pelo *software* mCalc 3D.

3.1 Verificação da flexão simples

O primeiro problema, proposto por Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2014), consiste na verificação das condições de segurança da viga mostrada na Figura . Considerando o início do escoamento da seção efetiva e a flambagem lateral com torção, é adotado aço COS CIVIL 300 ($f_y = 350$ MPa) e perfil U_e sem revestimento 200x75x25x2,65 ($W_c = 60,58$ cm³).

Figura 3 - Viga solicitada a carregamento distribuído



Fonte: Adaptado de Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2014).

Comparando os resultados obtidos pelo aplicativo com os apresentados por Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2014), é possível verificar, conforme mostra a Tabela 1, que a diferença é satisfatória e provavelmente decorrente de arredondamentos feitos na resolução manual. A Figura 4 apresenta o relatório com os resultados fornecido pelo aplicativo.

Tabela 1 – Resultados de problema para flexão simples

Flexão simples	Literatura	HAND/Steel	Diferença
Início do escoamento	19,2755 kNm	19,2723 kNm	0,02%
FLT	18,4700 kNm	18,4586 kNm	0,06%

Figura 4 - Relatório de cálculo da resistência à flexão simples

Relatório

DADOS INICIAIS

Material do perfil: COS-CIVIL 350

Forma do perfil: Ue sem revest.

Perfil: 200 x 75 x 25 x 2,65

Lef,y: 200 cm

Lef,z: 200 cm

Cb: 1.30

fy: 350.0 MPa

Wc: 60.57 cm³

MEMORIAL DE CÁLCULO

Coefficiente de flambagem local para a seção completa:

$k_1 = 27.01$

Momento fletor de flambagem local elástica:

$M_l = k_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot (b_w/t)^2 \cdot W_c = 5,192.10 \text{ kN.cm}$

a) Momento resistente no início do escoamento da seção efetiva:

$\lambda_p = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_l}} = 0.64$

$W_{ef} = 60.57 \text{ cm}^3$

$M_{Rd} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{\gamma} = 1,927.23 \text{ kN.cm}$

b) Momento resistente na flambagem lateral com torção:

$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot l_y)^2} = 354.27 \text{ kN}$

$N_{ey} = \frac{1}{I_y^3} \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_y \cdot l_y)^2} + G \cdot J \right] = 317.29 \text{ kN}$

$M_e = C_b \cdot r_0 \cdot \sqrt{N_{ex} \cdot N_{ey}} = 4,297.50 \text{ kN.cm}$

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0.70$

$\chi_{FLT} = 0.96$

$\lambda_p = \sqrt{\frac{\chi_{FLT} \cdot W_c \cdot f_y}{M_l}} = 0.63$

$\lambda_0 = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0.70$

$\chi_{FLT} = 0.96$

$\lambda_p = \sqrt{\frac{\chi_{FLT} \cdot W_c \cdot f_y}{M_l}} = 0.63$

$W_{ef} = 60.57 \text{ cm}^3$

$M_{Rd} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{ef} \cdot f_y}{\gamma} = 1,845.86 \text{ kN.cm}$

- Momento fletor resistente de cálculo:

$M_{Rd} = 1,845.86 \text{ kN.cm}$

- Força cortante resistente de cálculo na direção X:

$V_{Rd} = \frac{0.6 \cdot f_y \cdot h \cdot t}{\gamma} = 65.16 \text{ kN}$

- Força cortante resistente de cálculo na direção Y:

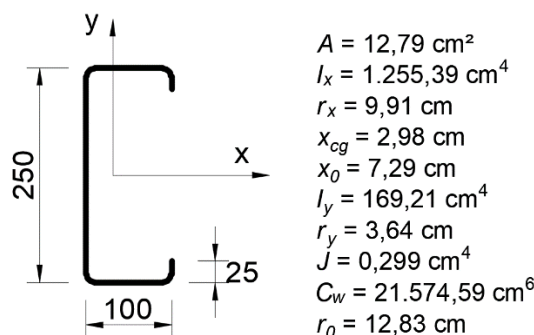
$V_{Rd} = \frac{(0.905 \cdot E \cdot k_v \cdot t^3 / h)}{\gamma} = 77.63 \text{ kN}$

OK

3.2 Verificação da compressão axial

Para validar o módulo de compressão axial, a ferramenta foi aplicada no problema proposto por Javaroni (2015), que consiste em determinar a força axial de compressão resistente de cálculo para uma barra de banzo de treliça com seção transversal tipo Ue 250x100x25x2,65 feita de aço COS-CIVIL 300 ($f_y = 300 \text{ MPa}$). Os comprimentos de flambagem em x, y e z são, respectivamente, 600 cm, 200 cm e 200 cm. As propriedades geométricas da seção transversal são apresentadas na Figura 5.

Figura 5 - Características geométricas para o perfil



Fonte: Adaptado de Javaroni (2015).

Javaroni (2015) obteve uma força resistente para o perfil de 172 kN, enquanto o aplicativo chegou ao valor de 172,08 kN (Figura 6). Supõe-se que essa divergência insignificante (0,05%) também se deve à precisão dos arredondamentos feitos na solução manual.

Figura 6 - Relatório de cálculo da resistência à compressão axial

Relatório

DADOS DE ENTRADA

Material do perfil: COS-CIVIL 300
Forma do perfil: Ue sem revest.
Perfil: 250 x 100 x 25 x 2,65
fy: 300.0 MPa
Ag: 12.79 cm²
Lef,x: 600 cm
Lef,y: 200 cm
Lef,z: 200 cm

MEMORIAL DE CÁLCULO

Força axial de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo principal x:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot I_x)^2} = 688.34 \text{ kN}$$

Força axial de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo principal y:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot I_y)^2} = 835.02 \text{ kN}$$

Força axial de flambagem elástica por torção:

$$N_{e\omega} = \frac{1}{i_0^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_\omega \cdot I_\omega)^2} + G \cdot J \right] = 660.77 \text{ kN}$$

Força axial de flambagem elástica por torção:

$$N_{e\omega z} = 429.90 \text{ kN}$$

Força axial de flambagem global elástica:

$$N_e = 429.90 \text{ kN}$$

Propriedades efetivas:

$$b_{ef, enrijecedor} = 1.97 \text{ cm}$$

Força axial de flambagem global elástica:

$$N_e = 429.90 \text{ kN}$$

Propriedades efetivas:

$$b_{ef, enrijecedor} = 1.97 \text{ cm}$$

$$b_{ef, AA} = 13.41 \text{ cm}$$

$$b_{ef, AL} = 8.94 \text{ cm}$$

$$A_{ef} = 10.00 \text{ cm}^2$$

Fator de redução da força axial de compressão resistente:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0.94$$

$$\chi = 0.69$$

Força axial de compressão resistente de cálculo:

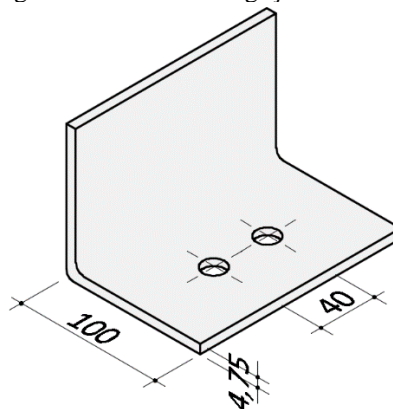
$$N_{c, Rd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{\gamma} = 172.08 \text{ kN}$$

OK

3.3 Verificação da resistência à tração

Para a verificação à tração, a ferramenta foi aplicada em um problema proposto por Silva, Pierin e Silva (2014), que consiste em calcular a força resistente à tração de um tirante L 100x4,75 com 5,0 m de comprimento formado pelo aço ASTM A36. O detalhe da ligação do tirante, feita com 2 parafusos com diâmetro de 16 mm, encontra-se ilustrado na Figura com dimensões em milímetros.

Figura 7 – Detalhe da ligação do tirante

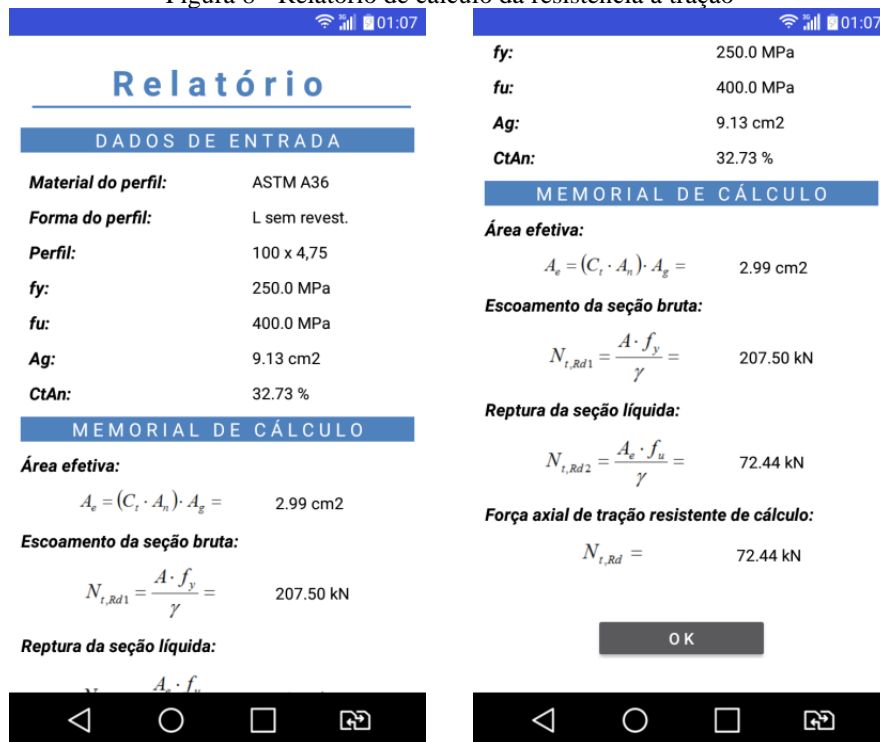


Fonte: Adaptado de Silva, Pierin e Silva, 2014

Conforme já salientado, o aplicativo desenvolvido não realiza o cálculo do coeficiente C_t nem da área líquida (A_n). Sendo assim, para que fosse possível a análise desse problema utilizando o aplicativo, determinou-se o quanto o produto desses dois parâmetros equivalia em porcentagem da área bruta. Para tanto, dividiu-se o produto entre a área líquida e o coeficiente C_t , cujos valores foram obtidos por Silva, Pierin e Silva (2014), pela área bruta do perfil. Sendo assim, a caixa do aplicativo $C_t A_n$ foi alimentada com o valor 32,73%.

Conforme pode ser visto na Figura 8, o aplicativo obteve uma resistência de 72,44 kN, que é exatamente o mesmo valor apresentado Silva, Pierin e Silva (2014).

Figura 8 - Relatório de cálculo da resistência à tração



Relatório

DADOS DE ENTRADA

Material do perfil: ASTM A36
Forma do perfil: L sem revest.
Perfil: 100 x 4,75
fy: 250.0 MPa
fu: 400.0 MPa
Ag: 9.13 cm²
CtAn: 32.73 %

MEMORIAL DE CÁLCULO

Área efetiva:
 $A_e = (C_t \cdot A_n) \cdot A_g = 2.99 \text{ cm}^2$

Escoamento da seção bruta:
 $N_{t,Rd1} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma} = 207.50 \text{ kN}$

Reptura da seção líquida:
 $N_{t,Rd2} = \frac{A_e \cdot f_u}{\gamma} = 72.44 \text{ kN}$

Força axial de tração resistente de cálculo:
 $N_{t,Rd} = 72.44 \text{ kN}$

OK

3.4 Comparativo com software mCalc 3D

Para o comparativo com mCalc 3D, software de modelagem, análise e dimensionamento de estruturas espaciais metálicas desenvolvido pela STABILE, utilizou-se uma terça biapoiada com seção transversal tipo U 150x50x8,00 em aço ASTM A36, comprimento efetivo, em todas as direções, de 1 m e $C_t = 1$. A Tabela mostra os resultados obtidos pelas duas ferramentas.

Tabela 2 – Comparativo entre os resultados do mCalc 3D e do HAND Steel

Exercício	mCalc 3D	HAND Steel	Diferença	
Tração	396,36 kN	400,45 kN	1,02%	
Compressão	281,58 kN	281,59 kN	0,00%	
Flexão Simples	Início do escoamento	1513,70 kNcm	1525,23 kNcm	0,76%
	Lateral com torção	1513,70 kNcm	1525,23 kNcm	0,76%
Cortante em X	74,18 kN	74,18 kN	0,00%	
Cortante em Y	128,73 kN	128,73 kN	0,00%	

A Tabela 4 mostra que a maior diferença entre os resultados das ferramentas foi de cerca de 1%. Essa diferença maior verificada no cálculo da resistência à tração se deve, em parte, ao fato do mCalc 3D utilizar o Método da Largura Efetiva, enquanto o aplicativo utilizar o Método da Seção Efetiva. Outro fator é que o mCalc 3D calcula as propriedades geométricas do perfil e o HAND Steel possui todas elas previamente cadastradas em seu banco de dados, havendo, assim, a possibilidade de uma divergência mínima nos valores das propriedades.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou como proposta principal o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis que use sistema operacional Android para verificação da capacidade resistente de perfis formados a frio sujeitos à tração, à compressão, à flexão e ao cortante. Tendo em vista os aspectos observados, é possível identificar que tal objetivo foi alcançado, haja vista que a ferramenta denominada HAND Steel foi capaz de obter resultados em conformidade com os disponíveis na literatura e com um *software* para projeto de estruturas de aço bem difundido no mercado.

Devido seu desempenho satisfatório e sua interface amigável, simples e intuitiva, o HAND Steel se mostrou com notável potencial para aplicações tanto no projeto como recurso pedagógico que auxilia no ensino do comportamento desse tipo de elemento. O mesmo pode ser visto como uma boa alternativa para análise de perfis formados a frio, principalmente no que diz respeito à mobilidade e facilidade de manuseio.

Dada a grande demanda da indústria da construção civil pela utilização de perfis formados a frio, o desenvolvimento de ferramentas para auxílio no projeto destas amplia a gama de alternativas e o acesso a elas, fato que ressalta a relevância deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 6355**: Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização. Rio de Janeiro, 2012.

BEZERRA, E. M. F.; OLIVEIRA, J. I. F.; ARAÚJO, D. A. M.; MELO, A. M. C. Aplicativo Android para análise e dimensionamento de lajes nervuradas em concreto armado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59, 2017, Bento Gonçalves. **Anais...** CBC, 2017.

CARVALHO, P. R. M.; GLIGOLLETTI, G.; BARBOSA, G. D. **Curso básico de perfis de aço formados a frio**. 3. ed. Porto Alegre: S. N, 2014.

FAKURY, R. H.; SILVA, A. L. R. C.; CALDAS, R. B. **Dimensionamento básico de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Pearson, 2016.

FREITAS, I. L. B.; SOUZA, P. H. E.; SARAIVA, R. L. P.; BEZERRA, E. M. F. Desenvolvimento de uma ferramenta para dispositivos móveis para dosagem de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: ANTAC, 2018.

JAVARONI, C. E. **Estruturas de Aço: dimensionamento de perfis formados a frio**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

KIMURA, A. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

LOPES, H. M. T.; CHAVES, W. K. C.; BEZERRA, E. M. F. Aplicativo para dispositivos móveis para o dimensionamento de peças de madeira sujeitas à tração e compressão. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3, 2018, São Carlos. **Anais...** [S.l.]: CLEM, 2018.

PINTO, J. W. G.; BANDEIRA, F. J. S.; BEZERRA, E. M. F. Desenvolvimento de aplicativo Android para avaliação da resistência de perfis laminados de aço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 47, 2019, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABENGE, 2019.

SOUZA, P. H. E.; FREITAS, I. L. B.; HOLANDA, F. A.; OLIVEIRA, J. I. F.; BEZERRA, E. M. F. MIT app inventor: uma aplicação no desenvolvimento de um aplicativo para cálculo da armadura de vigas de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 47, 2019, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABENGE, 2019.

SILVA, E. L.; PIERIN, I.; SILVA, V, P. **Estruturas compostas por perfis formados a frio – Dimensionamento pelo método das larguras efetivas e aplicação conforme ABNT NBR 14762:2010 e ABNT NBR 6355:2012.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2014.

ANDROID APPLICATION TO VERIFY COLD FORMED STEEL PROFILES RESISTENCE

Abstract: *Computational tools usage to aid engineering projects is now substantial. Personal computers, however, do not prove to be the best alternative when considering mobility. As a result, mobile devices have been useful in activities that require less data processing capacity. Cold-formed profile structures dimensioning is expensive, in such a way that the computational assistance becomes almost mandatory. In view of the widespread use of these profiles in civil construction, this work deals with the development of an application for mobile devices that use Android as an operating system capable of verifying the resistance to traction, bending, cutting and bending of cold formed steel profiles. For that, an object-oriented programming was performed in Java. The results were consistent with the mCalc 3D[®] and with examples proposed by some authors, which shows the applicability and potential of the tool.*

Keywords: *Android, Java, cold formed profiles.*