

# ConnectSteel: Um aplicativo móvel para verificação e dimensionamento de emendas parafusadas

João Victor Abas Matos<sup>1</sup> André Sarkis Muller<sup>1</sup>,  
Victor Henrique Bezerra de Lemos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

{joaoabasm, victorhbl12}@gmail.com, andre.muller@ifma.edu.br

**Abstract.** *The following paper presents a mobile application ConnectSteel, designed to perform modelling, checking and design of bolted steel connections between metallic plates under axial tension. The verification of the ultimate resistance is based on Ultimate Limit State method for structural design and Brazilian code NBR 8800:2008, which approaches the Steel-work design. ConnectSteel app has academic purposes and aims to improve learning quality on a simple and intuitive way for Civil Engineering students with a interactive and visual approach.*

**Keywords:** *Mobile application, Steel connections, Steel-work.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta o aplicativo móvel ConnectSteel, desenvolvido para modelagem, verificação e dimensionamento de ligações metálicas parafusadas do tipo emenda entre chapas submetidas à tração. A verificação da resistência última, é baseada no método dos Estados Limites Últimos e nas orientações da norma brasileira NBR 8800:2008, que aborda o dimensionamento de estruturas em aço. O aplicativo ConnectSteel tem fins acadêmicos e visa, de forma intuitiva e simples, melhorar a qualidade do aprendizado de alunos do curso de Engenharia Civil sobre o tema ao representá-lo de forma mais visual e interativa.*

**Palavras-chaves:** *Aplicação móvel, Ligações metálicas, Estruturas de aço.*

## 1. Introdução

Atualmente, as estruturas feitas em aço, fazem parte das paisagens das maiores cidades do mundo e abriram diversas novas possibilidades na construção civil, porém o domínio do aço como material construtivo percorreu um longo caminho até que chegasse ao nível dos projetos atuais. No entanto, durante esse tempo, a medida em que aumenta-se o uso do aço na construção civil, também cresce a preocupação com a segurança, o que também elevou os estudos na área.

Ainda sobre as estruturas metálicas em aço, as ligações parafusadas do tipo emenda entre chapas metálicas têm ampla aplicação real. Assim, foi necessário padronizar a aplicação desse tipo de técnica, como pode ser visto na norma brasileira [ABNT 2008]. E para garantir que uma emenda parafusada entre chapas seguisse a norma corrente no Brasil, diversos cálculos de resistência são necessários, como descrito em [Pfeil and Pfeil 2009]. Os cálculos das resistências é um processo complexo e muitas vezes repetitivo, o que faz o estudo desse tipo de caso não atrativo.

Neste contexto, este trabalho apresenta o ConnectSteel, um aplicativo com fins acadêmicos que visa automatizar a obtenção das resistências de ligações parafusadas de chapas do tipo emenda sob esforços axiais de tração. Esta aplicação visa auxiliar estudantes da área no processo de dimensionamento e verificação de ligações parafusadas do tipo especificado.

## 2. Fundamentação Teórica

O aplicativo ConnectSteel realiza os cálculos das resistências últimas, utilizando o método de dimensionamento dos Estados Limites Últimos (ELU), a partir, da comparação entre a solicitação de cálculo e da resistência da ligação, se estabelece a verificação da estrutura. A resistência última é a menor calculada entre os 4 casos de falha estrutural abaixo:

- Resistência ao corte na seção dos conectores;
- Resistência a pressão de apoio dos conectores nas paredes da chapa e rasgamento da chapa;
- Resistência a tração na chapa;
- Resistência ao cisalhamento em bloco.

A norma brasileira da ABNT NBR 8800:2008, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos em projetos de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto. Todo o cálculo desenvolvido para verificação das ligações no ConnectSteel obedecem as orientações técnicas disponíveis no documento. Em seu item 6, a NBR 8800:2008 aborda especificamente o dimensionamento de ligações metálicas e todas as regras para o dimensionamento das mesmas, sempre visando a segurança.

## 3. Desenvolvimento do Aplicativo

O ConnectSteel é um aplicativo móvel desenvolvido para plataformas com o sistema operacional da empresa Google LLC, o Android. Atualmente, estima-se que o 76,61% dos smartphones do mundo utilizam o sistema Android. No Brasil, o domínio é ainda maior com cerca de mais de 85% do mercado de smartphones com o sistema operacional da Google [Stats 2018].

### 3.1. Tecnologias e Ferramentas utilizadas

A IDE utilizada de desenvolvimento foi o IntelliJ IDEA [Jet Brains 2011], lançada pela empresa Jet Brains em 2011. O IntelliJ foi escolhido por ser uma ótima ferramenta de desenvolvimento Android, fornecendo os recursos necessários para facilitar o processo de criação de um aplicativo.

Para a entrada dinâmica de dados da chapa, foi utilizada a biblioteca GraphView [Gehring 2015]. Essa biblioteca implementada em Java, gera gráficos de matemáticos dos mais diferentes tipos e foi utilizada nessa aplicação para visualizar a disposição dos parafusos adicionados na chapa.

### 3.2. Diagrama de Caso de Uso

O diagrama de caso de uso, apresentado na Figura 1, descreve a funcionalidade Criar Chapa, a principal e maior funcionalidade do aplicativo. Nessa finalidade, o usuário têm três principais ações: adicionar Conector, limpar chapa e calcular resistências.

Em adicionar Conector, o usuário é apresentado com uma chapa metálica que deve ser conectada por uma configuração de parafusos, o usuário deve adicionar as coordenadas do parafuso conector e ele será adicionado à chapa. O conector só será adicionado, se o posicionamento do mesmo não quebrar nenhuma das normas descritas em [ABNT 2008].

Já em limpar Chapa, o usuário pode remover os conectores adicionados à chapa em caso de algum erro ao adicionar. Com isso, o usuário poderá reiniciar o processo de adicionar os conectores em uma chapa com nenhum conector.

Por fim, quando não há mais parafusos a serem adicionados, o usuário pode executar Calcular Resistências. Essa ação utiliza configuração de conectores, criada para realizar os cálculos de verificação e dimensionamento de emendas, resultados, esses que são apresentados em outra tela da aplicação.

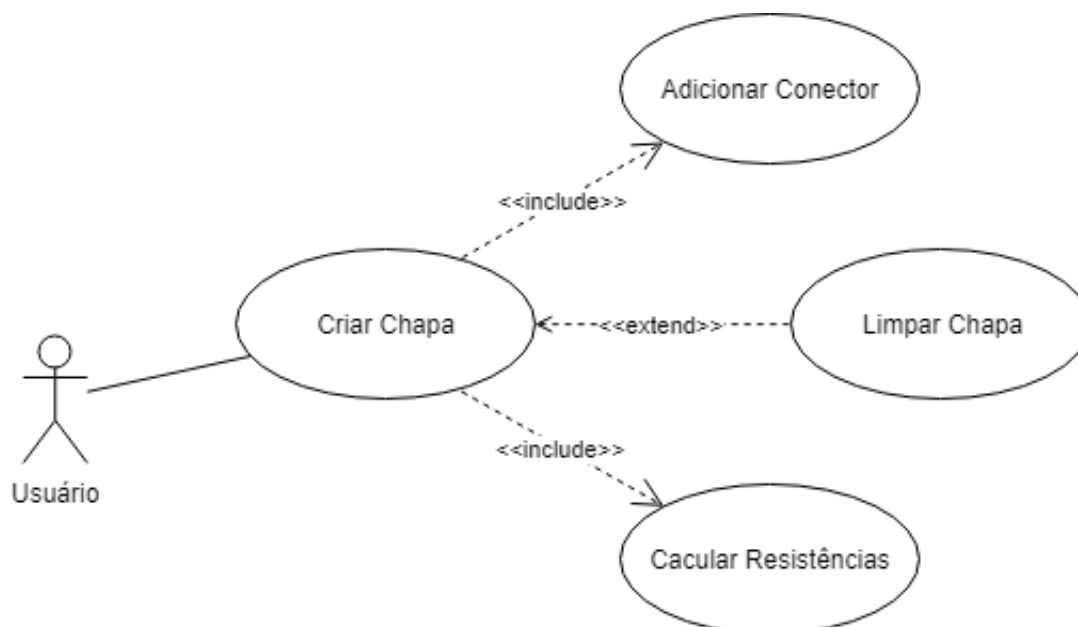


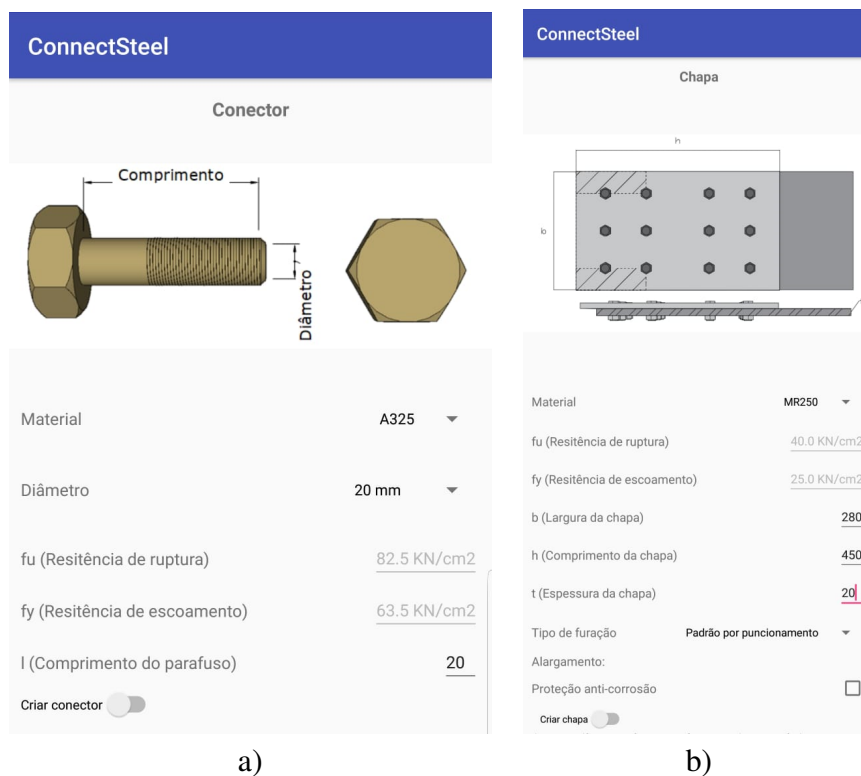
Figura 1. Caso de Uso Criar Chapa, principal funcionalidade da aplicação

## 4. Resultados

Os resultados do aplicativo apresentado, podem ser dividido em duas partes para melhor entendimento: a Interface de Usuário e Cálculos de Resistências. Assim, nas seções a seguir, cada parte será apresentada com mais detalhes.

### 4.1. Interface de Usuário

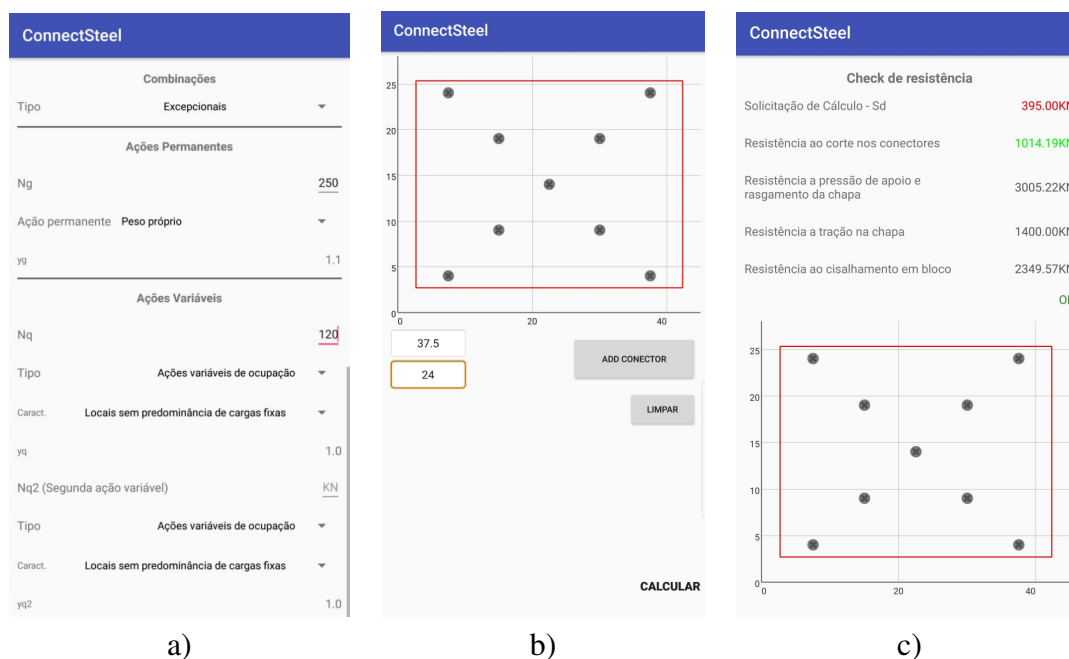
O aplicativo ConnectSteel foi desenvolvido para dispositivos Android e apresenta um padrão Material Design da Google. Isso faz com que o estilo de interface seja amigável ao usuário, já que segue um padrão amplamente utilizado em aplicações Android.



**Figura 2. Tela de Materiais para a): Conector; b) Chapa**

Outro ponto que faz a interface do sistema de fácil uso é sua linearidade, uma vez que o aplicativo é dividido em quatro telas e algumas delas, só podem ser acessadas após as anteriores terem sido acessadas e/ou preenchidas. As telas são apresentadas de forma sequencial na respectiva ordem: Materiais, Solicitações, Criar Chapa e Resultados. Cada tela exerce as seguintes funcionalidades:

- **Materiais:** a primeira tela a ser acessada, onde todas as dimensões e materiais da chapa (Figura 2 (b)) e conectores (Figura 2 (a)) são definidos. O usuário pode definir as constantes que compõem o material metálico ou utilizar algum dos materiais já definidos no sistema;
- **Solicitações:** essa tela só pode ser acessada após, a tela de Materiais, onde o usuário escolhe as solicitações de carregamento a qual a estrutura será submetida. O cálculo da solicitação de cálculo é feito com base na combinação excepcional de esforços entre a força de ação permanente e a força de ação variável (Figura 3 (a));
- **Criar Chapa:** com as solicitações definidas, o usuário vai para a tela de Criar Chapa (Figura 3 (b)), onde cada conector é adicionado em sua respectiva posição na chapa. O usuário pode remover os conectores adicionados em caso de algum erro;
- **Resultados:** quando todos os conectores já foram adicionados, as resistências podem ser calculadas e o resultados de todos os cálculos é apresentado na tela de Resultados. Nessa tela, o usuário é apresentado com uma imagem da configuração final da chapa e seus conectores e a informação de se os cálculos de resistência obtidos atendem à norma ABNT NBR 8800:2008, como pode ser visto na Figura 3 (c).



**Figura 3.** Tela para realizar o cálculo de solicitação de cálculo (a); Tela de criar chapa (b); Tela de resultados (c).

## 4.2. Cálculos de Resistências

Apesar dos diversos cálculos realizados, a aplicação apresentou ótimo desempenho em todos os dispositivos testados, entregando resultados de forma instantânea. Quanto aos resultados parciais obtidos, os cálculos de resistência apresentaram margens de erro irrelevantes para uma aplicação de uso acadêmico, se adequando ao que foi proposto.

## 5. Conclusão

Os projetos de estruturas metálicas apresentam uma gama enorme de soluções, visto aos avanços técnicos nesta área e na siderurgia. Da mesma forma, as conexões metálicas abrangem uma grande variedade de necessidades de projeto e soluções de engenharia. O aplicativo Connectsteel permite, em sua primeira versão, a modelagem e verificação de um tipo de ligação muito usual e com aplicação prática variada, as ligações tipo emenda parafusadas.

Ao permitir a modelagem do problema, à luz da norma brasileira ABNT NBR 8800:2008, o aplicativo entrega aos usuários uma experiência de aprendizado interessante, pois permite a visualização do problema e resolução rápida dos cálculos das resistências e solitações. Os resultados parciais obtidos levaram à margens de erro irrelevantes para a aplicação acadêmica e até mesmo prática.

Portanto, conclui-se que todos os objetivos estabelecidos para a aplicação foram alcançados, abrindo caminho para futuras atualizações do software que venham a acrescentar funcionalidades e abranger outros tipos de ligações metálicas.

## Referências

ABNT, N. (2008). 8800: 2008. *Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.*

Gehring, J. (2015). Graphview - open source graph plotting library for android. *On-line at <http://www.android-graphview.org>.*

Jet Brains, I. (2011). IntelliJ idea. *On-line at [www.intellij.com](http://www.intellij.com).*

Pfeil, W. and Pfeil, M. (2009). Estruturas de aço—dimensionamento prático de acordo com a abnt nbr 8800: 2008. *Editora LTC, 8<sup>a</sup>. Edição, Rio de Janeiro.*

Stats, S. G. (2018). Mobile operating system market share worldwide. *On-line at <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>.*