



**Bárbara Daniela Giorgini Sepúlveda**

***Influência das ligações no dimensionamento das estruturas tubulares circulares de aço treliçadas***

CAMPINAS  
2013  
i

Página intencionalmente deixada em branco



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

**Bárbara Daniela Giorgini Sepúlveda**

***Influência das ligações no dimensionamento das estruturas tubulares circulares de aço treliçadas***

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil, na área de concentração de Estruturas.

Orientador: Prof. Dr. João Alberto Venegas Requena

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO OU TESE DEFENDIDA PELA ALUNA BÁRBARA DANIELA GIORGINI SEPÚLVEDA E ORIENTADA PELO PROF. DR. JOÃO ALBERTO VENEGA REQUENA.

ASSINATURA DO ORIENTADOR:

---

CAMPINAS  
2013

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Se63i Sepúlveda, Bárbara Daniela Giorgini, 1986-  
Influência das ligações no dimensionamento das estruturas tubulares  
circulares de aço treliçadas / Bárbara Daniela Giorgini Sepúlveda. – Campinas, SP  
: [s.n.], 2013.

Orientador: João Alberto Venegas Requena.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Estruturas metálicas. 2. Tubos de aço. 3. Treliças (Construção civil). 4.  
Ligações metálicas. 5. Desenho (Engenharia) - Dimensionamento. I. Requena,  
João Alberto Venegas, 1956-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade  
de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Joint influence on design of steel circular hollow section truss structure

**Palavras-chave em inglês:**

Steel structure

Hollow sections

Trusses (Construction)

Stell joints

Drawing (Engineering) - Design

**Área de concentração:** Estruturas e Geotécnica

**Titulação:** Mestra em Engenharia Civil

**Banca examinadora:**

João Alberto Venegas Requena [Orientador]

Arlene Maria Sarmanho Freitas

Leandro Palermo Júnior

**Data de defesa:** 30-10-2013

**Programa de Pós-Graduação:** Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO**

**Influência das ligações no dimensionamento das  
estruturas tubulares circulares de aço treliçadas**

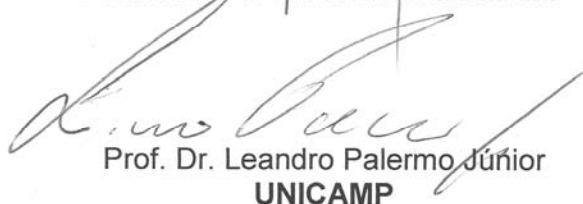
**Bárbara Daniela Giorgini Sepúlveda**

**Dissertação de mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída  
por:**

por:



**Prof. Dr. João Alberto Requena Venegas  
Presidente e Orientador/UNICAMP**



**Prof. Dr. Leandro Palermo Júnior  
UNICAMP**



**Prof. Dra. Arlene Maria Sarmanho Freitas  
UFOP**

Campinas, 30 de outubro de 2013.

Página intencionalmente deixada em branco

## RESUMO

Este artigo apresenta o estudo da influência das ligações no comportamento das estruturas treliçadas compostas por perfis tubulares de aço. As ligações em treliças de aço são normalmente projetadas para união de barras por meio de chapas que garantam a transmissão e equilíbrio das forças. No caso em particular de treliças que utilizam perfis tubulares de aço as ligações são projetadas sem chapas. As barras são unidas diretamente por meio de soldas nos contatos dos perfis que são cortados geometricamente exatos para o ajuste da ligação. Este procedimento aumenta a produtividade de fabricação além de dar um aspecto visual melhor para a estrutura. Dependendo da geometria da ligação podem ocorrer excentricidades dos eixos provocando a introdução de momentos fletores, que quando não puderem ser evitados, devem ser levados em consideração não só no cálculo da ligação como também na determinação dos esforços da treliça. Outro aspecto importante é a análise do colapso da ligação que pode ocorrer quando uma barra é associada à outra de forma inadequada na ligação direta, sendo variados os tipos de falhas. Portanto, será analisada a influência das ligações no comportamento da estrutura a partir de gráficos baseado no estudo das equações de força resistente das ligações tubulares circulares. Este estudo gráfico permitiu a criação do processo de cálculo, denominado Processo Simplificado, que orientam para as combinações de perfis que atendam as exigências geométricas e de força resistente das ligações durante o dimensionamento de barras. O processo é baseado em de tabelas de cálculo desenvolvidas para a orientação de um bom projeto de estrutura treliçada considerando ou evitando estas influências sem onerar o projeto final.

Palavras-chave: Estruturas tubulares de aço, treliças, ligações, projetos, dimensionamento de ligações.

## **ABSTRACT**

This paper presents the study of connections influence in the behavior of hollow sections truss structures. Joints in steel trusses are usually designed considering sheets that will ensure the transmission and balance of forces. In particular case of trusses using hollow sections steel connections are designed without plates. The beams are directly welded to steel sections which are geometrically cut to fit the joint. This increases manufacturing productivity in addition to give the structure a better visual appearance. Axes eccentricities can occur depending on connection geometry resulting in introduction of bending moments. When this eccentricity cannot be avoided, it has to be taken into account in joint design and also in determining truss efforts. Another important aspect is analysis joint collapse which can occur when a beam is improperly associated to another beam, which can produce many kinds of fails. Therefore, graphics analyses were studied based on circular hollow sections joint strength equations that show the influence of joints on structures. The Simplified Process, created after graphics studies, shows the valid combinations of circular hollow sections geometry and strength during beam structure design verification. This process is based on tables developed to orient a good truss project considering or avoiding this influences without raising budget on final design.

Keywords: Hollow section structures, steel trusses, connections, design, connections design.



<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>XVII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XIX</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>XXI</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1.    GENERALIDADES E HISTÓRIA .....	1
1.2.    A ESTRUTURA TUBULAR ATUALMENTE .....	4
1.3.    OBJETIVO .....	8
<b>CAPÍTULO 1. ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>11</b>
1.1.    REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
1.2.    LIGAÇÕES – ORIENTAÇÕES DE NORMAS .....	13
1.2.1.    MODOS DE FALHA DA LIGAÇÃO .....	18
1.3.    TRELIÇAS: CONSIDERAÇÕES GERAIS DE PROJETO .....	21
1.4.    INFLUÊNCIA DA LIGAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DA TRELIÇA .....	24
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
2.1.    PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	29
2.2.    MODELO NUMÉRICO - ESTUDO DE CASO.....	30
2.3.    ANÁLISE GRÁFICA DO COMPORTAMENTO DAS LIGAÇÕES.....	30
2.4.    PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES .....	30
2.5.    AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE ADOÇÃO DO MÉTODO PARA OS OUTROS TIPOS DE LIGAÇÕES (X, T, Y).....	31
<b>CAPÍTULO 3. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>33</b>
3.1.    EXEMPLO EM TRELIÇA TIPO WARREN .....	33
3.1.1.    ESTUDO DO MODELO 1: .....	34
3.1.2.    ESTUDO DO MODELO 2.....	38
3.2.    CONSIDERAÇÕES.....	43

<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS LIGAÇÕES .....</b>	<b>45</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	45
4.1.1. ESTUDO DO MODO DE FALHA A .....	46
4.1.2. ESTUDO DO MODO DE FALHA D .....	50
4.1.2.1. ANÁLISE GRÁFICA .....	52
4.1.3. COMPARATIVO ENTRE O MODO DE FALHA A E D – LIGAÇÃO K.....	54
4.2. LIGAÇÃO N .....	55
4.2.1. ESTUDO DO MODO DE FALHA A .....	55
4.2.1.1. ANÁLISE GRÁFICA .....	56
4.2.2. COMPARATIVO ENTRE O MODO DE FALHA A E D – LIGAÇÃO N .....	59
4.3. LIGAÇÃO T E Y.....	61
4.3.1. ESTUDO DO MODO DE FALHA A .....	61
4.3.2. COMPARATIVO ENTRE O MODO DE FALHA A E D – LIGAÇÃO T E Y.....	63
4.4. LIGAÇÃO X .....	65
4.4.1. ESTUDO DO MODO DE FALHA A .....	65
4.4.2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA .....	65
4.4.1. COMPARATIVO ENTRE O MODO DE FALHA A E D – LIGAÇÃO X.....	67
4.5. APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS SOBRE TABELAS DE PERFIS VALLOUREC .....	68
4.6. CONSIDERAÇÕES.....	72
<b>CAPÍTULO 5. ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES .....</b>	<b>75</b>
5.1. DESENVOLVIMENTO DO DIMENSIONAMENTO.....	75
5.2. CRITÉRIOS PARA USO DA TABELA DE DIMENSIONAMENTO – PROCESSO SIMPLIFICADO .....	79
5.3. A TABELA DE DIMENSIONAMENTO – PROCESSO SIMPLIFICADO .....	79
5.4. ESTUDO COMPARATIVO COM APLICAÇÃO DA TABELA .....	83
5.5. CONSIDERAÇÕES.....	88
<b>CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
6.1. CONCLUSÕES .....	92
6.2. TRABALHOS FUTUROS .....	93
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>1</b>
A1. LIGAÇÃO K - NÓ 2 - MODELO 1 - SOBREPOSIÇÃO DAS DIAGONAIS.....	2
A2. LIGAÇÃO K - NÓ 3 - MODELO 1 - SOBREPOSIÇÃO DAS DIAGONAIS.....	6
A3. LIGAÇÃO K - NÓ 4 - MODELO 1 - SOBREPOSIÇÃO DAS DIAGONAIS.....	10

A4.	LIGAÇÃO K - NÓ 2 - MODELO 1 - AFASTAMENTO DAS DIAGONAIS .....	14
A5.	LIGAÇÃO K - NÓ 3 - MODELO 1 - AFASTAMENTO DAS DIAGONAIS .....	18
A6.	LIGAÇÃO K - NÓ 4 - MODELO 1 - AFASTAMENTO DAS DIAGONAIS .....	22
<b>APÊNDICE B.....</b>		<b>1</b>

Página intencionalmente deixada em branco

Aos meus pais

Página intencionalmente deixada em branco

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Requena, pelas oportunidades que me proporcionou, pela assistência e dedicação à realização deste trabalho.

Ao engenheiro Afonso Henrique Mascarenhas de Araújo, da empresa Vallourec, pela oportunidade que me ofereceu, pois foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

Aos meus pais e familiares pelo apoio, paciência, compreensão e suporte durante essa jornada.

Página intencionalmente deixada em branco



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Formas naturais de estrutura tubular na natureza. Fonte: InfoEscola (20??) e Tecnocientista (20??). .....	1
Figura 2. Andaimos de bambu utilizados na China e estrutura de ponte em bambu. ....	2
Figura 3. Aerografite. Fonte: Mecklenburg, et al. (2012). .....	2
Figura 4. Ponte ferroviária de Forth, Grã-Bretanha. Fonte: Forth Bridges Visitors Centre Trust (20??). .....	3
Figura 5. Cobertura do Estádio Olímpico João Havelange, Rio de Janeiro. Fonte: Arco Editorial Ltda (20??) .....	5
Figura 6. Primeiro conjuntos de treliças da montagem da cobertura do Estádio Itaquerão – São Paulo. Fonte: Arquivo pessoal.....	6
Figura 7. Reforma do Estádio Governador Magalhães Pinto, em Belo Horizonte. Fonte: Arquivo pessoal. ....	6
Figura 8. <i>Tokyo Sky Tree</i> . Mais alta torre do mundo localizada no Japão, com 634m de altura Fonte: Goup, (2012?) e Instituto Aço Brasil (200?) .....	7
Figura 9. Barreira de contenção de água Maeslant, Holanda e seu detalhe da treliça. Fonte: SeaCity (20??).....	8
Figura 10. Excentricidade do nó. Fonte: Wardenier, et al. (2010). .....	16
Figura 11. Modelo de análise com excentricidade. Fonte: ABNT NBR16239 (2013).....	17
Figura 12. Tipos de modos de falha. Fonte: Zhao, et al. (2010).....	20
Figura 13. Alguns tipos de estruturas treliçadas.....	21
Figura 14. Treliça tipo Warren apresentada como exemplo por PACKER (2003) e citada por Santos (2003). .....	24
Figura 15. Processo para o dimensionamento de ligações tubulares segundo EN 1993-1-8 (2010). Fonte: Rogowski (1999). .....	26
Figura 16. Processo de dimensionamento de ligações tubulares segundo Krampen. Fonte: Rogowski (1999).....	27
Figura 17. Treliça modelo.....	34
Figura 18. Exemplo modelado no SAP2000 apresentando o esquema estático da treliça e os perfis adotados – Modelo 1, $e=0$ . .....	35
Figura 19. Diagrama de esforços axiais – Modelo 1, $e = 0$ . (kN).....	35

Figura 20. Diagrama de momento fletor – Modelo 1, $e = 0$ . (kNcm).....	35
Figura 21. Relação de aproveitamento dos perfis dimensionados no modelo 1.....	36
Figura 22. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, $e=0$ . ....	38
Figura 23. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento. ....	40
Figura 24. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento e considerando excentricidade. ....	41
Figura 25. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento e considerando excentricidade na segunda análise. ....	41
Figura 26. Diagrama de esforços axiais – Modelo 2, com excentricidade. (kN).....	42
Figura 27. Diagrama de momentos fletores – Modelo 2, com excentricidade. (kNcm) .....	42
Figura 28. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação N – modo de falha A. ....	56
Figura 29. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação N – modo de falha D. Visão de $\gamma$ . ....	57
Figura 30. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de $\beta$ . ....	57
Figura 31. Consideração de esforços para perfil circular. ....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos de ligações com tubos. Adaptada de: Wardenier, et al. (2010).....	14
Tabela 2. Resumo dos parâmetros de validade de ligações circulares segundo a ABNT NBR16239 (2013).....	18
Tabela 3. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 1.....	36
Tabela 4. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação com sobreposição - Modelo 1.....	37
Tabela 5. Resumo dos parâmetros e da força resistênte da ligação com afastamento- Modelo 1. ....	37
Tabela 6. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2.....	39
Tabela 7. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação - Modelo 2. ....	39
Tabela 8. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2 com afastamento. ....	40
Tabela 9. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação com afastamento - Modelo 2.....	40
Tabela 10. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2 com afastamento e com excentricidade.....	42
Tabela 11. Resumo dos parâmetros e das forças resistentes da ligação com afastamento considerando excentricidade, segunda análise- Modelo 2.....	43
Tabela 12. Tabela de perfis para atender aos limites de $\beta \left(\frac{d_i}{d_0}\right)$ segundo a ABNT NBR16239 (2013). ....	70
Tabela 13. Tabela de perfis para atender aos limites de $\gamma (d_0/2 \cdot t_0)$ segundo a ABNT NBR16239 (2013).....	71
Tabela 14. Tabela de cálculo de $F_k$ , pelo Processo Simplificado, para ligação K com ângulo de 30°. ....	81
Tabela 15. Tabela de cálculo de $F_k$ , pelo Processo Simplificado, para ligação K com ângulo de 30°. (continuação) .....	82
Tabela 16. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado. ....	85
Tabela 17. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado. (continuação) .....	86

Tabela 18. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado. (continuação) .....87

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A. ....	48
Gráfico 2. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A. Visão de $\gamma$ . ....	48
Gráfico 3 Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A. Visão de $\beta$ . ....	48
Gráfico 4. Gráficos de $F_k$ em função de $\gamma$ e $\beta$ para cada ângulo. Ligação K – Modo de falha A. ....	49
Gráfico 5. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. ....	52
Gráfico 6. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de $\gamma$ . ....	52
Gráfico 7. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de $\beta$ . ....	53
Gráfico 9. Gráficos comparativos entre os modos de falha para ligação K para todos os ângulos entre $30^\circ$ e $60^\circ$ . ....	54
Gráfico 10. Gráficos de $F_k$ em função de $\gamma$ e $\beta$ para cada ângulo. Ligação N – Modo de falha A. ....	58
Gráfico 11. Gráficos comparativos entre os modos de falha para ligação N para todos os ângulos de $30^\circ$ a $60^\circ$ e $90^\circ$ . ....	59
Gráfico 12. Valor de $F_\theta$ para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A. ....	62
Gráfico 13. Valor de $F_\theta$ para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A. Visão de $\gamma$ . ....	62
Gráfico 14. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A. Visão de $\beta$ . ....	62
Gráfico 15. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A. ....	65
Gráfico 16. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A. Visão de $\gamma$ . ....	66
Gráfico 17. Valor de $F_k$ para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A. Visão de $\beta$ . ....	66
Gráfico 18. Gráfico de cálculo do fator $k_p$ . ....	78

Página intencionalmente deixada em branco

### Letras romanas minúsculas

$b$  – largura da seção transversal; largura.

$b_0$  – largura da seção transversal do banzo.

$b_i$  – largura da seção transversal de diagonais ou montantes em perfil tubular retangular ( $i=1,2,3$ ).

$d$  – diâmetro.

$d_i$  – diâmetro de diagonal ou montante de perfil tubular circular ( $i=1,2,3$ ).

$d_0$  – diâmetro de banzo de perfil tubular circular.

$e$  – excentricidade.

$f_{ck}$  – resistência característica do concreto à compressão.

$f_y$  – resistência ao escoamento do aço.

$f_{y0}$  – resistência ao escoamento do aço do perfil do banzo.

$g$  – comprimento do afastamento entre diagonais ou montantes longitudinal ao banzo

$h$  – largura, altura.

$h_0$  – altura da seção transversal do banzo.

$h_i$  – altura da seção transversal de diagonais ou montantes em perfil tubular retangular ( $i=1,2,3$ ).

$n_p$  – parâmetro; razão de tensão no banzo.

$p$  – comprimento da área de contato projetada da diagonal sobreposta na face do banzo.

$q$  – comprimento da sobreposição, medido na face do banzo, entre as diagonais.

$t$  – espessura.

$t_0$  – espessura da parede do banzo em perfil tubular.

$t_i$  – espessura da parede de diagonal ou montante em perfil tubular ( $i=1,2,3$ ).

### Letras romanas maiúsculas

$A$  – área

$A_0$  – área da seção transversal do banzo.

$F_k$  – fator que relaciona as características geométricas dos perfis na equação.

$M_{0,Sd}$  – momento fletor solicitante de cálculo no banzo.

$N_{0,Sd}$  – força axial solicitante de cálculo no banzo.

$N_{i,Rd}$  – força axial resistente de cálculo nas diagonais ou montante ( $i=1,2,3$ ).

$N_{i,Sd}$  – força axial solicitante de cálculo nas diagonais ou montante ( $i=1,2,3$ ).

$N_{0p,Sd}$  – valor de  $N_{0,Sd}$  excluindo as forças de cálculo dadas pelas componentes das diagonais projetadas no eixo longitudinal do banzo da ligação.

$V_{0,Sd}$  – força cortante solicitante de cálculo no banzo.

$V_{Rd}$  – força cortante resistente de cálculo no banzo.

$W_0$  – módulo de resistência elástico da seção transversal do banzo

### **Letras gregas maiúsculas**

$\beta$  – relação geométrica.

$\theta_i$  – ângulo entre diagonal e banzo ( $i=1,2,3$ ).

$\gamma$  – relação geométrica.

$\gamma_{a1}$  – coeficiente de ponderação da resistência igual a 1,1.

$\lambda_{ov}$  – parâmetro relacionado às dimensões p e q.

$\sigma_{0,Sd}$  – máxima tensão de compressão de cálculo do banzo na superfície de contato com diagonais e montantes.

$\sigma_{0p,Sd}$  – máxima tensão de compressão de cálculo do banzo na superfície de contato com diagonais e montantes, no lado oposto da ligação.



Para contextualizar o assunto estruturas tubulares e sua importância serão abordados neste capítulo um pouco de história e conhecimentos gerais antes de apresentar atualidades das construções com tubos de aço e a indicação de algumas das grandes obras pelo mundo. Em seguida é colocada a proposta deste trabalho.

### 1.1. Generalidades e História

Como apresenta Firmo (200?), a seção circular é a única seção ou arranjo geométrico capaz de abarcar o máximo de conteúdo com o mínimo de perímetro e exatamente esta característica é aproveitada nos caules, nas raízes das plantas, nas artérias e muitos outros órgãos e organismos como ilustra a Figura 1. O esqueleto humano, por exemplo, é constituído por estruturas tubulares em sua estrutura óssea. Esta estrutura óssea é circular e quando analisada microscopicamente é composta por outras milhares de estruturas tubulares de seção circular.



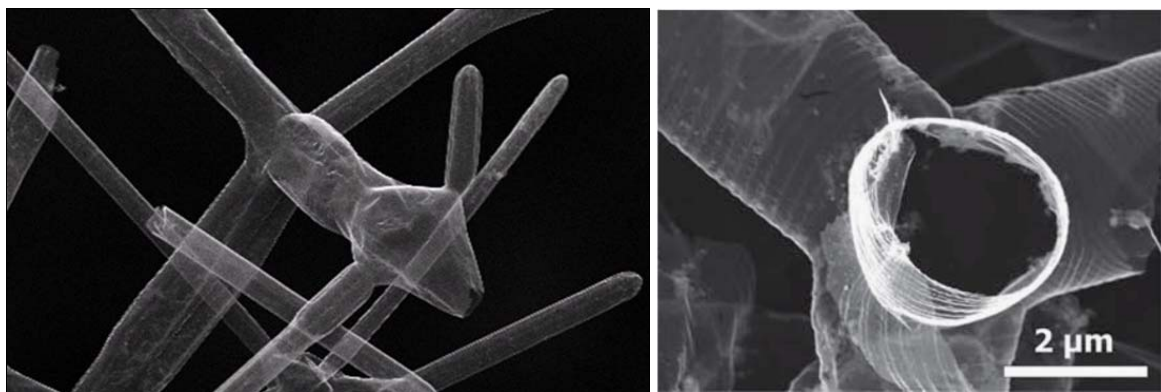
Figura 1. Formas naturais de estrutura tubular na natureza. Fonte: InfoEscola (20??) e Tecnocientista (20??).

Outro exemplo de estrutura tubular na natureza é o bambu. Ele possui ótimo desempenho estrutural quanto à compressão, torção, flexão e principalmente quanto à tração em função de sua volumetria tubular oca e pelos arranjos longitudinais de suas fibras que formam feixes de microtubos. Devido a estas características mecânicas, juntamente com a sua facilidade de obtenção, permitiu-se o uso da planta das mais diversas formas. Na China os andaimes de muitas edificações são feitos exclusivamente com bambus, devido ao baixo custo e a eficiência mecânica proporcionada por suas formas, como cita Firmo (200?) e ilustra a Figura 2 abaixo.



**Figura 2. Andaimes de bambu utilizados na China e estrutura de ponte em bambu.**  
Fonte: Engenharia e Construção (2013) e Buttner (2012).

Esta característica da estrutura tubular de garantir um bom aproveitamento da estrutura em função do arranjo geométrico é aproveitada também pela ciência, que criou o material mais leve do mundo, o Aerografite ilustrado na Figura 3, feito de nanomateriais de carbono em forma de tubo, extremamente resistente e com baixíssima densidade (Mecklenburg, et al., 2012).



**Figura 3. Aerografite.** Fonte: Mecklenburg, et al. (2012).

No âmbito da engenharia civil, segundo Glijnis (2001), a primeira estrutura construída no mundo em estrutura de aço tubular foi a ponte Conwy Railway, com 140m de comprimento, feita de tubos de seção retangular e construída em 1850. Mas um grande marco do uso da estrutura tubular é a ponte ferroviária em aço *Forth*, ilustrada na Figura 4. Construída 40 anos mais tarde, entre os anos de 1883 a 1890, sobre o rio *Firth of Forth*, em Queensferry, Grã-Bretanha. Ela é a primeira grande ponte de aço tubular construída no mundo, com um vão livre de 521m e 2.500m de comprimento.



**Figura 4. Ponte ferroviária de Forth, Grã-Bretanha. Fonte: Forth Bridges Visitors Centre Trust (20??).**

Neste mesmo século, os primeiros processos de fabricação de estrutura tubular laminada e soldada foram criados. Em 1886, os irmãos Mannesmann desenvolveram o processo de laminação por perfuração de tubos que tornou possível a fabricação de tubos de paredes finas. Esse processo, em combinação com o processo de laminação por rolos foi um grande avanço na área e permitiu, alguns anos mais tarde, a criação do processo contínuo de perfis tubulares de paredes finas chegando ao processo que temos hoje que produz tubos de aço circulares, retangulares e quadrados em larga escala.

Outros processos para fabricação de perfis tubulares foram desenvolvidos, entre eles, o processo de fabricação de perfil tubular soldado, o processo de corte para as ligações de perfis tubulares circulares e, nos anos 50, por Stewarts e Lloyds, o processo de produção de perfis retangulares que possui características próximas ao do perfil circular, mas com a facilidade nos

cortes para fabricação de ligações. Segundo Wardenier, et al. (2010), na mesma década, com todos os problemas para fabricação dos perfis, preparação das estruturas e soldas resolvidos, iniciou-se um período de sucesso para os perfis tubulares.

Os estudos sobre ligações das treliças em perfis tubulares, particularmente, teve início em 1951 com as primeiras recomendações para as conexões em tubos circulares publicada por Jamm (1951), no qual o autor abordou os fatores que afetam a capacidade de resistência das ligações tubulares soldadas submetidas a esforços estáticos. Na pesquisa de Jamm, houve a limitação da ligação de modo tal que as linhas de eixo dos perfis da ligação coincidissem em um ponto, foi neste momento então que o problema da excentricidade das ligações e sua influência, principalmente para a ligação K, foi abordado.

Posteriormente, este estudo foi seguido e aprimorado por diversos investigadores em todo o mundo e permitiu, na década seguinte, várias publicações sobre as ligações com estruturas tubulares. Devido à importância das ligações no âmbito das estruturas metálicas, publicações baseadas em diversificadas experiências e investigações teóricas ainda estão sendo desenvolvidas para se melhorar e se criar novas opções de conexões com maior facilidade para fabricação, montagem e que permita melhor aproveitamento de suas características mecânicas.

## **1.2. A estrutura tubular atualmente**

Atualmente, a construção com estruturas tubulares de aço está difundida em quase todas as áreas, sendo utilizada ora pela beleza de suas formas que harmonizam muito bem um espaço, ora definido por suas próprias características mecânico-geométricas. Na construção civil seu uso pode ser verificado em construção de edificações, pontes, barragens, estruturas em alto mar, torres elétricas e mastros, dentre outros.

Nas construções de grandes edificações com enormes vãos livres os tubos são uma boa escolha. Sua aplicação pode ser confirmada em colunas e treliças de coberturas, em especial, nos casos em que se têm grandes vãos livres, pois a alta resistência à flambagem das barras possibilita a criação de diagonais com espaçamentos maiores. Isso é possível devido à rigidez à torção das seções fechadas e das estruturas treliçadas compostas por seções tubulares.

No atual momento em que o Brasil sediará grandes eventos esportivos mundiais, a estrutura metálica tubular ganhou seu espaço em obras desafiadoras da engenharia. Como exemplos de uso de tubos em coberturas e do aproveitamento de suas características mecânico-estruturais pode-se citar: o Estádio Olímpico João Havelange inaugurado em 2007, no Rio de Janeiro, que possui vãos de 221m e 163m vencidos por perfis tubulares em forma de arco por sua vez suporta toda a estrutura da cobertura conectada através de tirantes treliçados formados por perfis tubulares que erguem a cobertura sobre os 45 mil torcedores do estádio, como ilustra a Figura 5.

O Estádio Itaquerão, em São Paulo, com uma treliça de cobertura das arquibancadas principais com 77,35m de comprimento e 57m em balanço e coberturas laterais com um vão livre de 170m de comprimento compostos por perfis tubulares quadrados em forma de treliça que será atirantada, ilustrado na Figura 6.

E, o Estádio Governador Magalhães Pinto ou Mineirão, localizado em Belo Horizonte, cujo trabalho em conjunto da estrutura antiga do estádio feita em concreto armado com a nova estrutura tubular possibilitou um complemento de mais 25 metros de cobertura dos seus 25 metros existentes, ilustrado na Figura 7.

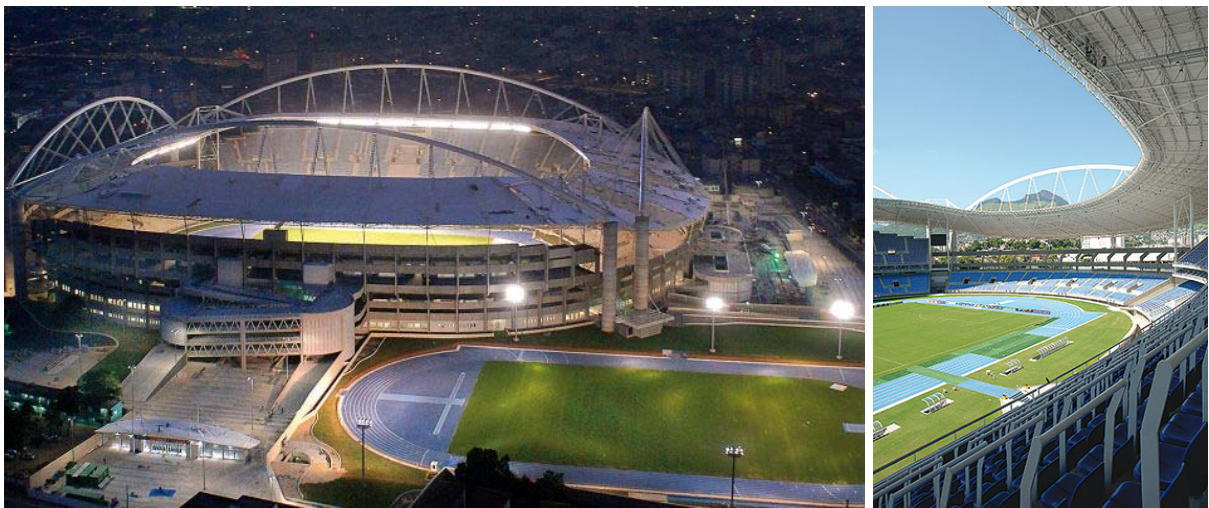


Figura 5. Cobertura do Estádio Olímpico João Havelange, Rio de Janeiro. Fonte: Arco Editorial Ltda (20??)



**Figura 6. Primeiro conjuntos de treliças da montagem da cobertura do Estádio Itaquerão – São Paulo. Fonte: Arquivo pessoal.**



**Figura 7. Reforma do Estádio Governador Magalhães Pinto, em Belo Horizonte. Fonte: Arquivo pessoal.**

Além das construções modernas e do aproveitamento das características mecânico-geométricas, há uma grande vantagem no uso de tubos nas construções de aproveitamento do espaço oco do tubo para passagem de tubulações de uso das edificações, para criação de sistema de refrigeração do pilar com passagem de ar e água no caso de situação de incêndio, como mencionado por Wardenier, et al. (2010).

Além do mais, pode-se utilizar como pilar misto para que, no caso de uma escolha por motivos estéticos, se mantenha as dimensões externas do pilar ao longo da edificação, e/ou no caso de uma escolha por motivos estruturais, se aproveite as melhores características de cada material e os benefícios mecânico-geométricos desta união. Um exemplo de uso do pilar misto está na Figura 8, a atual maior torre do mundo *Tokyo Sky Tree*, construída em Tóquio, no Japão, aberta ao público em 2012 com 634m de altura.



Figura 8. *Tokyo Sky Tree*. Mais alta torre do mundo localizada no Japão, com 634m de altura Fonte: Goup, (2012?) e Instituto Aço Brasil (200?)

Outros exemplos de construção com estruturas tubulares que merecem destaque são as pontes dos mais diversos tipos e arquiteturas que são construídas em todo o mundo, sendo a ponte ferroviária em aço *Forth, na Grã-Bretanha*, citada anteriormente, a primeira a iniciar a história das grandes construções de pontes com tubos.

Na área hidráulica, a comporta *Maeslant*, localizada em Rotterdam, na Holanda, cujos braços triangulares chegam a medir 250m de comprimento, merece destaque pela inovação do projeto de contenção de água e pela grandiosidade da obra. Devido às condições extremas do ambiente marinho, a manutenção da estrutura hidráulica é bastante dispendiosa. Possuir uma menor susceptibilidade à corrosão quando vedado, em função de sua menor área de contato em relação aos outros perfis e sua seção arredondada foram os motivos pelos quais os perfis tubulares foram utilizados. Essa característica geométrica do perfil, além do mais, confere a ele um coeficiente de arrasto menor, principalmente nas seções circulares, garantindo menor esforço causado pela força das águas.



Figura 9. Barreira de contenção de água Maeslant, Holanda e seu detalhe da treliça. Fonte: SeaCity (20??)

### 1.3. Objetivo

Em 1951, Jamm apresenta as primeiras equações de cálculo de ligações tubulares diretas (tubo-tubo soldado) a partir de experimentos e estudos teóricos. Tal ligação, desenvolvida para conferir economia na fabricação e um aspecto mais limpo da estrutura se distingue das ligações tradicionais por não possuir elementos de transferência dos esforços entre as barras, como chapas de ligações. Com isso, a distinção entre estruturas constituídas por perfis tubulares e as constituídas por perfis tradicionais (I, H, entre outros) se apresenta principalmente nas ligações, pois, para o seu cálculo é necessário o uso de uma série de expressões, relações e parâmetros geométricos que variam de acordo com os tipos de nós, perfis escolhidos e de esforços aplicados.

Como a ligação direta interfere no dimensionamento das barras, o objetivo desta dissertação é a criação de um processo de cálculo com base na norma ABNT NBR16239 (2013) que oriente no dimensionamento da ligação, mas que este possa ser feito durante o dimensionamento da treliça, sem que haja a necessidade de executar toda a sequência de cálculo de verificação da ligação. Este processo indicará os perfis que atendem tanto os parâmetros geométricos e apresentar a força resistente da ligação para combinação de perfis escolhida.

A partir do processo de cálculo desenvolvido neste trabalho, denominado Processo Simplificado, o dimensionamento da ligação para apresentação como memória de cálculo será executado uma única vez, pois a seleção dos perfis para atender aos critérios da norma e



facilitar na execução tanto de projeto quanto de fabricação será previamente indicada pelo processo desenvolvido. Para alcançar esse objetivo, modelos numéricos e parametrizações geométricas serão estudados para obtenção de um processo de cálculo a partir da geometria da treliça e dos perfis adotados durante a concepção estrutural.



# Capítulo 1.

## Estado da arte

Neste capítulo serão abordados os tópicos necessários para a contextualização e entendimento do assunto deste trabalho com base nas normas brasileira ABNT NBR16239 (2013), canadense CAN/CSA-S16-01 (2005) e Eurocode 3 EN 1993-1-8 (2010), na bibliografia do CIDECT e em artigos publicados internacionalmente.

### 1.1. Revisão bibliográfica

Para orientar este trabalho foram utilizadas, dentre outras, algumas bibliografias no âmbito das estruturas tubulares mundial, que são as publicações do CIDECT (Comitê Internacional para o Desenvolvimento e Estudo da Construção Tubular). Após alguns anos de pesquisa em várias partes do mundo, o CIDECT publicou manuais e livros que tratam de todos os detalhes que se tem conhecimento até hoje relativos às estruturas metálicas tubulares e que se tornou base para as normas como o Eurocode 3, EN 1993-1-8, (2010), a norma canadense CAN/CSA-S16-01 (2005) e a norma brasileira ABNT NBR16239 (2013).

A partir de estudos e troca de conhecimentos entre pesquisadores e representantes do CIDECT, grandes nomes na área de estruturas tubulares publicaram nos Simpósios Internacionais de Estruturas Tubulares, artigos com propostas de alterações nas fórmulas de cálculo de ligações de estruturas tubulares circulares e quadradas.

No artigo de Wardenier, et al. (2009), publicado no 12º Simpósio Internacional de Estruturas Tubulares, os autores sugerem a conversão das equações de força resistente para equações medianas, derivadas de ensaios de carregamento axial das ligações T-, X- e K- afastada, feitas com perfis circulares, a partir de estudos estatísticos das diversas pesquisas feitas até então. Eles identificaram uma grande dispersão de informações de todos os ensaios analisados em função de fatores como: o efeito do comprimento do banzo e de restrições em

seus apoios, propriedades do material do banzo, dimensões das amostras ensaiadas e a definição de finalização dos testes que culminaram no aumento do coeficiente de variação dos ensaios que a partir de uma análise cuidadosa confere às novas equações melhores resultados.

Zhao, et al. (2009), apresentam um resumo das mudanças ocorridas na terceira edição do livro “Procedimentos para o dimensionamento da solda das ligações em estruturas tubulares” do Instituto Internacional da Solda (IIW – *International Institute of Welding*), mais explicitados adiante no item 1.3. Nele, Wardenier, et al. (2009) fazem uma comparação das recomendações de cálculo do International Institute of Welding - IIW (2008) com a publicação IIW (1989) e *American Petroleum Institute- AIP* (2007) e concluem que, na maioria dos casos, as novas recomendações do IIW (2008) estão entre as do IIW (1989) e as do AIP (2007).

O artigo de Wardenier, et al. (2010) faz uma síntese das várias publicações apresentadas anteriormente no 12º Simpósio Internacional de Estruturas Tubulares, mas com o foco nas recomendações, pelo IIW (2009), de equações de força resistente para perfis retangulares.

Outro artigo importante é publicado por Puthli, et al. (2012), no 14º Simpósio Internacional de Estruturas Tubulares, com propostas de correções para o EN 1993-1-8 (2010). Nele, os autores apresentam algumas das mudanças necessárias para melhor entendimento quando usada a norma e também ajustes nos valores dos parâmetros em função dos diversos estudos e análises feitos até então. Das mudanças que se relacionam de alguma forma com esta pesquisa e com a norma brasileira, chamam a atenção a consideração da força máxima aplicada no banzo para cálculo da tensão  $\sigma_{o,sd}$  para ambos casos de perfis, circular e retangular. Ainda considerando os efeitos desta tensão e o tipo de ligação, são propostas novas fórmulas para os fatores  $k_p$  e  $k_n$ .

Em trabalho apresentado no 14º Simpósio Internacional da Estrutura Tubular, Serrano-Lópes, et al. (2012) analisam a influência do ângulo na capacidade de resistência da ligação K e N feitos de tubos retangulares, no caso particular de utilização de furos nas diagonais para se fazer o processo de galvanização. O trabalho utiliza escalas reais das ligações com ângulos de 35, 45, 55 e 90 graus submetidos a cargas axiais, considerando a ligação de uma treliça tipo Warren.

A partir da análise dos resultados, os autores concluíram que os furos nas ligações utilizadas para o processo de galvanização não influenciaram na capacidade de resistência da

ligação, entretanto, o que mais causou diminuição da força resistente foi o aumento do ângulo entre as diagonais e o banzo para ligações tipo K. O mesmo pode ser dito no caso de ligações assimétricas e, para as ligações N, mais estudos precisam ser feitos.

Outra conclusão importante dos autores se refere ao modo de falha definido pelo Eurocode 3, cujas equações estabelecem bem o valor da força resistente a ser obtido, mas não tão bem o modo de falha correspondente. Segundo os autores, seria necessária uma mudança na equação do modo de falha levando em consideração o ângulo entre a diagonal e o banzo com o objetivo de se obter corretamente tanto a força resistente quanto o modo de falha.

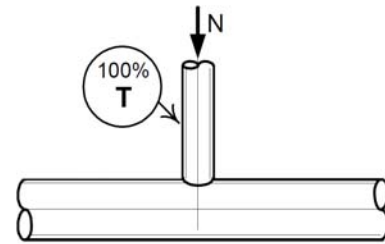
## **1.2. Ligações – Orientações de normas**

O primeiro pesquisador a apresentar internacionalmente as ligações tubulares foi Jamm (1951), cujo estudo publicado introduz conceitos para este tipo de conexão que permanecem até então, são eles: a preferência pela conexão direta à indireta que é feita através de chapas de ligação; o crescimento gradual da resistência em virtude da mudança da seção dos perfis e da utilização de solda em áreas de tensões uniformes ou de baixas tensões; a excessiva rigidez da estrutura projetada originando tensões nos nós e fraturas dos mesmos; e, por fim, a identificação dos fatores que influenciam na resistência da ligação que são: o ângulo entre os tubos ligados, as seções, os diâmetros e as espessuras dos tubos, a excentricidade das linhas de eixo e a natureza dos nós.

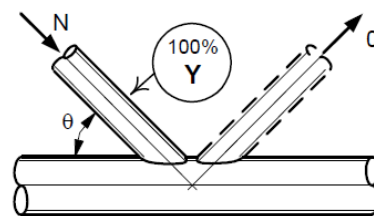
Estes tópicos serão dissertados ao longo deste item, mas antes de aprofundar nas características das ligações, serão apresentadas as conexões mais comuns utilizadas em uma estrutura treliçada. Esta estrutura possui vários tipos de ligações de acordo com o tipo de treliça adotada. Alguns tipos de ligações como K, X, T, Y são utilizadas e as classificações destas são determinadas de acordo com a geometria e com a carga aplicada. Wardenier, et al. (2010) descrevem os tipos básicos de ligações conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Tipos de ligações com tubos. Adaptada de: Wardenier, et al. (2010)

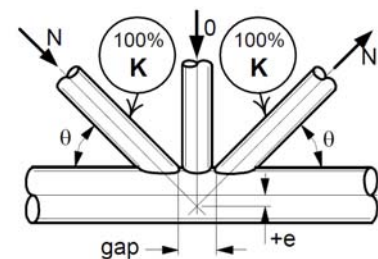
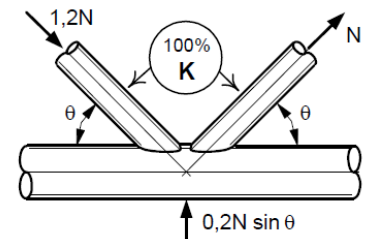
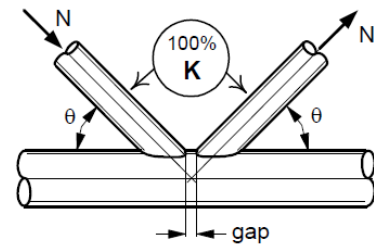
a) Quando se tem um elemento perpendicular ao banzo da treliça cuja força normal deste elemento é equilibrada pela cortante (e momento) do banzo, esta ligação é denominada T.



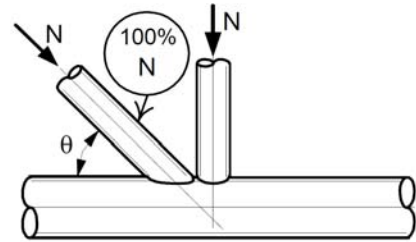
b) Quando, na ligação T, o ângulo que forma entre o elemento e o banzo é diferente de  $90^\circ$  ou quando se tem uma ligação K em que apenas um elemento possui forças aplicadas, esta ligação é denominada Y.



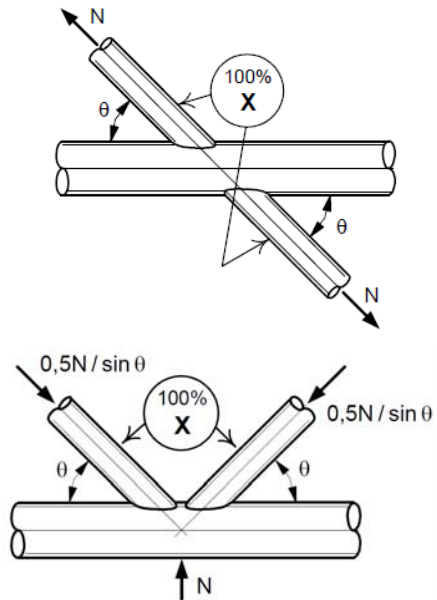
c) Quando a força normal ao banzo é equilibrada, considerando uma margem de 20%, pelas forças em outros elementos que estão do mesmo lado da ligação, esta ligação é denominada K.



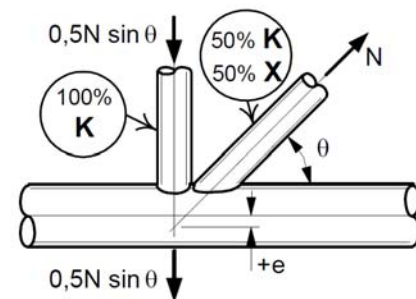
d) No caso de um dos elementos da ligação K ter ângulo de  $90^\circ$  como o banzo, a ligação passa a ser conhecida como N.



e) Quando a componente de força normal ao banzo é transmitida através do banzo e equilibrada por elementos no sentido oposto, essa ligação é classificada como X.



f) Quando o elemento da treliça transmite parte da carga como ligação K e parte como ligação T, Y ou X, a adequação do cálculo para cada barra deverá ser estudada e determinada de acordo com a proporção de interação que o carregamento do elemento causa na ligação. Entretanto, na avaliação, o pior caso de carregamento para o banzo deverá ser considerado para que se esteja a favor da segurança.



Características para se projetar algumas das ligações apresentadas acima devem ser consideradas, como: o afastamento ou a sobreposição de um tubo da diagonal sobre o outro e a excentricidade causada pela adoção de uma destas opções. Kurobane, et al. (2008)

apresentam as fórmulas do afastamento ( $g$ ) ou sobreposição ( $q$ ) bem como da excentricidade ( $e$ ), ilustrados na Figura 10 e mostradas nas fórmulas 1.1 e 1.2 a seguir. O valor negativo da excentricidade corresponde à sobreposição ( $q$ ).

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \sin \theta_1} + \frac{d_2}{2 \sin \theta_2} + g \right) \cdot \frac{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} - \frac{d_0}{2} \quad (1.1)$$

$$g = \left( e + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} - \frac{d_1}{2 \sin \theta_1} - \frac{d_2}{2 \sin \theta_2} \quad (1.2)$$

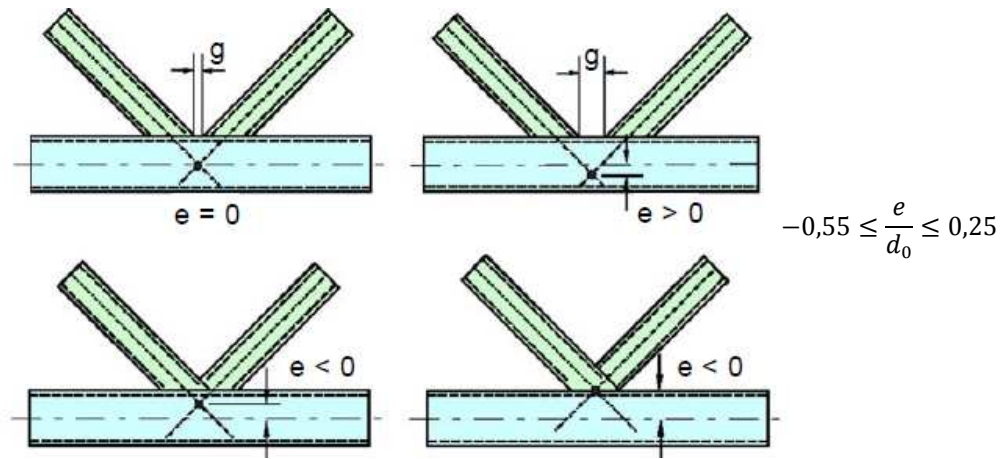


Figura 10. Excentricidade do nó. Fonte: Wardenier, et al. (2010).

Este tipo de ligação direta tubo-tubo, apresentado nas figuras acima, é considerado por muitos autores como uma ligação rígida e os momentos secundários devido a esta rigidez, segundo Kurobane, et al. (2008), podem ser omitidos pela capacidade de resistência à deformação e rotação dos perfis tubulares. Isso pode ser garantido limitando a esbeltes da parede de certas barras, particularmente das barras comprimidas, a partir da validação dos limites geométricos. Pode-se desprezar os momentos secundários apenas se estiverem dentro do parâmetro  $-0,55 \leq e/d_0 \leq 0,25$  para banzos circulares e  $-0,55 \leq e/h_0 \leq 0,25$  para banzos retangulares, caso contrário, a análise da treliça deverá considerar todos os nós rígidos.

Está colocado na norma ABNT NBR16239 (2013) que os momentos resultantes da excentricidade podem ser desprezados no dimensionamento das diagonais e montantes, mas devem ser considerados nos banzos. Para tal, o modelo de análise da Figura 11, mostrado abaixo, deve ser adotado.



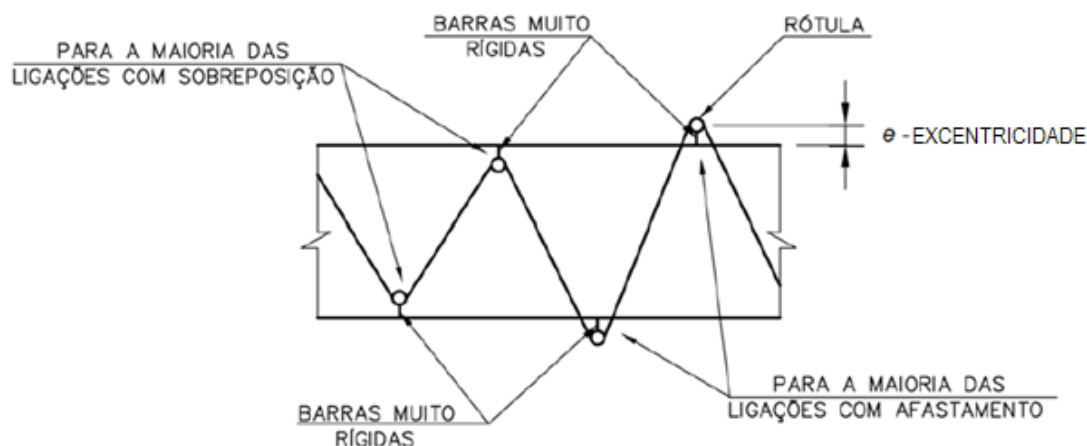


Figura 11. Modelo de análise com excentricidade. Fonte: ABNT NBR16239 (2013).

Recomenda-se dar preferência pelas ligações com afastamento (g) por motivos de fabricação e custo em relação às ligações com sobreposição (q), apesar de estas possuírem resistência mais elevadas. Para o dimensionamento destas ligações, o menor afastamento a se considerar é  $g \geq t_1 + t_2$ , com isso, as soldas não se sobrepõem. Nas ligações com sobreposição, deve-se manter uma relação de  $q/p \geq 0,25$ , para garantir que os esforços cisalhantes sejam devidamente distribuídos para a diagonal sobposta, sendo p o comprimento da área de contato projetada da diagonal sobposta na face do banzo. Nesta condição, deve-se sempre sobrepor o perfil de menor diâmetro ou menor espessura ou menor resistência sobre o perfil maior.

Para completar estes parâmetros geométricos no âmbito das ligações especificamente, deve-se levar em consideração parâmetros como a relação entre diâmetros ( $\beta$ )  $d_i/d_0$ , relação de espessuras  $t_0/t_i$ , relação do diâmetro com a espessura do banzo ( $\gamma$ )  $d_0/(2 \cdot t_0)$ , afastamento (g) entre os montantes, sobreposição (q) dos montantes e ângulo  $\theta_i$ , que proporcionam uma adequada resistência da ligação e uma fabricação econômica. Estes parâmetros de validação geométricos limitam a escolha dos perfis para perfis compactos para a validade das expressões semi-empíricas de cálculo da força resistente da ligação. O ângulo superior a  $30^\circ$  facilita a soldagem durante a fabricação.

Após o dimensionamento das barras da treliça, recomenda-se que sejam verificadas as relações geométricas da ligação. A tabela a seguir apresenta os parâmetros geométricos a serem verificados para os perfis tubulares circulares, segundo a ABNT NBR16239 (2013). Importante ressaltar que nesta dissertação, o parâmetro  $d_0/t_0$  foi considerado como  $\gamma$  e os seus valores limites serão considerados divididos por dois.

**Tabela 2. Resumo dos parâmetros de validade de ligações circulares segundo a ABNT NBR16239 (2013)**

Espessura dos tubos (t)	$t \geq 2,5\text{mm}$
Relações d/t ou b/t	$0,2 \leq d_i / d_o \leq 1,0$ $10 \leq d_o / t_o \leq 50$ , exceto ligação X $10 \leq d_o / t_o \leq 40$ , para ligação X $10 \leq d_i / t_i \leq 50$
Ângulos entre diagonais e banzos	$\theta \geq 30^\circ$
Excentricidade	$-0,55 \leq e/d_o \leq 0,25$
Afastamento (g)	$g \geq t_1+t_2$
Sobreposição (q)	$25\% \leq q/p \leq 100\%$

### 1.2.1. Modos de falha da ligação

Os modos de falha da ligação podem ocorrer de modo geral por capacidade última de resistência, limitação da deformação e observação de início de ruptura. Wardenier, et al. (2010) descrevem os modos como: falha na parede do tubo por atingir a tensão de escoamento e possível ruptura, o que é comum em perfis dos banzos com baixa relação altura ou diâmetro por espessura; falha na solda de filete caso este tenha resistência menor que o tubo; falha na parede superior do banzo, principalmente em materiais finos, rompendo parte da espessura da parede; arrancamento de toda a parede ao redor da ligação quando se tem as espessuras das diagonais iguais a do banzo; e, instabilidade das paredes do banzo em função das dimensões dos perfis da ligação.

A norma brasileira ABNT NBR16239 (2013) adota a seguinte nomenclatura para os possíveis modos de falha a se considerar nas ligações tubulares e comentadas por Forti (2010). A Figura 12 apresentada em seguida ilustra os tipos de modos de falha:

- a) Modo A: Plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo junto a diagonais e montantes. Neste modo de falha, uma das diagonais comprime a face do tubo do banzo, enquanto a outra traciona. É um modo de falha mais comum em ligações com afastamentos. Ocorre tanto em perfis de seção circular quanto de seção retangular.
- b) Modo B: Plastificação, amassamento ou instabilidade da face lateral da seção transversal do banzo junto a diagonais ou montantes submetidos à compressão. Ocorre em perfis com seção retangular.
- c) Modo C: Plastificação ou instabilidade por cisalhamento do banzo junto a diagonais ou montantes. A situação de escoamento por cisalhamento do banzo na região de espaçamento ( $g$ ) é observado em ligações com afastamento em que a largura (ou diâmetro) das diagonais é próxima da largura do banzo ( $\beta=1$ ). Ocorre em perfis de seção retangular.
- d) Modo D: Ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes. Ocorre em perfis de seção circular e retangular.
- e) Modo E: Ruptura ou plastificação na região da solda ou flambagem localizada de diagonais ou montantes devido à distribuição não uniforme de tensão. Este caso de ruptura ocorre em ligações sobrepostas. Ocorre em perfis de seção retangular.
- f) Modo F: Flambagem localizada de diagonais ou montantes comprimidos ou do banzo, na região da ligação. Amassamento da parede do banzo próximo à diagonal tracionada ocorre ocasionalmente em ligações tubulares quadradas e retangulares com banzo em que é expressiva a razão da largura pela espessura ( $b_0/t_0$  ou  $h_0/t_0$ ). Ocorre em perfis de seção retangular.

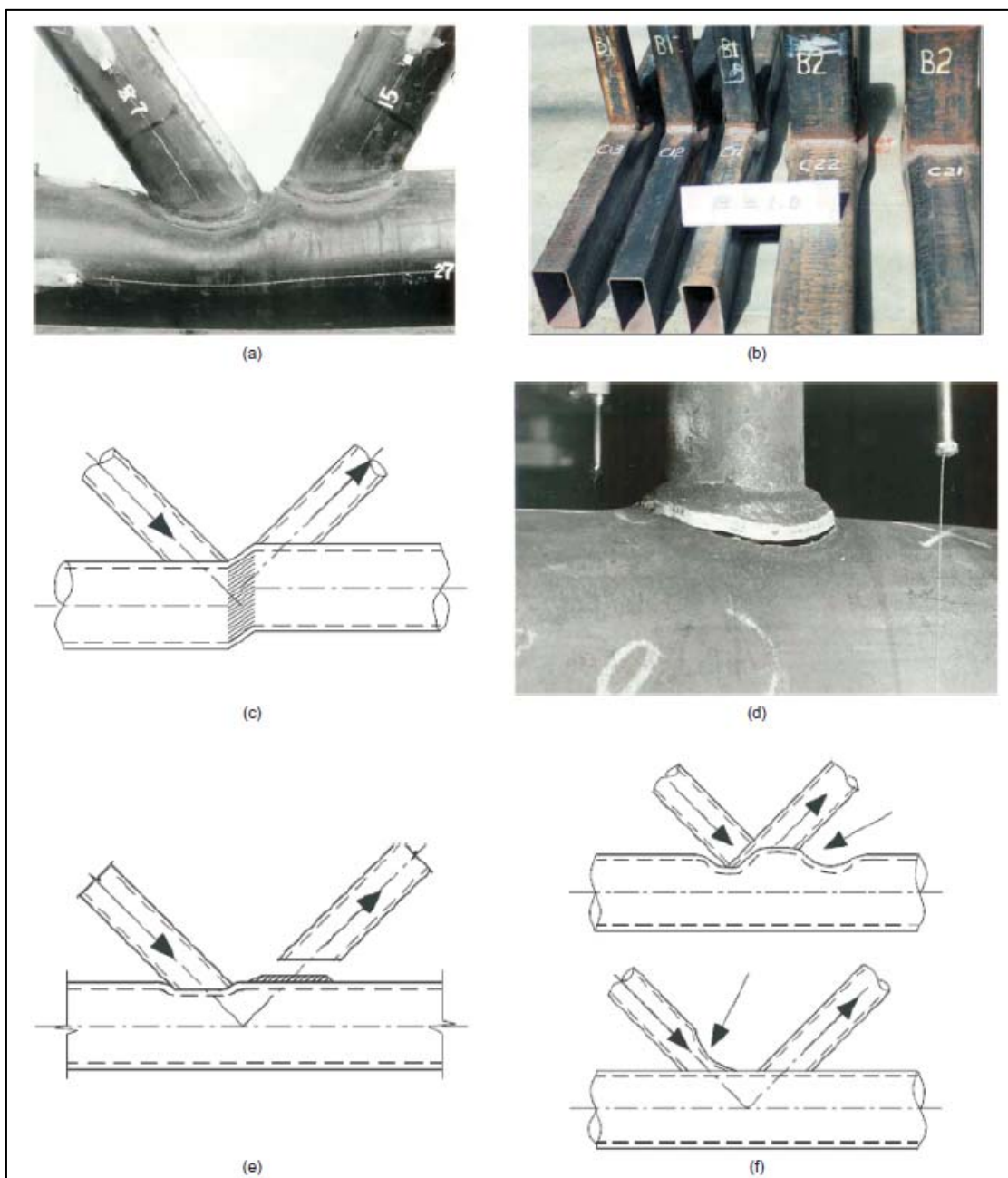


Figura 12. Tipos de modos de falha. Fonte: Zhao, et al. (2010).

As equações de cada modo de falha para o cálculo das ligações serão mostradas mais adiante no Capítulo 4. Análise do comportamento das ligações.

### 1.3. Treliças: Considerações gerais de projeto

No trabalho de projetar uma estrutura deve-se levar em consideração quesitos como resistência, estabilidade, economia de material, fabricação e manutenção. Nem sempre se consegue atender a todos os itens cabendo ao responsável à análise e escolha da opção mais adequada com a consciência das implicações desta escolha. Nos projetos de estruturas metálicas com perfis tubulares treliçados, é importante que se escolha o tipo de treliça que possua a menor quantidade de ligações possíveis. Essa condição garante que o custo de fabricação seja menor, mas, para isso, o projetista deve considerar o comportamento da ligação desde a concepção da estrutura. (Kurobane, et al., 2008)

Analisando-se a Figura 13 relativa aos tipos de treliças mais utilizadas, pode-se conferir que as treliças com ligações K presente na treliça Warren são preferíveis em relação às treliças com ligações N ou KT, pois a quantidade ligações para um mesmo vão é menor, bem como a quantidade de material utilizada em relação às outras opções e, por conseguinte, o trabalho e custo para se fabricar esse tipo de ligação se torna menor.

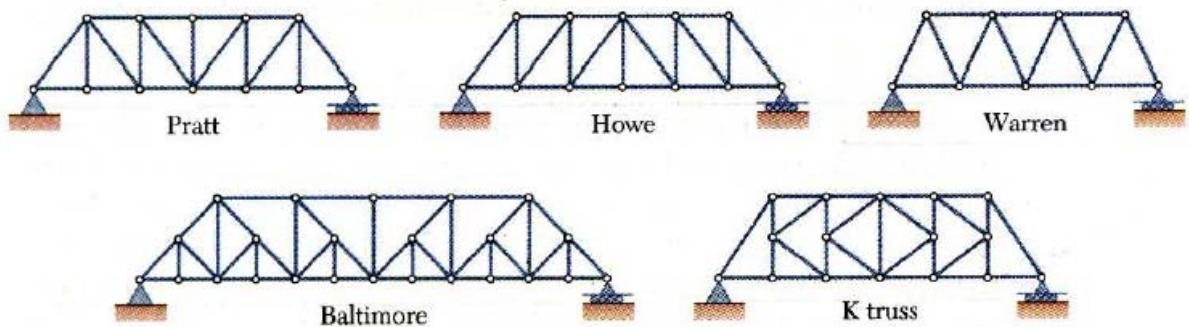


Figura 13. Alguns tipos de estruturas treliçadas.

Características já difundidas na área de estruturas metálicas para se projetar as treliças segundo as melhores relações de aproveitamento são recomendadas por Wardenier, et al. (2010) e alguns deles também pela ABNT NBR16239 (2013). Estas são caracterizadas pelo comprimento ( $L$ ), altura ( $h$ ), geometria e distância entre os nós em que se tenha a relação de altura e comprimento entre  $1/10$  a  $1/16$ , por serem as relações mais econômicas. Sugere-se também que se evite os ângulos menores que  $30^\circ$ , por causarem dificuldades de soldagem no contato com o banzo, a menos que o fabricante confirme a possibilidade de fabricação.

Quanto à análise estrutural de treliças compostas com perfis tubulares, deve-se atentar para alguns detalhes diferenciados que este tipo de estrutura possui em relação aos outros tipos de estruturas metálicas, em função das características das ligações. Uma primeira característica é identificada quanto à condição de apoio de barras em uma análise elástico-linear de uma treliça comum, que é utilizada a condição de barras rotuladas nas extremidades ou conexões. Entretanto, para a treliça de perfis tubulares, esta não é a melhor representação uma vez que a ligação tubo-tubo é bastante rígida. Apesar da rigidez desta ligação, Wardenier, et al. (2010) não recomendam a análise da treliça rígida para a maioria das estruturas planas, triangulares, com perfis simples e com ligações diretas tubo-tubo soldados, uma vez que esta análise tende a exagerar nos momentos das barras e a distribuição dos esforços axiais não sofrerão variações.

Considerando a excessiva rigidez da ligação as normas recomendam a redução do comprimento de flambagem da diagonal e do banzo, o que confere à estrutura um pouco mais de leveza no dimensionamento. Segundo a norma brasileira ABNT NBR16239 (2013), para o banzo, a redução do comprimento ( $L$ ) pode ser tomado igual a  $0,9L$  e no caso de diagonais  $0,9L$  para  $\beta > 0,6$  e  $0,75L$  para  $\beta \leq 0,6$ .

Kurobane, et al. (2008) orientam, para se obter uma condição ótima da estrutura, alguns critérios para o esquema estático da estrutura, como:

- A adoção da estrutura reticulada assumindo as ligações rotuladas, pois devido à rigidez da ligação os momentos secundários podem ser ignorados na análise estática se as ligações tiverem capacidade de rotação suficiente.
- Excentricidade no nó: Quando se calcula a estrutura treliçada considera-se que todos os eixos correspondam aos pontos de trabalho, entretanto, nas ligações tubulares nem sempre coincidem estes pontos por questões de facilidade de fabricação, recaído-se então a uma excentricidade que, se respeitar os limites de  $-0,55 \leq e/d_0 \leq 0,25$ , os momentos fletores devido à excentricidade poderão ser ignorados para o estudo da ligação ou para os banzos tracionados, se for considerado que a ligação tem capacidade de deformação e rotação adequada para redistribuir os esforços após o escoamento. Banzos submetidos à compressão devem sempre ser verificados.

No caso do uso de software para análise da treliça, pode-se, segundo Wardenier, et al. (2010), modelar os banzos considerando continuidade das barras e conecta-los às diagonais e montantes a uma distância  $e_+$  ou  $e_-$  (sendo  $e$  a excentricidade do ponto de trabalho da ligação

ao eixo do banzo como mostrado na Figura 10 e Figura 11). A vantagem deste modelo é que ele já considera o acréscimo dos momentos fletores na barra em virtude da excentricidade da ligação para os casos em que o momento fletor deve ser levado em consideração.

Sobre o dimensionamento da ligação, ele é baseado no estado limite último, conforme explica Kurobane, et al. (2008) e adotado pela ABNT NBR16239 (2013), sendo os critérios de rupturas tomados a partir da tensão última da ligação e da deformação limite. Esta deformação é limitada em 3% do tubo circular conectado ( $0,03d_0$ ).

Quanto à análise da deformação da estrutura treliçada tubular na combinação de serviço, duas considerações no que diz respeito à ligação devem ser levadas em conta: sobreposição das diagonais ou afastamento das mesmas. Caso a ligação seja sobreposta, uma análise feita com os elementos rotulados resultará em um estudo conservativo. Neste caso, assume-se a estrutura com banzos contínuos e diagonais e montantes rotulados. Entretanto, para ligações afastadas, a condição rotulada das barras irá gerar uma análise errônea devido à flexibilidade da conexão que, de acordo com Wardenier, et al. (2010), será de 5-10% a margem de erro. Para se corrigir isso, ou aumenta-se a deformação em 10% ou calcula-se a ligação como rígida.

Zhao, et al. (2009) resumem em sua publicação o procedimento para o dimensionamento estático em três passos:

Primeiro: determinação do dimensionamento das diagonais e banzos levando-se em consideração os esforços obtidos pela análise estrutural e considerando a excentricidade nodal. Os autores consideram que, para treliças com excentricidade dentro dos valores estipulados, os seguintes métodos simplificados podem ser utilizados: (a) Análise de barras rotuladas em que se considera o momento devido à excentricidade para o dimensionamento do banzo; ou (b) Análise de diagonais rotuladas e banzos contínuos cujos esforços que se distribuem são axiais para diagonais e banzos e momentos fletores para os banzos.

Segundo: determinação da capacidade de resistência da ligação de acordo com fórmulas de dimensionamento da força resistente. E, por último, aplicação dos critérios de falha para confirmar se a ligação é suficiente, tomando-se o menor valor dentre os modos de falha existentes correspondente com a ligação que está sendo analisada.

#### 1.4. Influência da ligação no dimensionamento da treliça

Em 2003, Santos (2003) apresenta, em sua dissertação de mestrado, um exemplo de cálculo adaptado de PACKER (2003). A autora analisa uma treliça tipo Warren, composta por perfis em tubos estruturais da Vallourec com duas composições distintas variando os perfis das diagonais entre a seção quadrada e a circular. O carregamento está considerado com as cargas majoradas e a treliça foi considerada com contraventamentos em cada nó. A figura abaixo ilustra o exemplo adotado.

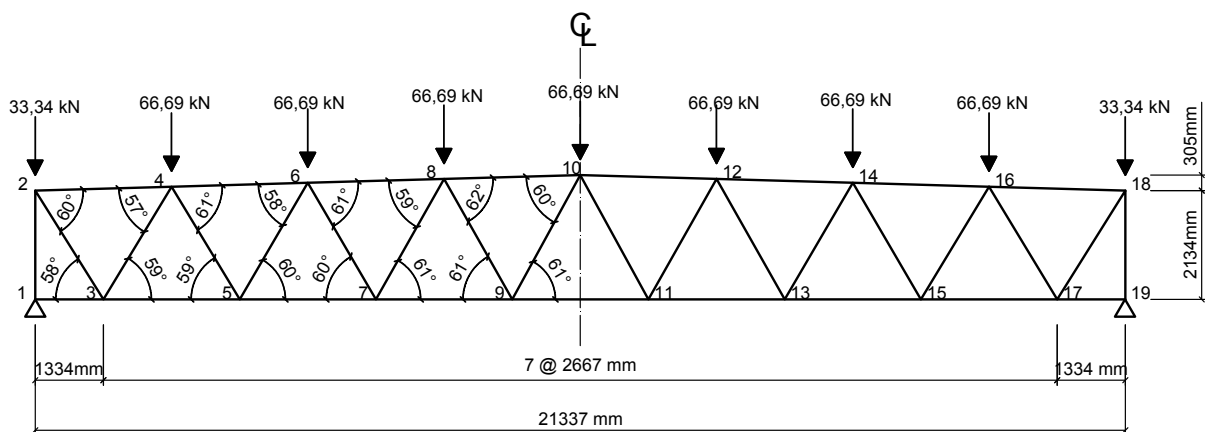


Figura 14. Treliça tipo Warren apresentada como exemplo por PACKER (2003) e citada por Santos (2003).

Seguindo o exemplo, são analisados três nós críticos, o “nó 3” por apresentar maior concentração de tensões entre diagonais e banzo inferior, o “nó 4” que apresenta a maior concentração de tensões entre diagonais e banzo superior e o “nó 2” que une o banzo superior, diagonal e montante de apoio. O primeiro nó analisado causou alteração no perfil de uma diagonal por não cumprir quesitos geométricos, o que alterou, por conseguinte, a ligação adjacente. As análises seguintes também alteraram o perfil do banzo em função do colapso por plastificação desta peça, que obrigou o redimensionamento de toda a estrutura da treliça inicialmente calculada e todas as ligações analisadas tiveram que ser feitas novamente.

A autora, na análise deste exemplo, identifica que o critério que definiu o dimensionamento da treliça foi o comportamento da ligação em função da consideração da excentricidade na treliça, juntamente com parâmetros de validação dos perfis para o cálculo da ligação. Concluindo que os fenômenos locais para a análise da estrutura são mais críticos que os fenômenos globais e que estudos sobre a influência do comportamento local para o dimensionamento da estrutura devem ser aperfeiçoados.



Krampen (2001) apresenta um novo conceito do processo de cálculo para o dimensionamento de ligações de treliças uniplanares baseado no Eurocode 3 e DIN 18.808 e estudado profundamente por Rogowski (1999). Para Krampen, a escolha de perfis que irão compor a estrutura deve ser baseada também na seleção de perfis que já foram aprovados nos parâmetros geométricos.

Com a visão de que o direcionamento do cálculo da ligação durante a fase do dimensionamento das barras da estrutura é a chave para tornar o uso destas ligações mais difundidas, o autor apresenta no 9º Simpósio Internacional e Euroconferência em Estruturas Tubulares tabelas que direcionam a busca de perfis pela pré-qualificação das relações geométricas da ligação. Com o auxílio de fluxograma, ele apresenta o processo de cálculo normatizado pelo Eurocode 3 e sugere a sua maneira mais direta e objetiva para dimensionar ligações, como mostram as Figura 15 e Figura 16.

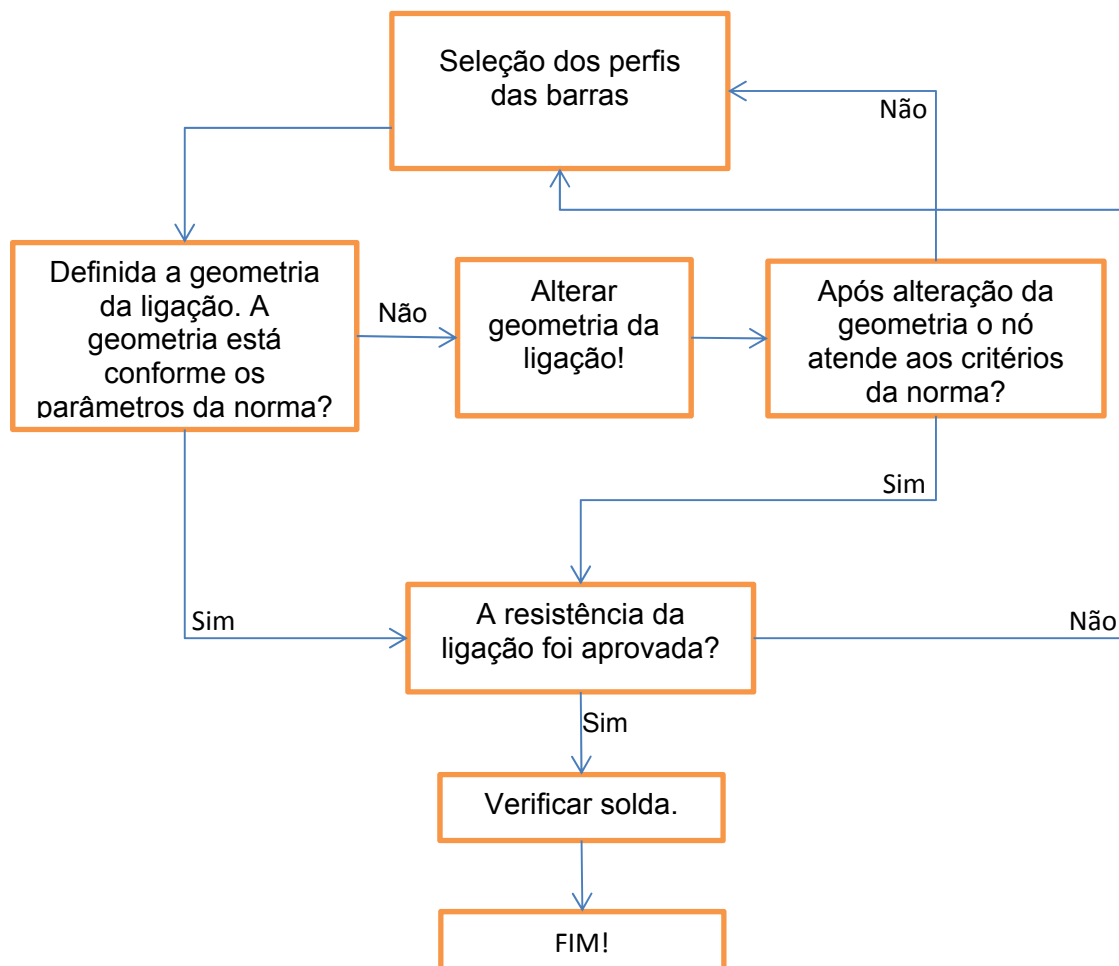
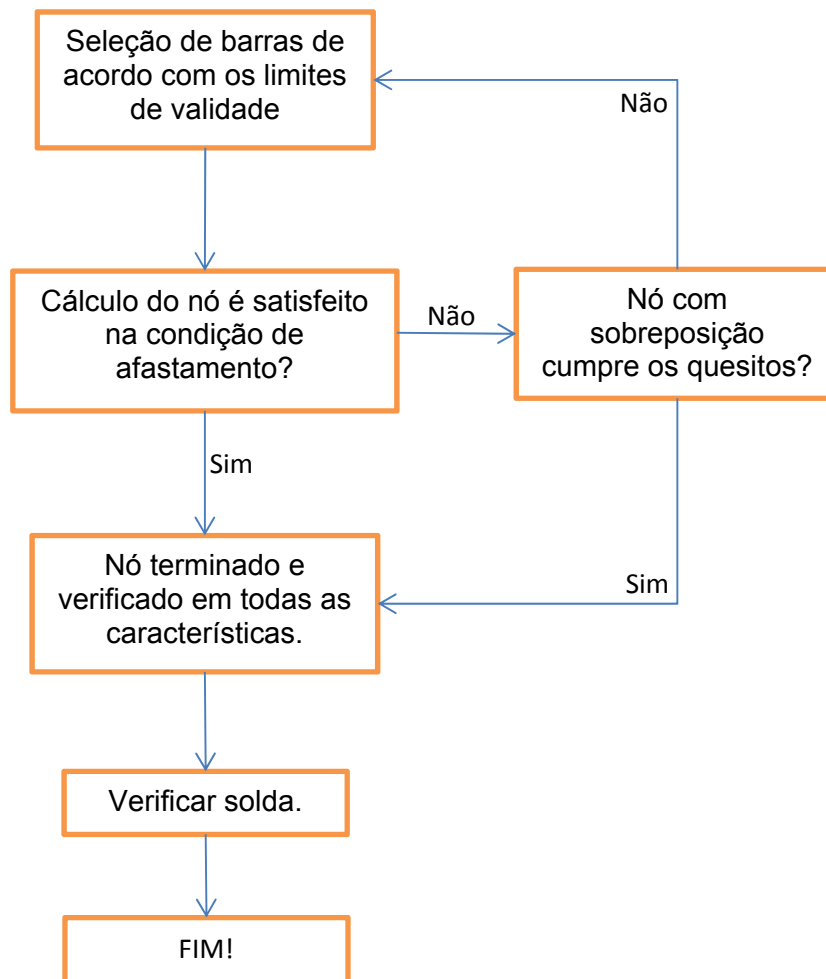


Figura 15. Processo para o dimensionamento de ligações tubulares segundo EN 1993-1-8 (2010). Fonte: Rogowski (1999).



**Figura 16. Processo de dimensionamento de ligações tubulares segundo Krampen. Fonte: Rogowski (1999)**

Seguindo o fluxograma do processo de cálculo de ligações do Eurocode, o dimensionamento da estrutura é feito, posteriormente, verifica se estes perfis atendem aos parâmetros geométricos. Uma vez atendida, segue-se para a verificação da força resistente e solda. Entretanto, se os perfis não atenderem aos parâmetros geométricos, pode-se alterar a geometria e conferir novamente o atendimento destes quesitos e/ou voltar ao dimensionamento das barras e uma nova seleção de perfis para compor a ligação.

Krampen, em seu processo apresentado acima, valida perfis comerciais do mercado europeu nas relações geométricas por meio da criação de tabelas com as possíveis combinações de perfis. Assim, no dimensionamento da ligação, já se pode escolher aqueles perfis que serão aprovados nos parâmetros geométricos da ligação. Optando-se inicialmente

pela escolha por ligações afastadas e em seguida pelas sobrepostas. Tendo uma destas opções aprovadas, passa-se para o próximo passo da verificação que é o cálculo da força resistente seguindo a sequência de cálculo apresentada em norma.

Em outro estudo apresentado pelo autor para simplificação do processo de verificação da ligação com estruturas tubulares, a forma encontrada para tornar menos exaustivo o cálculo da força resistente foi adotando o método de cálculo da norma DIN 18.808. Krampen (2011), neste estudo, compara o Eurocode 3 e DIN18.808, identifica o cálculo pela DIN 18.808 como mais fácil de utilizar pela adoção de ábacos eliminam parte das equações de verificação solicitadas no Eurocode e verifica que os dois métodos de cálculo chegam em valores parecidos, confirmando a possibilidade de uso de ambos métodos. Entretanto, o autor não apresenta um processo próprio que valide de uma só vez a combinação de perfis que irão compor a ligação quanto aos parâmetros geométricos e de resistência.

## Capítulo 2. Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto nesta dissertação, o trabalho consistiu na análise de um modelo de treliça composta por perfis circulares, com ligações K e N soldadas diretamente no banzo, para se obter um processo que atendessem as relações mecânico-geométricas da ligação. Para encontrar uma forma de validar a ligação em ambos parâmetros durante a fase de dimensionamento das barras foi necessário:

- Pesquisa bibliográfica sobre o assunto;
- Desenvolvimento de um modelo de treliça para estudos preliminares;
- Estudo gráfico do comportamento das forças resistentes das ligações (K e N) *versus* parâmetros geométricos;
- Processo de dimensionamento geométrico-mecânica das ligações (K e N) e sua validação.
- Avaliação da possibilidade de adoção do método para os outros tipos de ligações (X, T, Y).

### 2.1. Pesquisa Bibliográfica

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema das ligações tubulares K e N com o intuito de aperfeiçoar, atualizar os conhecimentos sobre o assunto e identificar os estudos do cálculo de ligações tubulares que tenha analisado ou relacionado os parâmetros geométricos e a força resistente da ligação. Foi dada atenção também às considerações para o esquema estático para se modelar estruturas metálicas tubulares.

## **2.2. Modelo numérico - Estudo de caso**

Para se definir o primeiro modelo numérico, foi tomado o exemplo de treliça Warren apresentado no capítulo anterior, retirado de uma referência bibliográfica estudada. O modelo foi adaptado para representar exatamente a problemática abordada neste trabalho. A verificação de cálculo descritivo para cada uma das ligações K e N analisadas é apresentada no apêndice. Variações deste modelo como alteração da altura da treliça e dos perfis foram feitas posteriormente.

## **2.3. Análise gráfica do comportamento das ligações**

Para melhor entendimento do comportamento da força resistente a partir dos parâmetros geométricos da ligação, foi estudada a melhor maneira de se representar a resistência para os modos de falha das ligações K e N com perfis tubulares circulares. Desenvolvendo as fórmulas em função de tais parâmetros, foi possível fazer gráficos em 3D que permitisse interpretar a variação da força resistente a partir dos limites estabelecidos em norma para  $\gamma$ ,  $\beta$  e o ângulo  $\theta$ .

## **2.4. Processo de dimensionamento das ligações**

O novo processo do dimensionamento pôde ser criado com base na tabela de perfis comerciais da Vallourec cujas possibilidades de combinações são determinadas pelos parâmetros geométricos estabelecidos pela norma ABNT NBR16239 (2013).

Definidos os critérios para se fazer as ligações com perfis tubulares circulares, cujo principal deles é a condição de excentricidade nula, para se evitar momentos secundários, foi possível a criação tabelas com ângulos variando em 5 graus que mostrasse os perfis que compõem a ligação obedecendo os parâmetros geométricos e apresentado a força resistente.

Uma vez criadas estas tabelas, foram feitas validações do processo simplificado de cálculo, comparando os resultados obtidos com o cálculo descritivo. Tomada a mesma treliça

exemplo, foram feitas variações de alturas e perfis que configuraram numa série de novas verificações que são apresentadas em tabela resumo.

## **2.5. Avaliação da possibilidade de adoção do método para os outros tipos de ligações (X, T, Y).**

Depois de criado o processo simplificado de cálculo para as ligações K e N foi possível identificar a extensão de aplicação de tal processo para os demais tipos de ligações com perfis tubulares circulares. As análises para as demais tipologias são mostradas na mesma sequência de apresentação do estudo para as ligações K e N para melhor contextualização do desenvolvimento de cada assunto.





## Capítulo 3.

### Estudo de caso

Neste capítulo será analisado um caso de dimensionamento de uma estrutura de aço tubular treliçada, tipo Warren, e as consequências advindas das substituições de perfis para atender aos critérios de dimensionamento das ligações K e N. Este estudo contempla as ligações com afastamento e com sobreposição e serão apresentadas as modificações de perfis para atender aos critérios das ligações mostrando que tal substituição acarreta na alteração do peso final da estrutura.

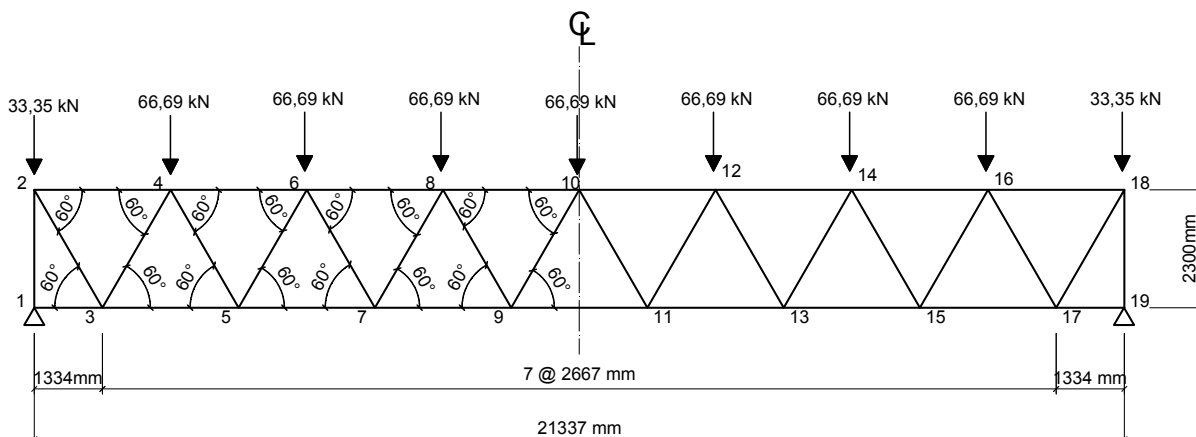
#### 3.1. Exemplo em treliça tipo Warren

Inspirado no exemplo citado por Santos (2003), mas adaptando para este estudo, criou-se uma treliça com o mesmo comprimento, altura, distância entre nós e carregamentos aplicados, conforme ilustra a Figura 17, mas redimensionado com perfis tubulares circulares. No exemplo adotado por Santos (2003) a treliça é tipo Warren, possui a maioria das ligações do tipo K e duas ligações tipo N nas extremidades, no encontro entre a diagonal, montante e banzos.

Como premissa deste trabalho, os estudos das ligações aqui abordadas são de treliças planas, com barras de seções tubulares circulares, com carregamentos estáticos, barras submetidas apenas a esforços axiais e ligações diretas soldadas.

Conforme já comentado por Santos (2003), Ao se analisar a treliça depara-se com situações críticas e mais indesejadas para qualquer tipo de cálculo de estrutura tubular: primeira, a opção mais econômica de dimensionamento dos perfis não é aprovada na verificação dos parâmetros da ligação nem na força resistente para o caso de sobreposição e para o caso de afastamento; segundo, a opção seguinte do dimensionamento da estrutura é

aprovada nas verificações dos parâmetros da ligação para o caso de sobreposição após algumas tentativas de modificações, mas é reprovada para o caso do afastamento por parâmetros geométricos para apenas uma ligação. Por fim, analisando-se e considerando a excentricidade destas ligações no dimensionamento da treliça, verifica-se que os perfis adotados passam no dimensionamento da força resistente, mas mantêm o valor do parâmetro geométrico fora dos limites.



**Figura 17. Treliça modelo.**

Na análise apresentada a seguir, será feito um estudo completo de todos os casos da ligação e da relação com o dimensionamento dos perfis para o modelo proposto e ilustrado na Figura 17. O modelo considerado tem comprimento de 21,34 metros, altura de 2,30m e o ângulo entre diagonais e montantes é de 60°.

### **3.1.1. Estudo do Modelo 1:**

Considerando que o esquema estático da treliça segue as atuais recomendações de cálculo de ligações do CIDECT e também da ABNT NBR16239 (2013) que orienta que as diagonais sejam rotuladas e o banzo contínuo. Para a consideração dos momentos fletores nos banzos devido à rigidez da estrutura tubular, tem-se a Figura 18 que ilustra o esquema estático adotado, o carregamento e a primeira opção de dimensionamento. As Figura 19 e Figura 20 são apresentadas em seguida com os diagramas de esforços da estrutura. Para melhor visualização será apresentado apenas metade da treliça, considerando sua simetria.

Vale ressaltar que para o desenvolvimento deste exemplo foi utilizado o programa SAP2000 na versão 15.1.0 com a norma americana AISC360-05 que, em função da igualdade

da curva de flambagem com a da norma brasileira em vigor a ABNT NBR8800 (2008), pode ser utilizada para o cálculo de estruturas metálicas. O modelo adotado foi devidamente configurado em 2D.

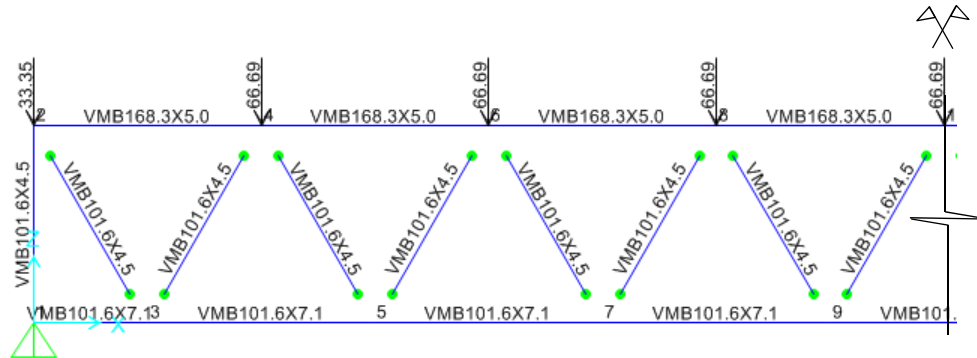


Figura 18. Exemplo modelado no SAP2000 apresentando o esquema estático da treliça e os perfis adotados – Modelo 1,  $e=0$ .

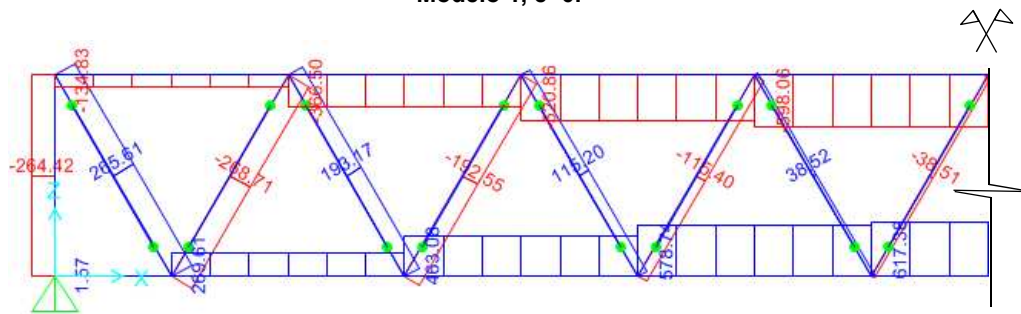


Figura 19. Diagrama de esforços axiais – Modelo 1,  $e = 0$ . (kN)

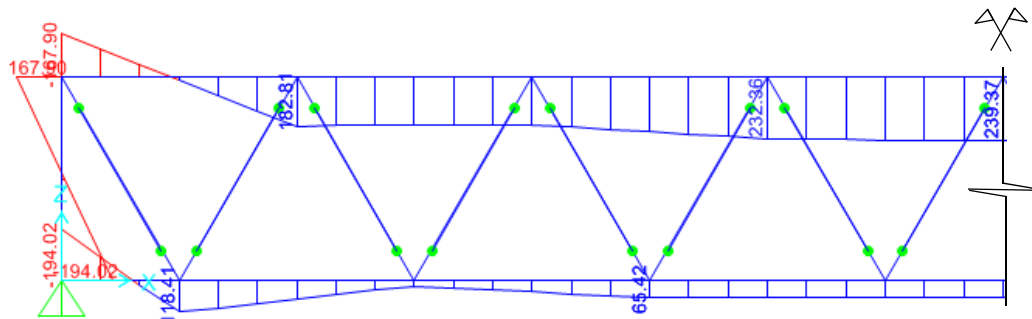


Figura 20. Diagrama de momento fletor – Modelo 1,  $e = 0$ . (kNm)

Os perfis foram separados em quatro grupos para se fazer o dimensionamento: banço superior, banço inferior, diagonais e montantes. Analisando-se um primeiro dimensionamento das barras, verifica-se o aproveitamento máximo do perfil para cada grupo de perfis dimensionados pelo programa, adotando a melhor relação de aproveitamento da resistência considerando o peso da estrutura.

Foram definidos: o banzo superior com perfil de seção circular TC168,3mmx5,0mm, banzo inferior com perfil circular TC101,6mmx4,5mm e diagonais e montantes com o perfil TC101,6mmx4,5mm. A Figura 21 mostra o índice de aproveitamento dos perfis e a Tabela 3 faz um resumo de perfis e o peso total da estrutura.

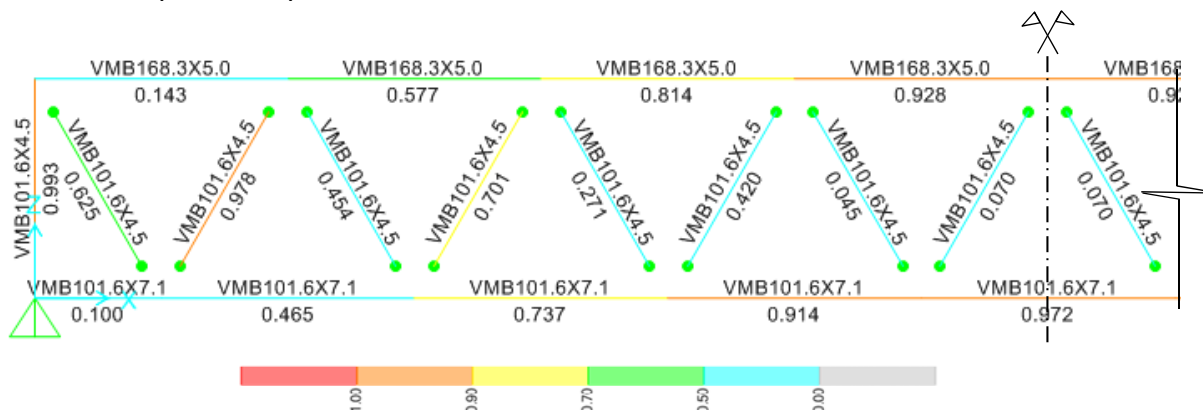


Figura 21. Relação de aproveitamento dos perfis dimensionados no modelo 1.

Tabela 3. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 1.

Perfil	Quantidade und.	Comprimento cm	Peso kN
<b>VMB101.6X4.5</b>	18	4713.8	4.97
<b>VMB101.6X7.1</b>	9	2133.7	3.47
<b>VMB168.3X5.0</b>	8	2133.7	4.22
<b>Total</b>			12.66

Em seguida, analisa-se as ligações da treliça que, para serem verificadas, deve-se adotar uma ligação padrão para fabricação. A opção de ligação com excentricidade igual à zero diminui o processo de cálculo, pois evita o reprocessamento do modelo considerando a linha de eixo de todos os elementos encontrando em um único ponto, entretanto, pode dificultar e encarecer a fabricação da treliça quando a ligação é sobreposta. Escolhendo inicialmente o método de cálculo mais direto com excentricidade igual a zero, tem-se o caso de sobreposição das diagonais devido à dimensão dos perfis adotados.

No APÊNDICE A, item A1 à A3, são apresentados os cálculos dos nós críticos 2, 3 e 4 (considerando a simetria da treliça) e a Tabela 4 abaixo apresenta os valores da sobreposição para cada nó. Nota-se que a ligação 4 não atende aos quesitos geométricos pois  $g/p$  é menor que 0,25, ou seja, uma diagonal não sobrepõe à outra mais de 25%. Os nós 2 e 3 tem os parâmetros geométricos atendidos, mas o nó 2 não apresenta força resistente de cálculo

suficientes para os esforços solicitados na ligação enquanto apenas o nó 3 tem todos os quesitos atendidos.

**Tabela 4. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação com sobreposição - Modelo 1.**

Ligação	q(mm)	e/d <sub>0</sub>	g/p	Aproveitamento Diagonal 1	Aproveitamento Diagonal 2
2	-60,87	0,00	0,60	1,36	1,18
3	-58,66	0,00	0,50	0,59	0,58
4	-20,15	0,00	0,17	1,16	0,84

Uma vez que a condição da ligação de excentricidade igual a zero não atendeu completamente aos parâmetros da ligação nem às forças resistente solicitadas para todos os casos, será estudada a condição de afastamento entre diagonais com o valor mínimo do afastamento de acordo com especificações ( $t_1+t_2$ ) de 9 mm. A partir do estudo da ligação tem-se as excentricidades para cada nó mostradas na Tabela 5. Nota-se que apenas o nó 4 está dentro do parâmetro e/d<sub>0</sub> estabelecido pela norma. Os demais excedem o limite de 0,25 para a relação e/d<sub>0</sub>. Caso se utilizasse valores para o afastamento (g) maiores a relação e/d<sub>0</sub> seria ainda maior.

**Tabela 5. Resumo dos parâmetros e da força resistênte da ligação com afastamento- Modelo 1.**

Ligação	g (mm)	e (mm)	e/d <sub>0</sub>	Aproveitamento Diagonal 1	Aproveitamento Diagonal 2
2	9,00	-121,03	0,72	1,62	1,41
3	9,00	-58,59	0,58	0,63	0,63
4	9,00	-25,15	0,15	1,37	0,99

Para os esforços solicitantes de cálculo, foram considerados os esforços da treliça sem levar em conta os momentos secundários causados pela excentricidade. Novamente, os nós mais críticos da estrutura que são os nós 2, 3 e 4 foram calculados e são mostrados no APÊNDICE A, itens A4 à A6. Analisando estes resultados a ligação do nó 4 atende quanto aos parâmetros geométricos exigidos, pois e/d<sub>0</sub> é menor que 0,25, entretanto, a ligação não tem resistência suficiente. Enquanto que os nós 2 e 3 superam o limite do parâmetro geométrico da ligação e apenas o nó 3 possui resistência suficiente.

### 3.1.2. Estudo do Modelo 2

Não tendo sido satisfatória a primeira escolha de perfis do modelo 1 quanto às ligações, tanto para o caso de sobreposição quanto para o caso de afastamento, novo modelo será calculado considerando outro dimensionamento de barras. Este segundo modelo será feito escolhendo-se os perfis da tabela da Vallourec com características superiores ao definido inicialmente e serão novamente analisados os parâmetros geométricos e de resistência da ligação. Em seguida, será conferido o dimensionamento das barras mais uma vez, caso a ligação tenha exigido novas mudanças.

Analisando a estrutura dimensionada com a primeira opção de perfis com características superiores ao do modelo 1, verifica-se a necessidade de serem alteradas todas as ligações. O nó 2 e 3 para adequar os parâmetros geométricos enquanto que os nós 2 e 4 exigem alteração para aumento da força resistente.

Os parâmetros geométricos que definem a ligação dependem do diâmetro e espessura da parede dos perfis conectados, além, do ângulo entre diagonais e banzos. Enquanto a força resistente das diagonais depende principalmente da espessura do banzo. Como o ângulo permanecerá inalterado, a variável do cálculo será a espessura do tubo do banzo. Abaixo, são apresentados na Figura 6, os perfis dos banzos que foram alterados para o perfil circular TC168,3mmx6,3mm e TC101,6mmx8,0mm e o das diagonais que se mantiveram o mesmo TC101,6mmx4,5mm. A Tabela 6 apresenta o peso da estrutura com a alteração dos banzos.

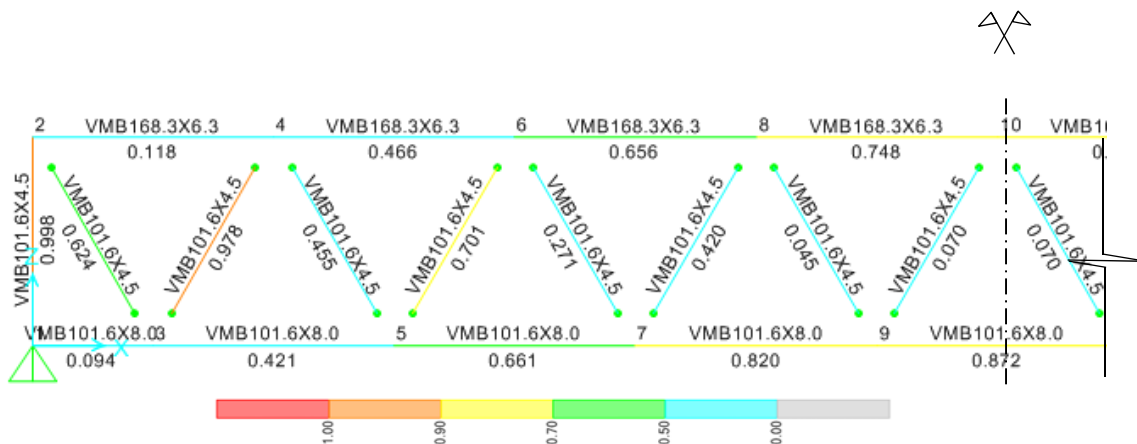


Figura 22. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, e=0.

**Tabela 6. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2.**

Perfil	Quantidade und.	Comprimento cm	Peso kN
VMB101.6x4.5	18	4.713,83	4,97
VMB101.6X8.0	9	2.133,70	3,86
VMB168.3X6.3	8	2.133,70	5,27
		<b>Total</b>	14,10

Para o caso de excentricidade igual a zero, tem-se sobreposição das diagonais. As ligações mais críticas são analisadas e os resultados são apresentados na Tabela 7 abaixo. Após algumas análises das ligações e dimensionamento dos perfis tem-se finalmente uma situação aprovada em geometria e em resistência com um peso 11,4% maior do que o estudo inicial.

**Tabela 7. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação - Modelo 2.**

Ligação	e (mm)	g (mm)	g/p	Aproveitamento Diagonal 1	Aproveitamento Diagonal 2
2	0,00	-60,87	0,60	0,95	0,83
3	0,00	-58,66	0,50	0,49	0,49
4	0,00	-35,74	0,30	0,87	0,62

Para comparação, o caso de afastamento da ligação será estudado adotando-se a opção de afastamento de 9 mm. Fazendo a verificação da ligação e do dimensionamento dos perfis tem-se: banzo superior TC168,3mmx7,1mm, banzo inferior TC168,3mmx6,3mm, diagonais TC101,6mmx4,5mm e montantes TC101,6mmx5,0mm, como apresentado na Figura 23 juntamente com o índice de aproveitamento de cada barra. Vale ressaltar que as barras dos perfis dos banzos e dos montantes tiveram que ser modificados para ajustar aos parâmetros geométricos da ligação e que o modelo da treliça inicialmente modelada considera a excentricidade igual à zero. Na Tabela 8, tem-se o peso total da treliça na nova condição do modelo 2 e, na Tabela 9, tem-se o resumos dos parâmetros e o resultados dos cálculos de força resistente da ligação.

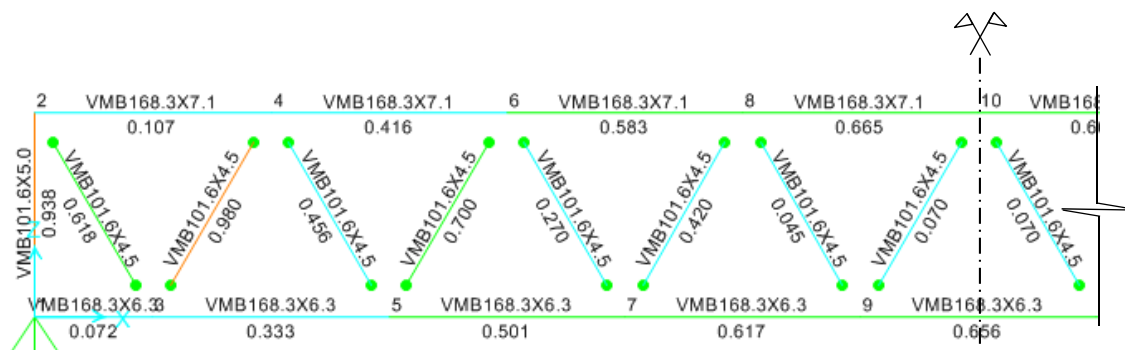


Figura 23. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento.

Tabela 8. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2 com afastamento.

Perfil	Quantidade und.	Comprimento cm	Peso kN
VMB101.6x4.5	16	4.253,83	4,49
VMB101.6x5.0	2	460,00	0,54
VMB168.3x6.3	9	2.133,70	5,27
VMB168.3x7.1	8	2.133,70	5,91
<b>Total</b>			<b>16,21</b>

Tabela 9. Resumo dos parâmetros e da força resistente da ligação com afastamento - Modelo 2.

Ligação	g(mm)	e (mm)	e/d <sub>0</sub>	Aproveitamento Diagonal 1	Aproveitamento Diagonal 2
2	10,00	122,76	0,73	0,92	0,80
3	9,00	25,24	0,15	0,93	0,91
4	9,00	25,24	0,15	0,79	0,57

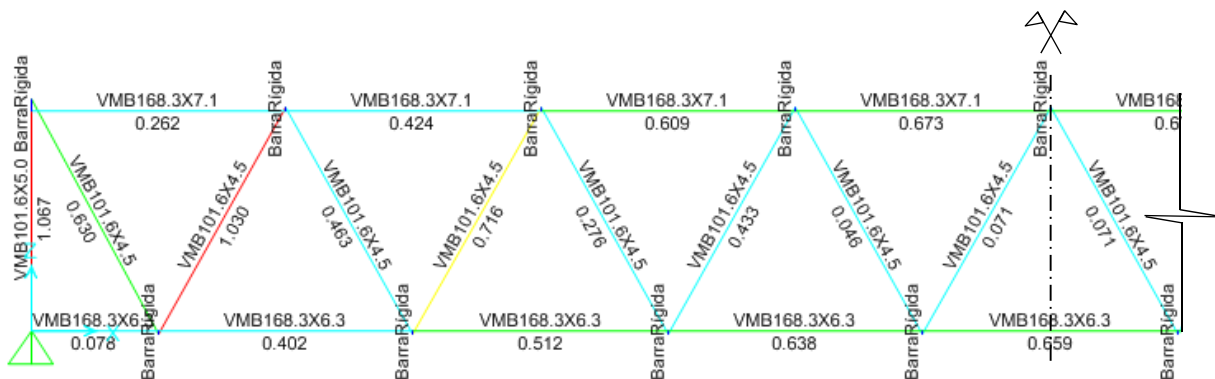
Enquanto o nó 3 e 4 possuem todas as características exigidas para suas respectivas ligações, verifica-se que nó 2 não atende aos parâmetros necessários ( $e/d_0 \leq 0,25$ ) da ligação, mesmo se fazendo os melhores ajustes de perfis para atender aos critérios solicitados. Essa tentativa de ajustar o nó 2 exige uma mudança completa de todos os perfis da treliça, o que torna exaustivo o cálculo para se ter a condição ótima, além de tornar a estrutura muito mais pesada em relação ao dimensionamento inicial, uma vez que o peso desta treliça está 28% a mais que a treliça calculada inicialmente.

Entretanto, segundo a ABNT NBR16239 (2013), o parâmetro  $e/d_0$  é um fator de referência que permite não considerar os momentos secundários resultantes da excentricidade



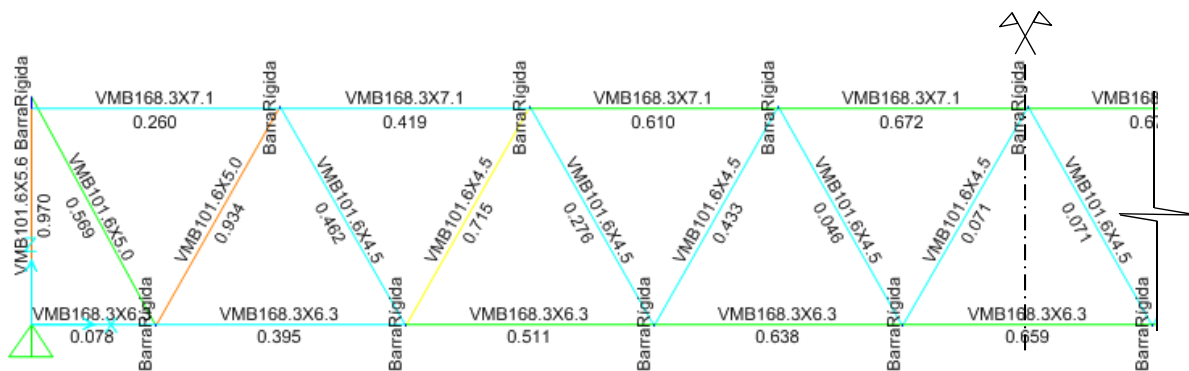
no cálculo da ligação caso o parâmetro esteja dentro dos limites  $0,55 \leq e/d_0 \leq 0,25$ . Fazendo-se uma análise adicional do caso das ligações afastadas, considerando os momentos provocados pela excentricidade e a partir dos resultados obtidos um novo modelo da treliça será feito adotando-se uma barra rígida que transmitirá os momentos secundários causados pela excentricidade às barras.

O modelo com excentricidade é mostrado na Figura 24 e pode-se ver que ao se considerar estes momentos, quatro barras não apresentam capacidades resistentes suficientes. Novamente o modelo será reestudado.



**Figura 24. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento e considerando excentricidade.**

Para se evitar aumento excessivo do peso da estrutura e qualquer possibilidade de erro por parte da fabricação, as duas últimas diagonais serão alteradas, bem como o montante, ficando da seguinte forma: banzo superior TC168,3mmx7,1mm, banzo inferior TC168,3mmx6,3mm, duas diagonais da extremidade TC101,6mmx5,0mm, diagonais do meio TC101,6mmx4,5mm e montantes TC101,6mmx5,6mm como ilustra a Figura 25. Os resultados os esforços da treliça com excentricidade é mostrado nas Figura 26 e Figura 27.



**Figura 25. Relação de aproveitamento dos perfis adotados na estrutura do modelo 2, ligação com afastamento e considerando excentricidade na segunda análise.**

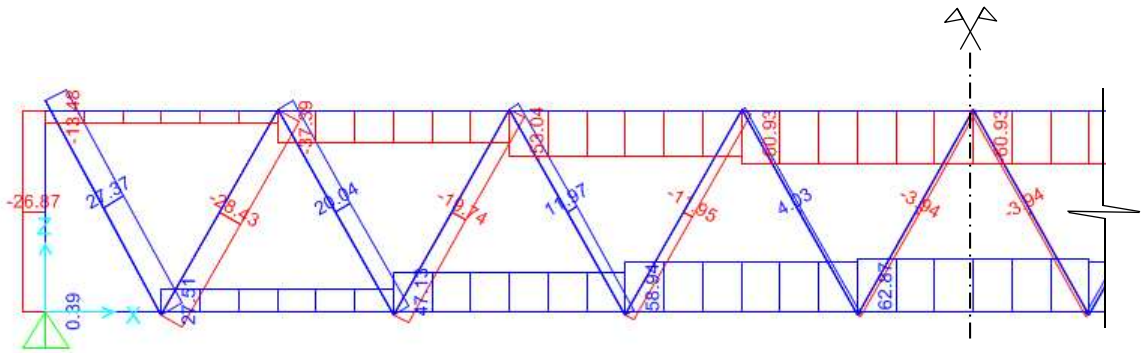


Figura 26. Diagrama de esforços axiais – Modelo 2, com excentricidade. (kN)

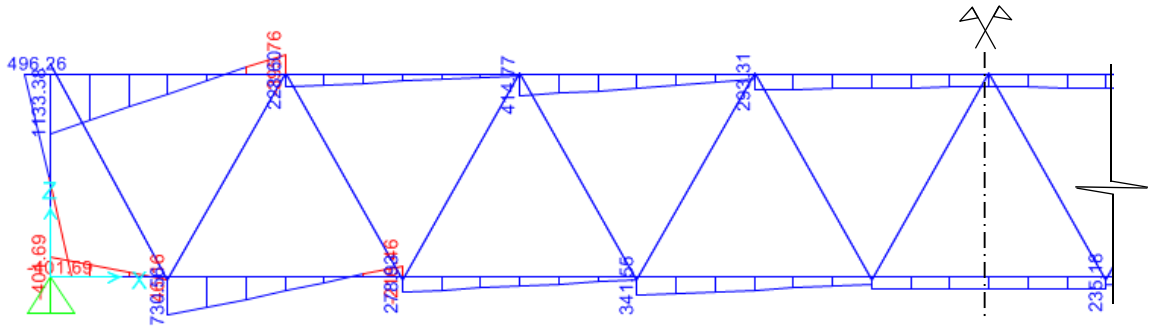


Figura 27. Diagrama de momentos fletores – Modelo 2, com excentricidade. (kNm)

Para o caso que segue, outras duas ligações críticas deverão ser adicionadas na verificação em função da mudança dos perfis das diagonais que será o nó 5 e 6. O resumo dos pesos da nova estrutura está apresentado na Figura 10 e os resultados da análise são mostrados na Figura 11 e todas as ligações são aprovadas.

Tabela 10. Resumo dos perfis e peso total da treliça – Modelo 2 com afastamento e com excentricidade.

Perfil	Quantidade und.	Comprimento cm	Peso kN
VMB101.6x4.5	12	3243.03	3,42
VMB101.6X5.0	4	1098,51	1,29
VMB101.6X5.6	2	460,00	0,60
VMB168.3X6.3	9	2.133,70	5,27
VMB168.3X7.1	8	2.133,70	5,91
<b>Total</b>			<b>16,49</b>

**Tabela 11. Resumo dos parâmetros e das forças resistentes da ligação com afastamento considerando excentricidade, segunda análise- Modelo 2.**

<b>Ligação</b>	<b>g(mm)</b>	<b>e (mm)</b>	<b>e/d<sub>0</sub></b>	<b>Aproveitamento Diagonal 1</b>	<b>Aproveitamento Diagonal 2</b>
2	10,00	124,49	0,74*	0,88	0,78
3	9,00	25,24	0,15	0,96	0,93
4	9,00	26,11	0,16	0,86	0,61
5	9,00	25,24	0,15	0,67	0,68
6	9,00	25,24	0,15	0,60	0,36

\* verificado pelos momentos secundários.

Como pode ser visto nas tabelas acima, todas as ligações foram aprovadas por resistência, inclusive a ligação 2 que manteve seu parâmetro de excentricidade acima dos valores recomendados, entretanto, para se obter essa condição, a estrutura teve um acréscimo de 30% do peso da estrutura inicial e 2% sobre o peso da estrutura com ligação sobreposta.

### 3.2. Considerações

A partir do exemplo apresentado, pode-se perceber o trabalho para se encontrar a combinação de perfis que compõe as ligações de uma treliça que satisfaça o dimensionamento de barras e, ao mesmo tempo, às exigências de cálculo da ligação. Como apresentado neste capítulo, percebe-se que, para se obter a melhor escolha em termos de economia no peso e na fabricação da estrutura, a verificação de várias combinações perfis é necessária.

A opção de adotar qualquer combinação de perfis, obtidos no primeiro dimensionamento das barras, que culminem no desencontro do ponto de trabalho, muitas vezes é a pior das escolhas, pois a excentricidade formada deve ser considerada no dimensionamento dos banzos da treliça. Para tal, novo esquema estático deve ser analisado levando-se em conta o afastamento das linhas de eixo das diagonais em relação ao eixo do banzo que provocará momentos secundários nos banzos.

Percebe-se que vincular o dimensionamento das barras a um processo de cálculo dispendioso e repetitivo acaba levando ao uso incorreto e muitas vezes menos econômico das estruturas tubulares. Pois, uma opção utilizada para se evitar a excentricidade da ligação, é a adição de chapas que facilitam o encontro dos pontos de trabalho e eliminam as tentativas de ajuste dos perfis para coincidir os eixos barras. Contudo, esta opção encarece a estrutura por criar mais elementos. Tais elementos, além do mais, retiram da estrutura tubular toda a estética “limpa” e leve para os ambientes, buscada pelos arquitetos.

É possível perceber pelos exemplos abordados neste capítulo que a possibilidade de combinações de perfis e de variações das características da ligação exige um bom conhecimento do assunto para elaboração adequada de projetos com estruturas tubulares. Para isso, a adoção de critérios que levem o calculista a escolhas mais assertivas de perfis e das geometrias a serem consideradas precisam ser estabelecidas e seguidas desde a concepção estrutural.

## **Capítulo 4.**

### **Análise do comportamento das ligações**

Neste capítulo serão estudadas as fórmulas do cálculo da força resistente das ligações tubo-tubo para perfis de seção circular, baseado na norma ABNT NBR16239 (2013). As fórmulas foram desenvolvidas de modo que pudessem ser apresentadas graficamente por imagens 3D que são comentadas ao longo do desenvolvimento do capítulo. Tabelas de perfis validadas pelos parâmetros geométricos conforme limites estipulados por norma são apresentados no último item a partir dos perfis da Vallourec para uma compreensão maior da aplicabilidade das informações extraída dos gráficos.

#### **4.1. Introdução**

Nas análises a seguir, os valores limites dos parâmetros geométricos estabelecidos pelas normas para a estrutura tubular são referências para o desenvolvimento dos gráficos e tabelas estudados. Para se criar os gráficos 3D apresentados neste capítulo, foi utilizado o programa Wolfram Mathematica 7.0. A partir das fórmulas calculadas e mostradas a seguir, foram gerados os gráficos pelo comando plot3d para cada fórmula de  $F_{\theta}$  em função de  $\gamma$ ,  $\beta$  e do ângulo  $\theta$ .

Para a análise dos gráficos os seguintes critérios de concepção de projetos de treliças de estruturas metálicas tubulares circulares devem ser seguidos:

- Utilizar no esquema estático: diagonais e montantes da treliça rotuladas para o dimensionamento das barras e banzos contínuos.
- Utilizar ligações com excentricidade ( $e$ ) igual a zero. O que evita a consideração de momentos secundários.

- Adotar os mesmos perfis para cada grupo a ser dimensionado: banzos, diagonais e montantes.
- Adotar os ângulos das diagonais entre 30° e 60°. Os ângulos, no caso de ligações K, devem ser iguais.

#### 4.1.1. Estudo do modo de falha A

Considerando as recomendações descritas acima e a partir dos parâmetros geométricos e fórmulas da força resistente determinados pela norma ABNT NBR16239 (2013) tem-se as seguintes equações para a determinação da força resistente das diagonais no modo de falha A:

$$N_{i,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \left( 1,98 + 11,22 \cdot \frac{d_i}{d_0} \right) / \gamma_{a1} \quad (4.1)$$

Sendo,

$$k_g = \gamma^{0,2} \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) \quad (4.2)$$

considerando g positivo para condição de afastamento e negativo para condição de sobreposição e,

$$k_p = 1 + 0,3n_p - 0,3n_p^2, \text{ para } n_p < 0 \quad (4.3)$$

$$k_p = 1, \text{ para } n_p \geq 0 \quad (4.4)$$

Sendo que,

$$n_p = \left( \frac{N_{0,Sd}}{A_0} + \frac{M_{0,Sd}}{W_0} \right) / f_{y0} \quad (4.5)$$

No caso da excentricidade ser igual à zero, não ocorrerão momentos secundários na treliça, assim a fórmula 4.5 fica:

$$n_p = \frac{N_{0,Sd}}{A_0 \cdot f_{y0}} \quad (4.6)$$

O comportamento da força resistente das diagonais no modo de falha A depende de  $\gamma (d_0/2 \cdot t_0)$ ,  $\beta (d_i/d_0)$  e do ângulo  $\theta$  que formam as diagonais com o banzo. Para se ter um

entendimento melhor deste comportamento foi feita uma análise das fórmulas de modo que fossem simplificadas e possíveis de serem representadas graficamente. Assim, foi criado o fator das características geométricas dos perfis que compõem a ligação, denominado  $F_k$ :

$$F_k = \frac{\gamma^{0,2}}{\sin \theta_1} \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) \cdot \left( 1,98 + 11,22 \cdot \frac{d_i}{d_0} \right) / \gamma_{a1} \quad (4.7)$$

Considerando  $e = 0$ , a fórmula do afastamento (1.1) apresentada no capítulo 1 fica:

$$g = \frac{d_0}{2} \cdot \frac{\text{sen}(\theta_1 + \theta_2)}{(\text{sen}\theta_1 \cdot \text{sen}\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \text{sen}\theta_1} - \frac{d_2}{2 \cdot \text{sen}\theta_2} \quad (4.8)$$

Definido como critério para utilização deste processo de cálculo  $d_1 = d_2$  e  $\theta_1 = \theta_2$ , a forma simplificada da equação fica:

$$g = \frac{d_0}{\text{sen}\theta} \cdot (\cos\theta - \beta) \quad (4.9)$$

Substituindo 4.9 em 4.7, tem-se a fórmula 4.10 abaixo que é representada nos gráficos a seguir:

$$F_{k,A} = \frac{\gamma^{0,2}}{\sin \theta_1} \cdot \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp\left(\frac{\gamma}{\text{sen}\theta} (\cos\theta - \beta) - 1,33\right)} \right) \cdot \frac{(1,98 + 11,22 \cdot \beta)}{\gamma_{a1}} \quad (4.10)$$

Assim, a fórmula simplificada da força resistente das diagonais da ligação para o modo de falha A é:

$$N_{i,A,Rd} = F_{k,A} \cdot k_p \cdot t_0^2 \cdot f_{y0} \quad (4.11)$$

#### 4.1.1.1. Análise gráfica

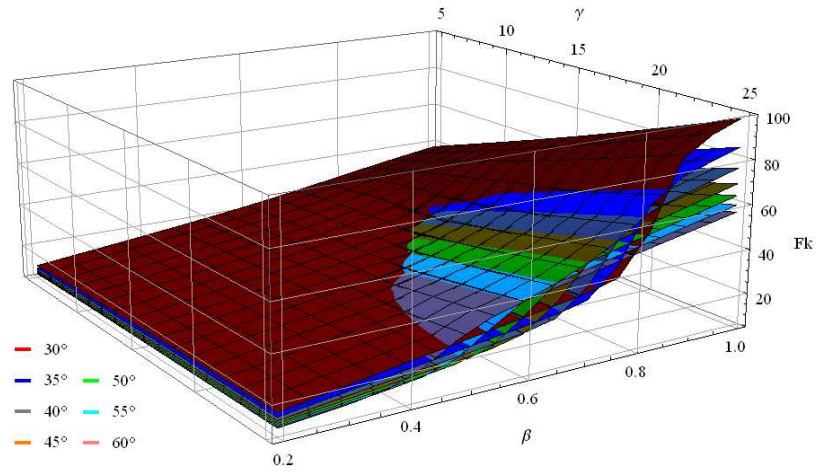


Gráfico 1. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A.

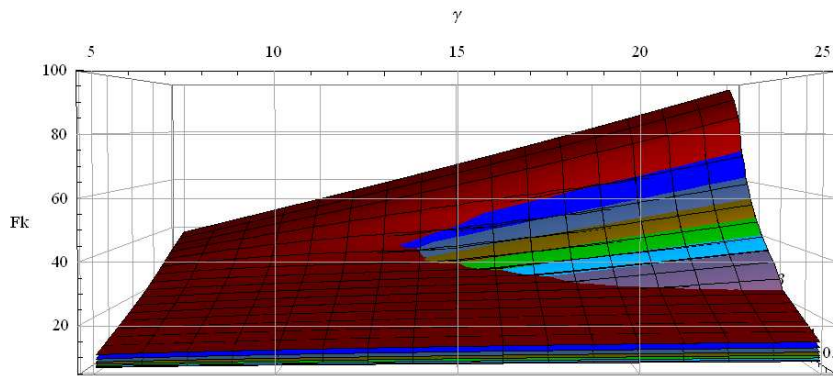


Gráfico 2. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A. Visão de  $\gamma$ .

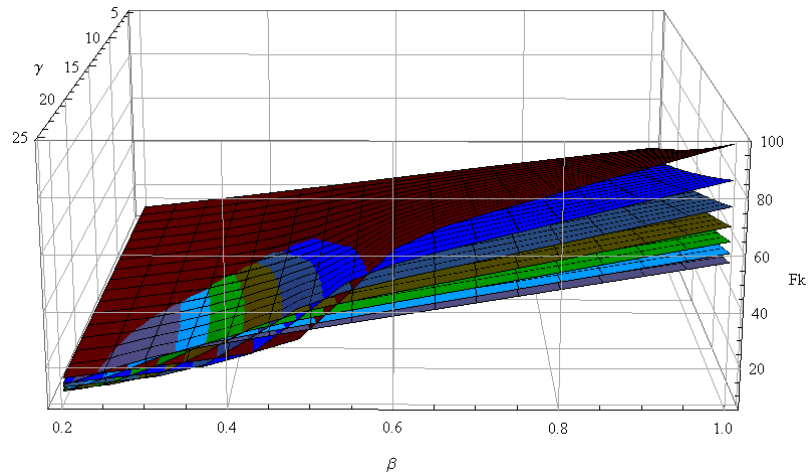
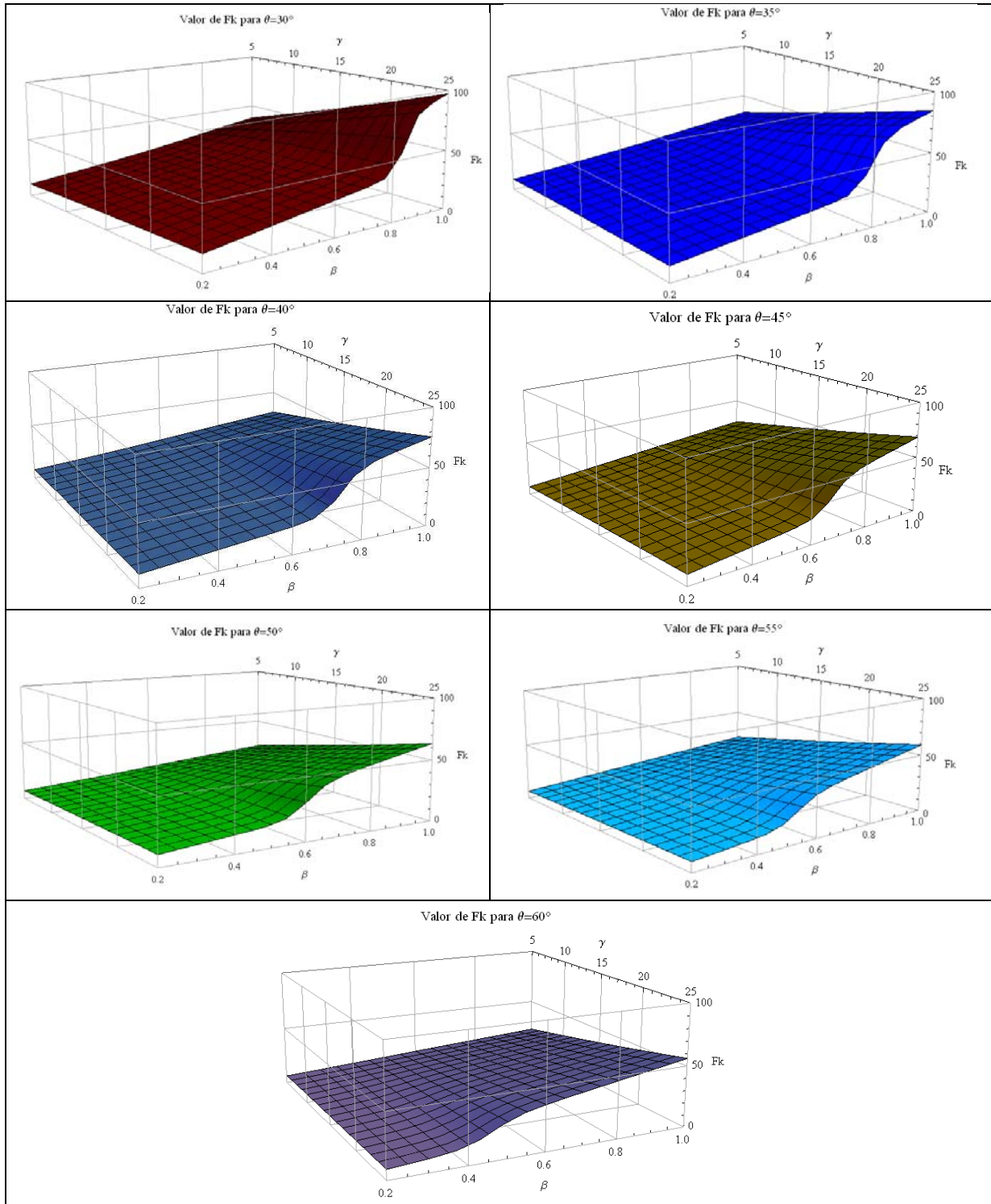


Gráfico 3 Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – Modo de falha A. Visão de  $\beta$ .



Gráfico 4. Gráficos de  $F_k$  em função de  $\gamma$  e  $\beta$  para cada ângulo. Ligação K – Modo de falha A.



A variação do fator  $F_k$  para o modo de falha A, que vai de aproximadamente 10 até 100, em função de  $\beta$  e  $\gamma$  é significativa. Analisando o gráfico observa-se uma alteração no comportamento do gráfico e consequente aumento do valor de  $F_k$  quando  $0,4 \leq \beta \leq 0,85$ , considerando o menor valor correspondente ao ângulo de  $60^\circ$  e 0,85 correspondente ao ângulo de  $30^\circ$ .

Adotar perfis para as diagonais com até 20% menores que o diâmetro do banzo para ligações com  $30^\circ$  garantirá uma resistência mais elevada para a ligação. A mesma relação pode ser feita para os demais ângulos, até o ângulo de  $60^\circ$ , cujo diâmetro da diagonal deve ser até 50% do banzo. Valores menores que isso levará a obtenção de uma ligação com baixa resistência.

Essa alteração em  $\beta$  é acompanhada de uma modificação no comportamento do gráfico em função de  $\gamma$  que deixa de ter um baixo crescimento linear e passa a ser importante na determinação de  $F_k$ , com um crescimento curvo acentuado. Essa curva do gráfico é causada pela consideração da parcela  $\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\gamma}{\sin\theta}(\cos\theta - \beta) - 1,33\right)}$  que ocorre em função do coeficiente  $k_g$  que considera o afastamento  $g$  na fórmula do cálculo da força resistente. A não existência dessa parte na fórmula faz do gráfico do modo de falha A ter aparência similar ao modo de falha D, mostrado no item seguinte.

O ângulo da ligação também causa uma variação significativa de  $F_k$ , apresentando no ponto mais crítico, 60% de diferença na força resistente e no ponto menos crítico 30%. Quanto maior o ângulo  $\theta$ , menor será o valor de  $F_k$ .

#### **4.1.2. Estudo do modo de falha D**

O modo de falha D deve ser verificado para as ligações K e N, apenas no caso de afastamento das diagonais, e também para as ligações T, Y e X. Ele possui a mesma fórmula para todos os casos que devem ser analisados, variando apenas o ângulo e a diâmetro da diagonal analisada. O estudo deste modo de falha será apresentado apenas neste item, mas será utilizado em estudo comparativo para todos os tipos de ligações.

O mesmo processo de cálculo apresentado para o modo de falha A é desenvolvido para o modo de falha D fazendo a equação em função de  $\gamma (d_0/2 \cdot t_0)$ ,  $\beta (d_i/d_0)$  e do ângulo  $\theta$  das

diagonais com o banzo. Considerando a fórmula para o modo de falha D que deve atender a condição de  $d_i \leq d_0 - 2t_0$ , tem-se:

$$N_{i,Rd} = \frac{0,66 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_i}{\gamma_{a1}} \cdot \left( \frac{1 + \text{sen} \theta_i}{2 \cdot \text{sen}^2 \theta_i} \right) \quad (4.12)$$

Desenvolvendo a fórmula para ficar em função de  $\beta$  e  $\gamma$ :

$$N_{i,Rd} \cdot \frac{2 \cdot t_0}{d_0} = 2 \cdot t_0^2 \cdot \frac{d_i}{d_0} \cdot \frac{0,66 \cdot \pi \cdot f_{y0}}{\gamma_{a1}} \cdot \left( \frac{1 + \text{sen} \theta_i}{2 \cdot \text{sen}^2 \theta_i} \right) \quad (4.13)$$

$$N_{i,Rd} \cdot \frac{1}{\gamma} = \frac{1,32 \cdot \pi}{\gamma_{a1}} \cdot \beta \cdot \left( \frac{1 + \text{sen} \theta_i}{2 \cdot \text{sen}^2 \theta_i} \right) \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \quad (4.14)$$

$$N_{i,Rd} = \frac{1,32 \cdot \pi}{\gamma_{a1}} \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \left( \frac{1 + \text{sen} \theta_i}{2 \cdot \text{sen}^2 \theta_i} \right) \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \quad (4.15)$$

Fazendo a fórmula em função de  $F_k$  para o modo de falha D, tem-se a equação 4.16 para se fazer os gráficos:

$$F_{k,D} = \frac{1,32 \cdot \pi}{\gamma_{a1}} \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \left( \frac{1 + \text{sen} \theta_i}{2 \cdot \text{sen}^2 \theta_i} \right) \quad (4.16)$$

A equação simplificada da força resistente das diagonais para o modo de falha D fica:

$$N_{i,D,Rd} = F_{k,D} \cdot t_0^2 \cdot f_{y0} \quad (4.17)$$

#### 4.1.2.1. Análise gráfica

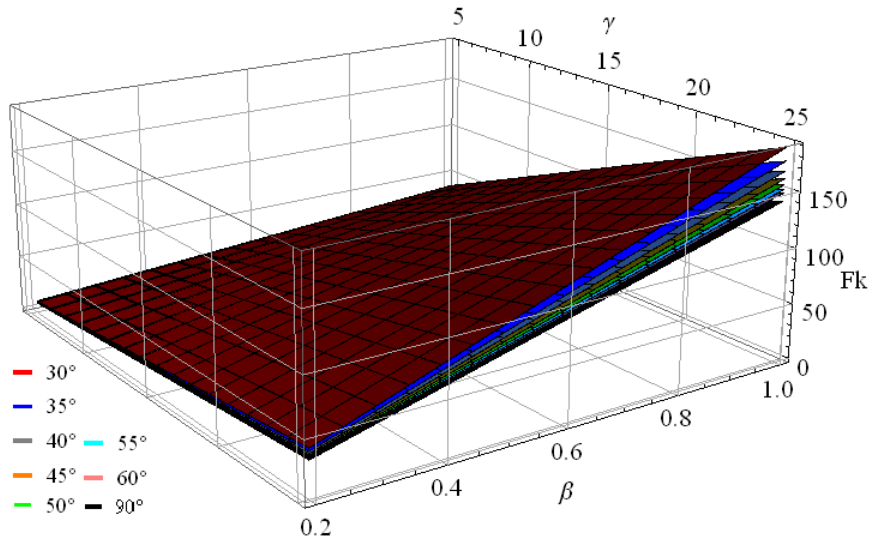


Gráfico 5. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D.

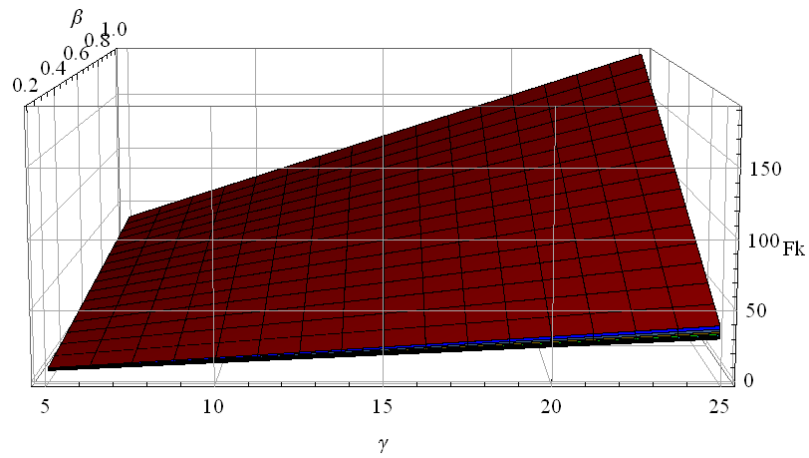
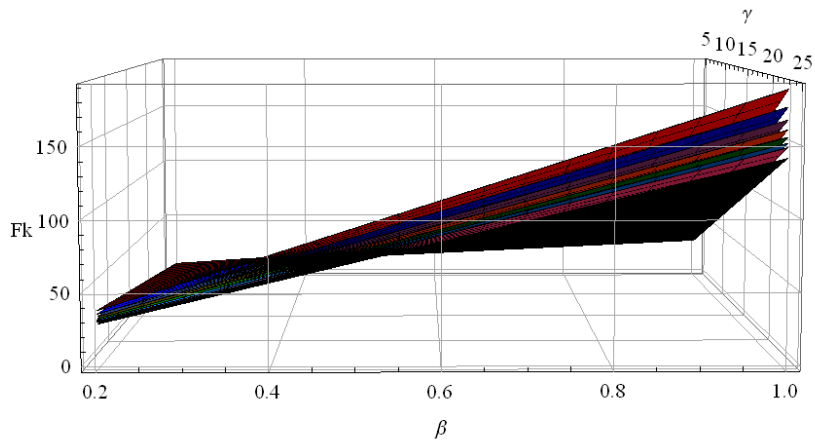


Gráfico 6. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de  $\gamma$ .



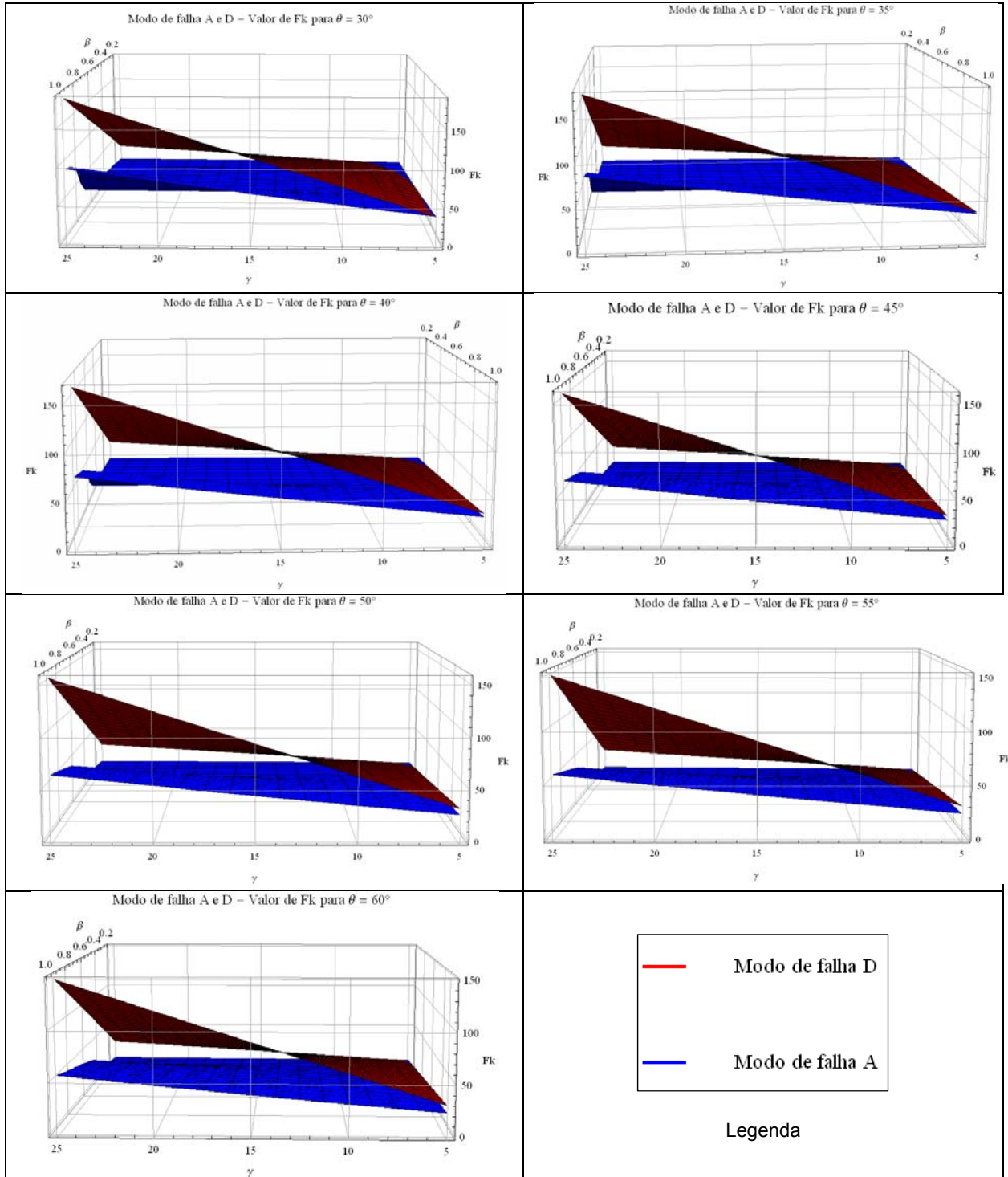
**Gráfico 7. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de  $\beta$ .**

A variação do fator  $F_k$  de aproximadamente 7 à 200 ocorre quase que linearmente tanto em função da variação de  $\beta$  quanto de  $\gamma$ . A medida que  $\beta$  se aproxima de 1 e  $\gamma$  de 25 maiores serão os valores correspondentes para  $F_k$ . O que significa que adotar perfis para banzos e diagonais de diâmetros próximos, associado ao banzo de grandes diâmetros e pequenas espessuras resulta num maior valor de  $F_k$ .

A variação de  $F_k$  referente ao ângulo da ligação representa 30% de diferença em todo o gráfico, em função do comportamento linear de cada eixo. O ângulo de  $30^\circ$  tem valores de  $F_k$  mais elevados de força resistente que o de  $60^\circ$ .

### 4.1.3. Comparativo entre o modo de falha A e D – Ligação K

Gráfico 8. Gráficos comparativos entre os modos de falha para ligação K para todos os ângulos entre 30° e 60°.



Os valores de  $F_k$  para o modo de falha D são em geral mais altos que no modo de falha A, variando aproximadamente de 7 até 200 para o primeiro caso e 10 à 100 para o segundo caso.

Observa-se que o valor de  $F_k$  só é menor no modo de falha D do que no modo de falha A em casos específicos, sendo eles: quando o  $\beta$  é menor que 0,4 para o ângulo de  $35^\circ$  e diminui até  $\beta$  menor que 0,25 para o ângulo de  $60^\circ$  e  $\gamma$  é menor que 7 para o ângulo de  $35^\circ$  e diminui até 5,5 correspondente ao ângulo de  $60^\circ$ .

Para o ângulo de  $30^\circ$  ocorrem maiores possibilidades do modo de falha D ser mais crítico quando  $\gamma$  varia de 5 a 7,5 e  $\beta$  varia de 0,2 a 0,55 e 0,8 a 1,0.

Para o cálculo da força resistente da ligação no modo de falha A se o coeficiente  $k_p$  de minoração da força resistente, que varia entre 0,4 e 1,0, for utilizado e quando este valor for menor que 0,7 para o ângulo de  $30^\circ$  e menor que 0,9 para o ângulo de  $60^\circ$ , considerando os valores intermediários para os ângulos entre  $30^\circ$  e  $60^\circ$ , o modo de falha A será o mais crítico em todos os casos.

De modo prático, quando se combinar perfis de grandes diâmetros nos banzos com perfis de diâmetros pequenos (cerca de 5 vezes maior) e os banzos forem muito espessos (por volta de 10% do diâmetro do banzo) o caso crítico a ser verificado é o modo de falha D, com especial atenção aos ângulos de  $30^\circ$ , na análise do fator  $F_k$ .

## **4.2. Ligação N**

### **4.2.1. Estudo do modo de falha A**

A ligação tipo N é analisada da mesma forma que a ligação K, seguindo a fórmula apresentada em 4.1. Adotando o mesmo critério para utilização deste processo de cálculo em que  $d_1 = d_2$ , entretanto, devem ser considerados o ângulo  $\theta_1 = 90^\circ$  e  $\theta_2$  variável.

Desenvolvendo a mesma sequência de cálculo da ligação K para o modo de falha A, mas fazendo as alterações correspondentes para a ligação N tem-se:

$$g = \frac{d_0}{2\text{sen}\theta_2} \cdot (\cos\theta_2 - \beta(\text{sen}\theta_2 + 1)) \quad (4.18)$$

Substituindo 4.18 em 4.7 para corresponder à ligação N, tem-se a fórmula 4.19 abaixo que é representada nos gráficos a seguir:

$$F_{k,A} = \frac{\gamma^{0,2}}{\text{sen}\theta_2} \cdot \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp\left(\frac{\gamma}{2\text{sen}\theta_2} (\cos\theta_2 - \beta(\text{sen}\theta_2 + 1)) - 1,33\right)} \right) \cdot \frac{(1,98 + 11,22 \cdot \beta)}{\gamma_{a1}} \quad (4.19)$$

Assim, a fórmula simplificada da força resistente das diagonais da ligação N para o modo de falha A é:

$$N_{i,A,Rd} = F_{k,A} \cdot k_p \cdot t_0^2 \cdot f_{y0} \quad (4.20)$$

#### 4.2.1.1. Análise gráfica

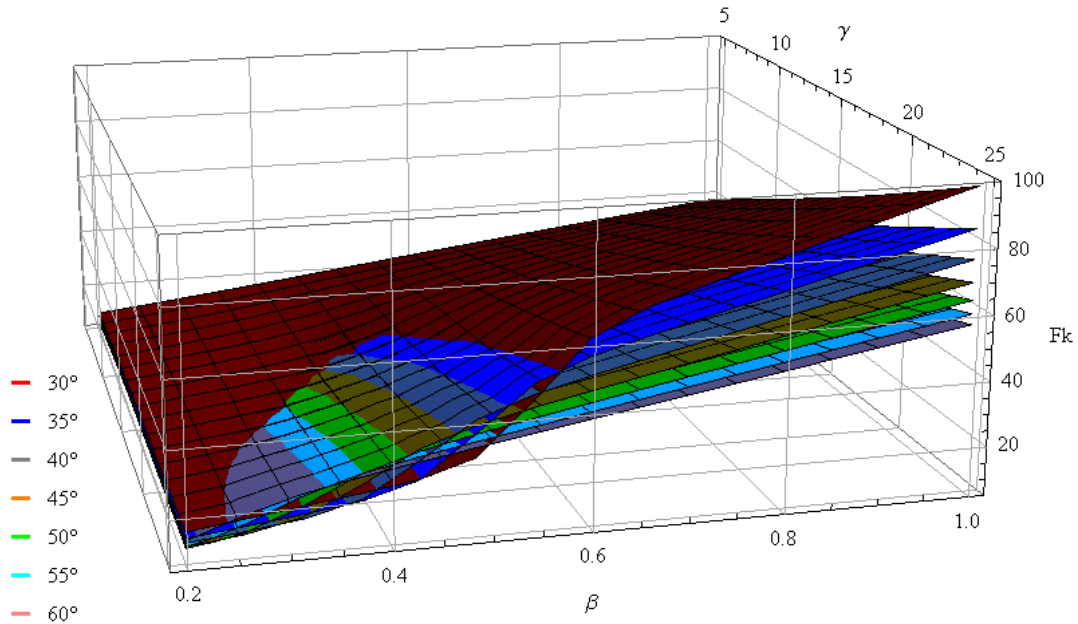


Figura 28. Valor de \$F\_k\$ para todos os ângulos – Ligação N – modo de falha A.



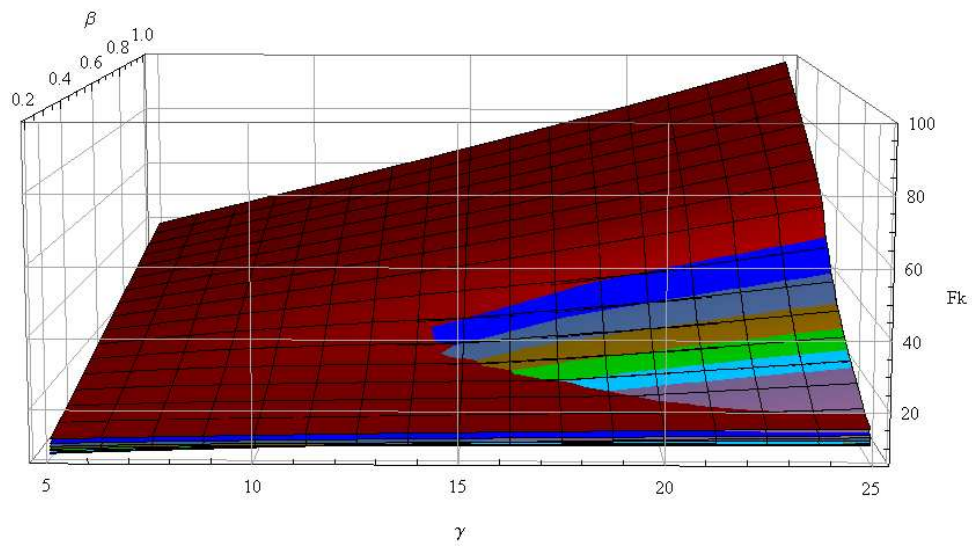


Figura 29. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação N – modo de falha D. Visão de  $\gamma$ .

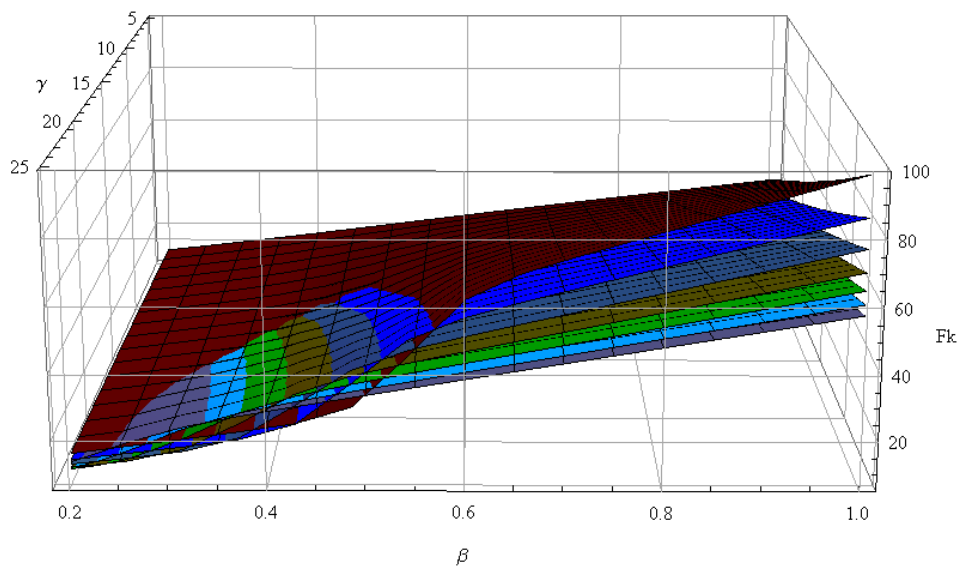
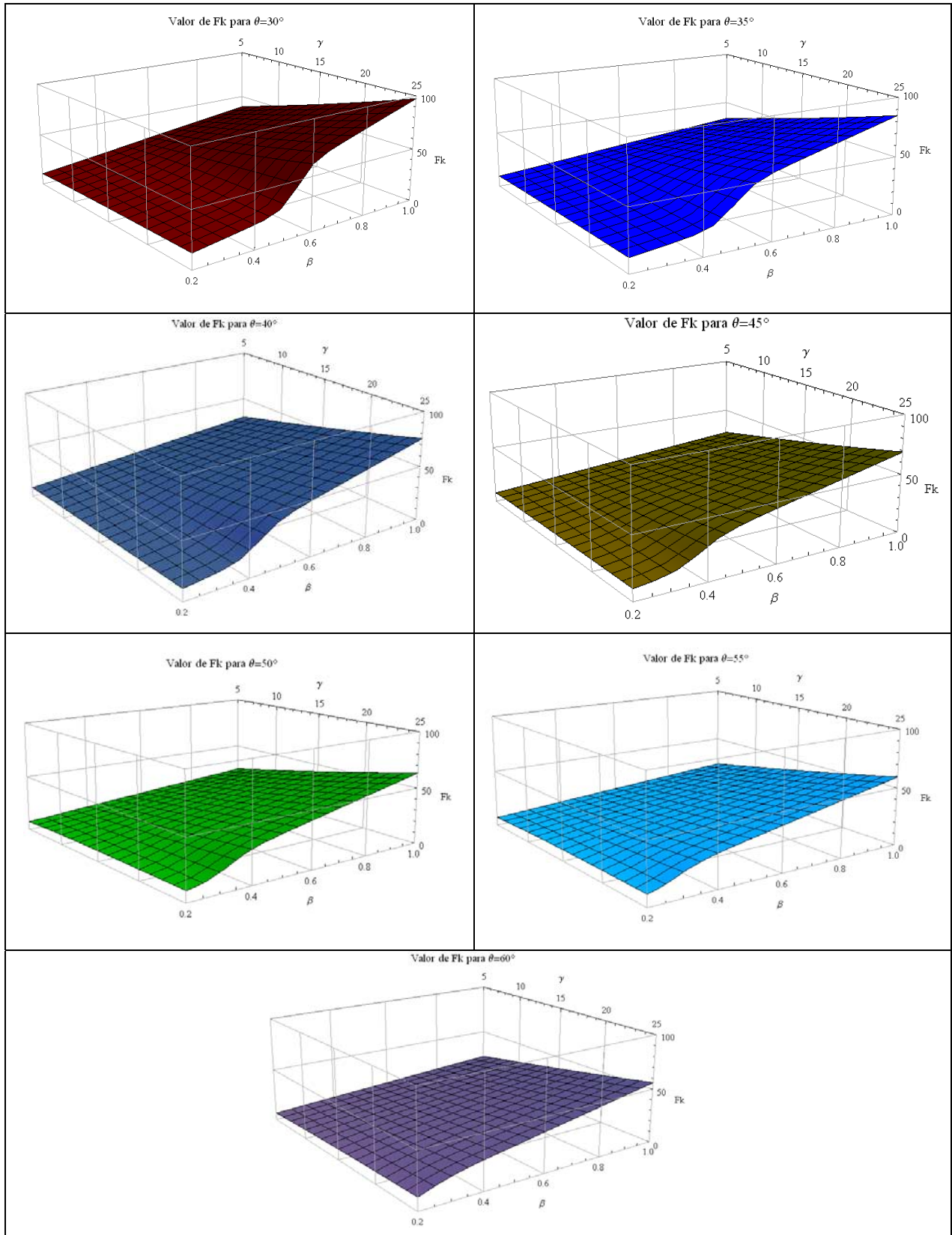


Figura 30. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação K – modo de falha D. Visão de  $\beta$ .

Gráfico 9. Gráficos de  $F_k$  em função de  $\gamma$  e  $\beta$  para cada ângulo. Ligação N – Modo de falha A.



O comportamento do gráfico para a ligação N é, como esperado, similar ao gráfico para a ligação K. A variação de  $F_k$  é de 100 a 10. A parcela da fórmula  $\frac{1}{1+\exp\left(\frac{\gamma}{2\text{sen}\theta}(\cos\theta-\beta(\text{sen}\theta+1))-1,33\right)}$ , que já considera o ângulo de  $90^\circ$  para uma das diagonais, cria uma curva em função da variação de  $\beta$  e  $\gamma$ , entretanto, menos acentuada e com valores correspondentes de  $\beta$  menores. Esta curva altera a tendência linear do gráfico e reduz o fator  $F_k$  para valores de  $\beta$  inferiores a 0,6 para o ângulo de  $30^\circ$  até 0,3 para o ângulo de  $60^\circ$ .

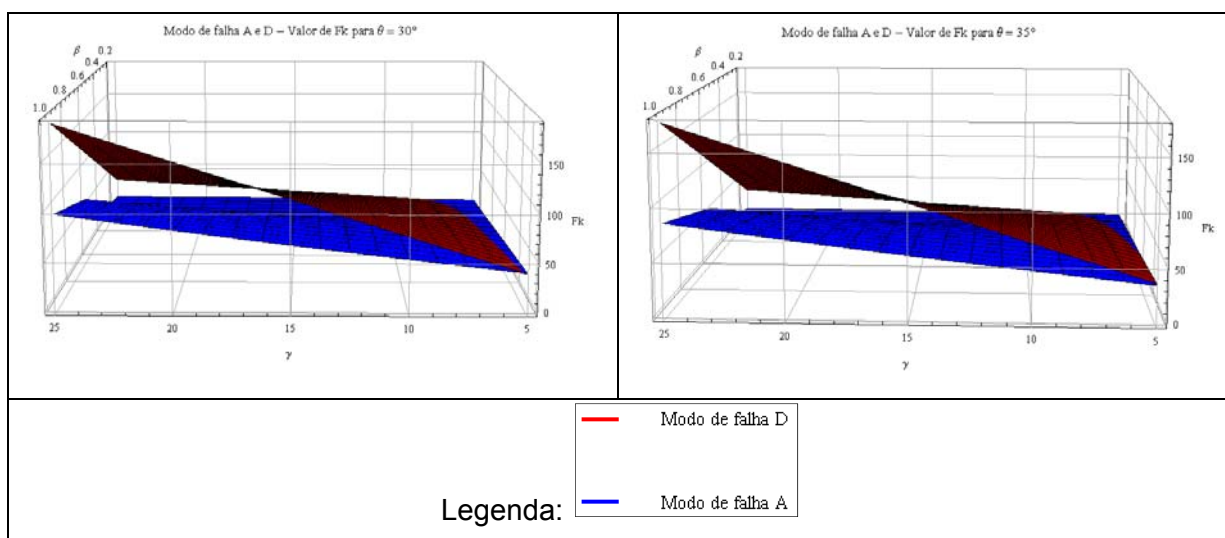
Isso significa que quando se considera uma das diagonais com ângulo de  $90^\circ$ , formando a ligação tipo N, para se obter resistências elevadas, definidas diretamente em função de  $F_k$ , deve-se optar por diagonais até 40% menores que o banzo.

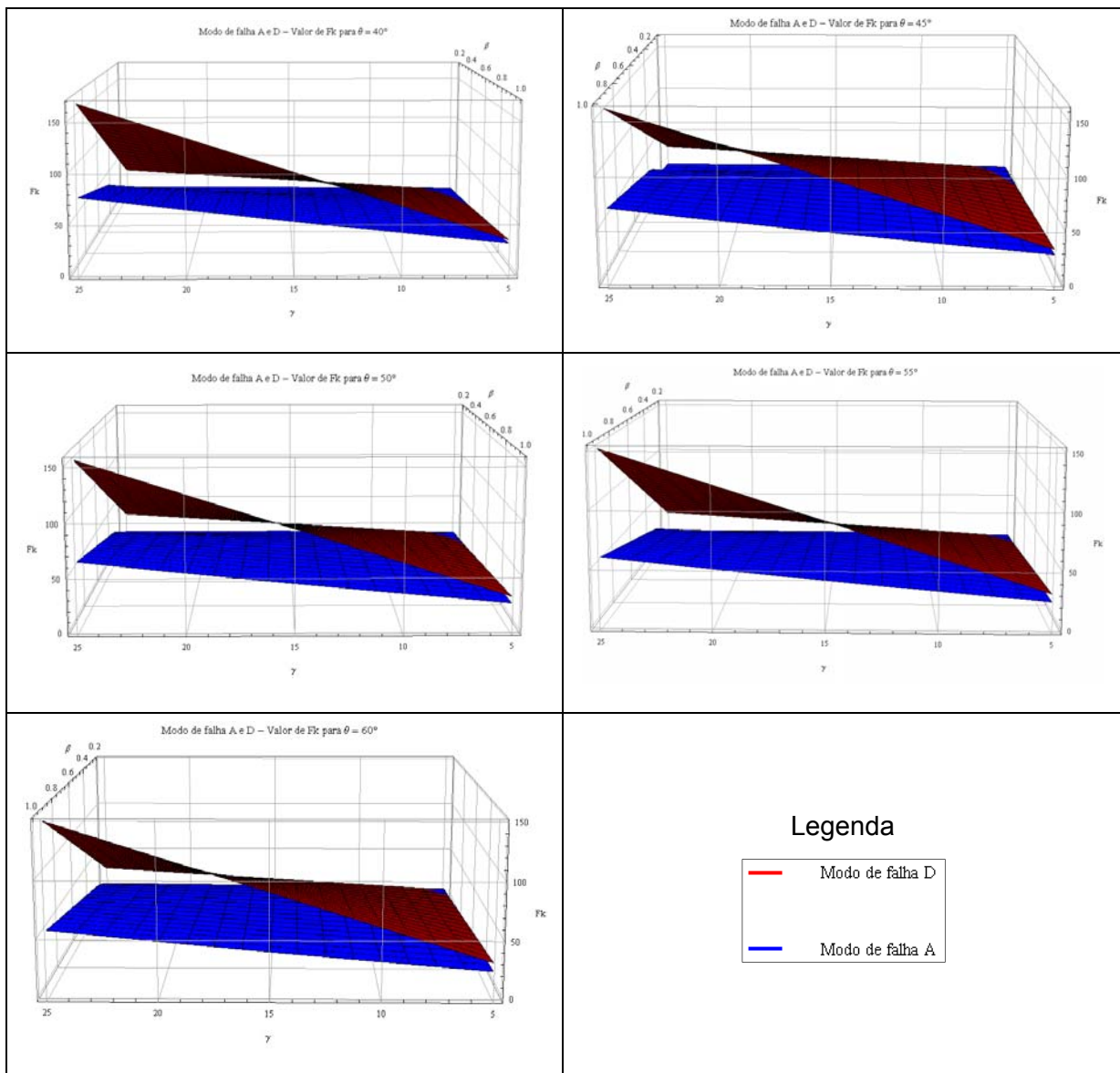
Para a variação da esbeltes do banzo ( $\gamma$ ) o comportamento da ligação permanece similar ao observado para o modo de falha A da ligação K.

O ângulo da ligação também causa uma variação significativa de  $F_k$ . Quanto maior o ângulo  $\theta$ , menor será o valor de  $F_k$ .

#### 4.2.2. Comparativo entre o modo de falha A e D – Ligação N

Gráfico 10. Gráficos comparativos entre os modos de falha para ligação N para todos os ângulos de  $30^\circ$  a  $60^\circ$  e  $90^\circ$





O valor do modo de falha D é menos crítico que o modo de falha A para a ligação tipo N. Para o ângulo de  $30^\circ$ , valores de  $\gamma$  menores que aproximadamente 7,5 para todos os valores de  $\beta$  terão o modo de falha D como mais crítico. Este valor vai gradativamente reduzindo até o ângulo de  $60^\circ$ , em que o modo de falha D será crítico apenas para  $\gamma$  menores que 6 e  $\beta$  menores que 0,3.

Nos demais valores de  $\beta$  e  $\gamma$ , para todos os ângulos, o modo de falha A permanece sendo o mais crítico e que determinará a resistência da ligação.

O modo de falha A para a ligação N também considera o coeficiente  $k_p$  de redução da força resistente da ligação em função dos esforços solicitantes nos banzos. Este coeficiente fará com que o valor de  $F_k$  seja ainda menor para o modo de falha A, sendo este garantidamente mais crítico em todos os casos de  $\beta$  e  $\gamma$ .

### 4.3. Ligação T e Y

#### 4.3.1. Estudo do modo de falha A

Nas ligações T e Y apenas ocorre o modo de falha A cujo valor de força resistente é determinado pela seguinte fórmula:

$$N_{i,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\text{sen}(\theta_i) \cdot \gamma_{a1}} \cdot (3,08 + 15,62\beta^2) \quad (4.21)$$

Considerando:

$$F_k = \frac{\gamma^{0,2}}{\text{sen}(\theta_i) \cdot \gamma_{a1}} \cdot (3,08 + 15,62\beta^2) \quad (4.22)$$

A equação simplificada da força resistente das diagonais para o modo de falha A, para ligações T e Y fica:

$$N_{i,A,Rd} = F_k \cdot k_p \cdot t_0^2 \cdot f_{y0} \quad (4.23)$$

### 4.3.1.1. Representação gráfica

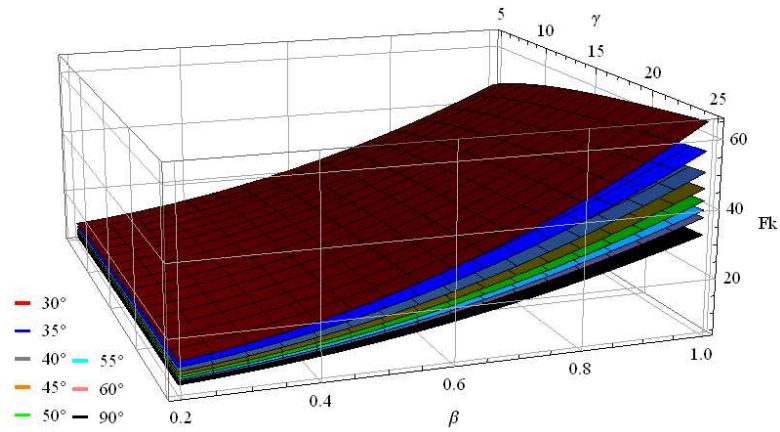


Gráfico 11. Valor de  $F_0$  para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A.

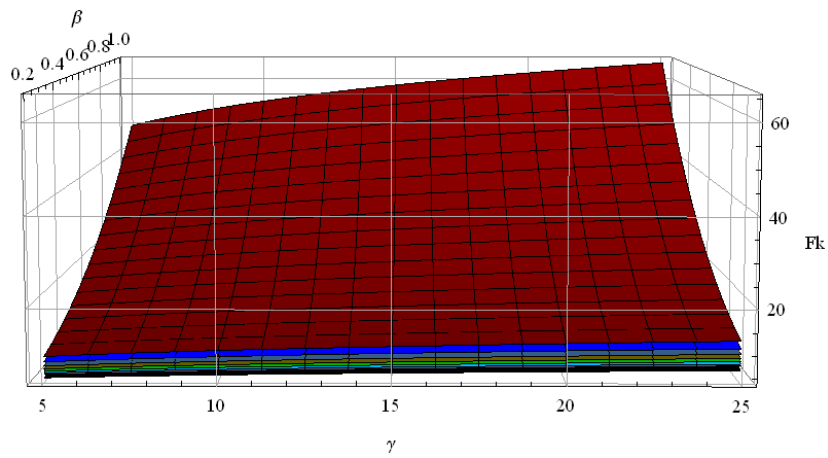


Gráfico 12. Valor de  $F_0$  para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A. Visão de  $\gamma$ .

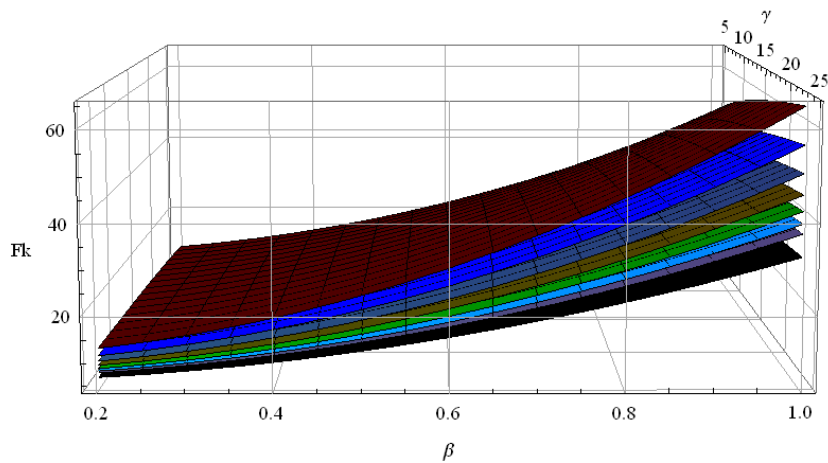


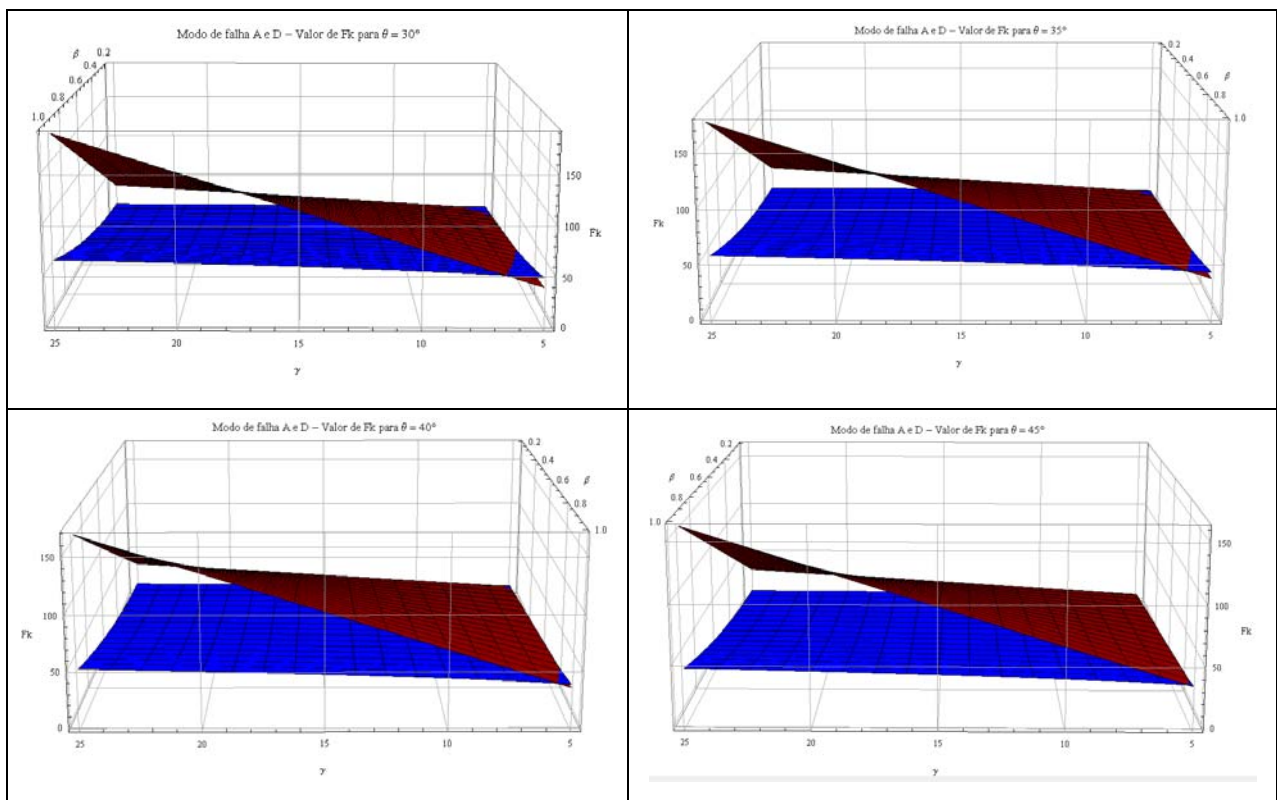
Gráfico 13. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação T e Y – modo de falha A. Visão de  $\beta$ .

O valor mínimo de  $F_k$  para as ligações T e Y é de aproximadamente 6 e o máximo 65 para o ângulo de  $30^\circ$ . A variação do valor de  $F_k$  é pequena quando analisado o eixo de  $\gamma$  em relação à variação em função de  $\beta$ , como pode ser visto no Gráfico 12. No Gráfico 13 pode ser visto que para  $\beta$ , quanto maior o seu valor maior será o valor do  $F_k$ .

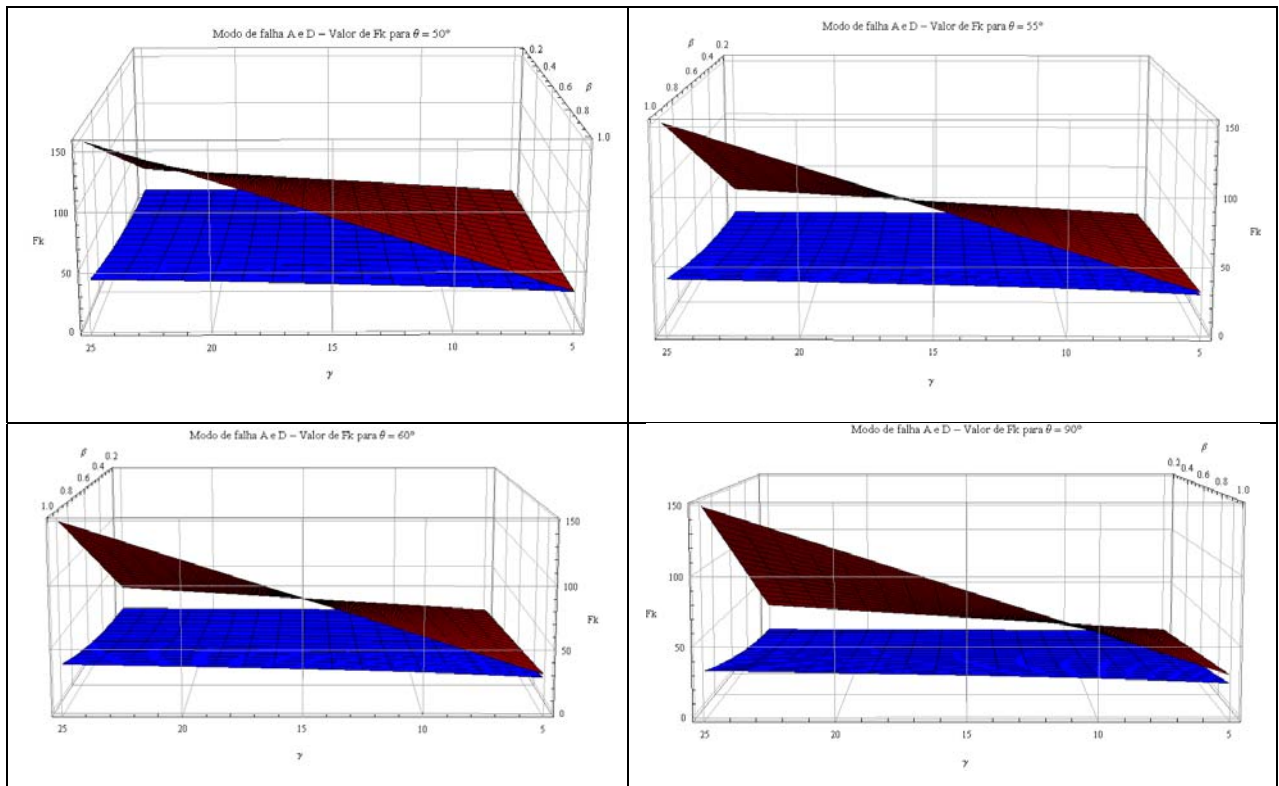
Observa-se nestes gráficos que  $\beta$  tem uma variação mais significativa que  $\gamma$ , sendo o primeiro mais expressivo para definição do fator  $F_k$ . Assim, pode-se dizer que o que mais contribui para a força resistente da ligação é ter diâmetros entre diagonais e banzos próximos.

Quanto aos ângulos da ligação, quanto maior o ângulo, menor o valor correspondente para o valor  $F_k$ . Como pode ser observado no gráfico, a ligação T será a ligação com menor valor de  $F_k$  e, conseqüentemente, menor resistência.

#### 4.3.2. Comparativo entre o modo de falha A e D – Ligação T e Y



Legenda: — Modo de falha D  
— Modo de falha A



Legenda: — Modo de falha D  
— Modo de falha A

O comportamento do fator  $F_k$  do modo de falha A comparado ao modo de falha D é quase plano, com uma ascendência suave quando variado o  $\beta$ .

Para a ligação Y, o modo de falha A será o mais crítico para a maioria dos casos, exceto para os ângulos menores que 40, quando  $\gamma$  for menor que 6 e  $\beta$  estiver próximo dos seus valores limites (1 e 0,2). Para a ligação T, o modo de falha A é o mais crítico em todos os casos.

A consideração de  $k_p$  no cálculo da força resistente destas ligações tornará o modo de falha A mais crítico para todos os casos.



## 4.4. Ligação X

### 4.4.1. Estudo do modo de falha A

Nas ligações X, também ocorre apenas o modo de falha A cujo valor da força resistente é determinado pela seguinte fórmula:

$$N_{i,Rd} = \frac{k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\text{sen}(\theta_i) \cdot \gamma_{a1}} \cdot \left( \frac{5,72}{1 - 0,81 \cdot \beta} \right) \quad (4.24)$$

Considerando:

$$F_k = \frac{1}{\text{sen}(\theta_i) \cdot \gamma_{a1}} \cdot \left( \frac{5,72}{1 - 0,81 \cdot \beta} \right) \quad (4.25)$$

A equação simplificada da força resistente das diagonais para o modo de falha A, para ligações X fica:

$$N_{i,A,Rd} = F_k \cdot k_p \cdot t_0^2 \cdot f_{y0} \quad (4.26)$$

### 4.4.2. Representação gráfica

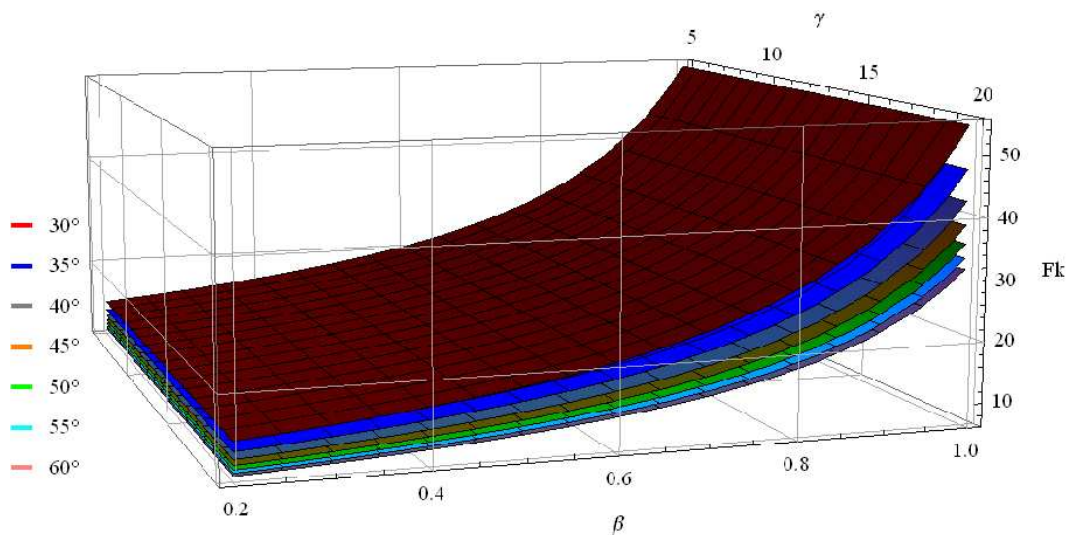
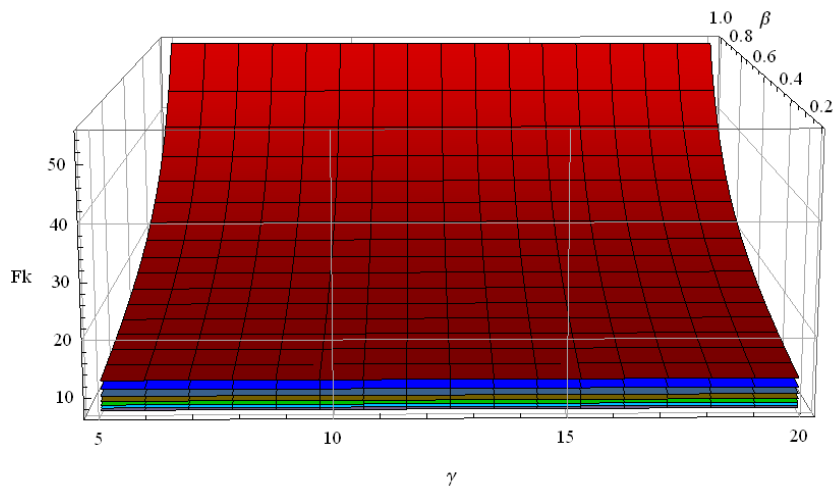
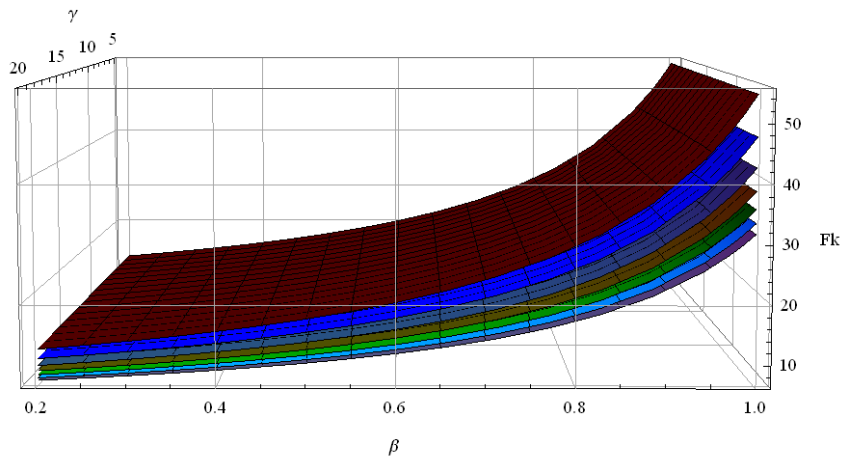


Gráfico 14. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A.



**Gráfico 15. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A. Visão de  $\gamma$ .**



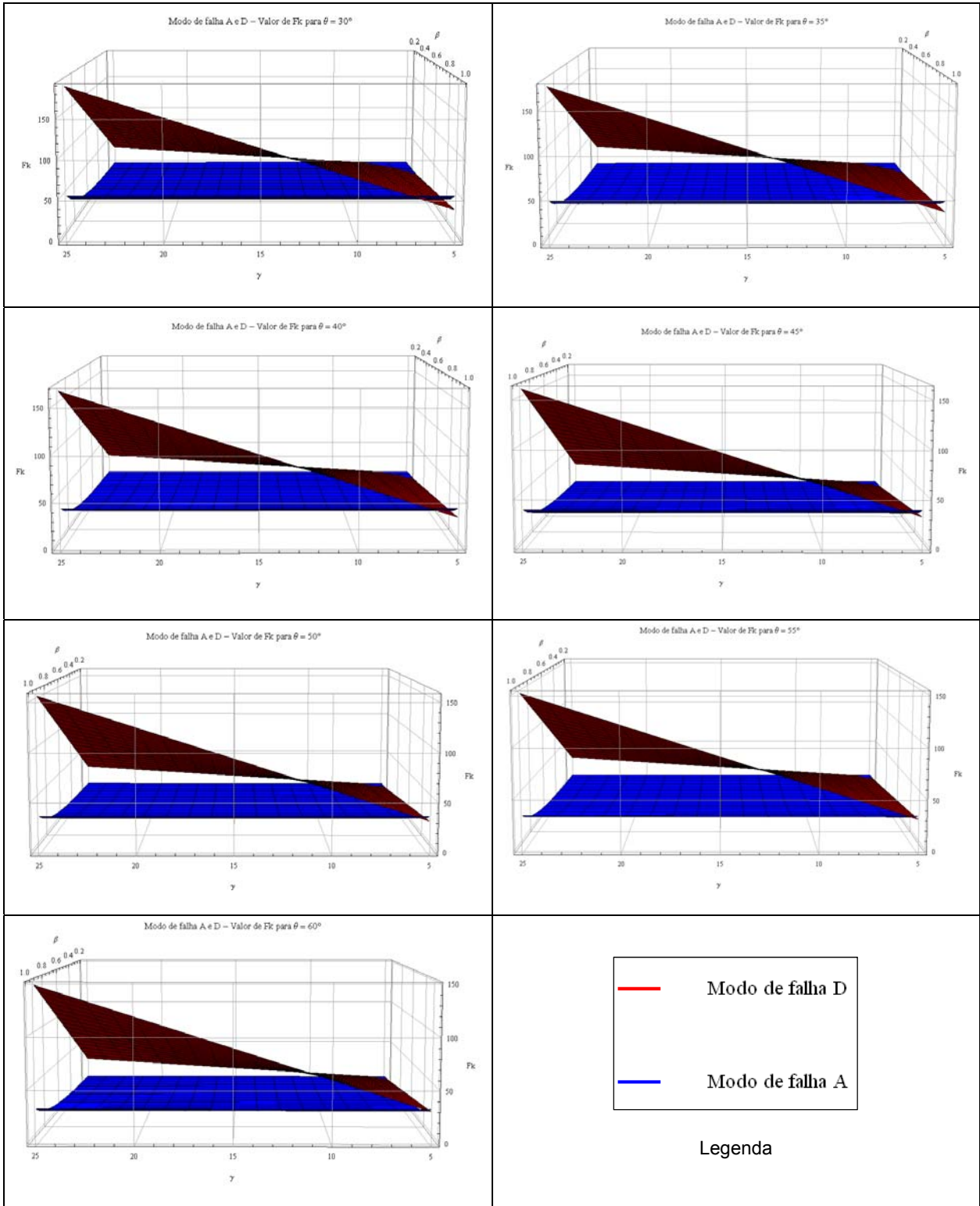
**Gráfico 16. Valor de  $F_k$  para todos os ângulos – Ligação X – modo de falha A. Visão de  $\beta$ .**

Observa-se no gráfico da ligação X que a variação do valor de  $F_k$  depende principalmente de  $\beta$ , além do ângulo  $\theta$  cuja variação já é esperada.  $\gamma$ , neste caso, permanece constante para cada valor de  $\beta$  analisado. É importante ressaltar que  $\gamma$ , no caso da ligação X, varia de 5 a 20, conforme recomendações da norma, para evitar a punção de paredes muito finas em relação ao diâmetro do perfil adotado.

Analisando o Gráfico 16, pode-se perceber que o aumento significativo no valor de  $F_k$  acontece quando  $\beta$  é maior que 0,8. Isso significa que quanto mais próximos estiverem os diâmetros das diagonais em relação ao diâmetro do banzo, maiores serão as forças resistentes das diagonais.

A variação  $F_k$  em função do ângulo  $\theta$  para a ligação X é constante e aproximadamente igual a 70%.

### 4.4.1. Comparativo entre o modo de falha A e D – Ligação X



Comparando os modos de falha para a ligação X, observa-se um comportamento semelhante à ligação Y. O modo de falha A se apresenta mais crítico para a maioria dos casos, sendo apenas menos crítico quando se tem, para os ângulos menores,  $\beta$  próximo dos seus valores limites (1 e 0,2) e  $\gamma$  menores que 6. Observa-se, também, este comportamento do gráfico para determinação do  $F_k$  para o ângulo de  $60^\circ$ , apesar de ser pontual.

#### 4.5. Aplicação dos parâmetros sobre tabelas de perfis Vallourec

Para melhor entendimento do significado dos gráficos foram criadas tabelas a partir dos perfis atualmente existentes da Vallourec dos parâmetros  $\beta (d_i/d_0)$ , Tabela 12, e  $\gamma (d_0/2 \cdot t_0)$ , Tabela 13, que devem ser comparados com os resultados obtidos nos gráficos analisados neste capítulo.

Como orientação para o uso e entendimento destas tabelas deve-se saber que:

- Os valores em destaque para  $\beta$  e  $\gamma$  correspondem àqueles dentro dos limites determinados por norma e representados nos gráficos.
- Os valores em cinza da Tabela 13 não são fabricados atualmente pela V&M, entretanto, eles foram mostrados para efeito de pesquisa e por atenderem aos limites de normas.

Com base nos gráficos comparativos entre o modo de falha A e D, pode-se observar que os maiores valores de  $F_k$  ocorrem quando  $\gamma$  está próximo de 25 e  $\beta$  próximo de 1. A partir da Tabela 13 pode-se observar que os perfis com maiores valores de  $\gamma$ , são encontrados a partir do perfil 141,3mmX3.2mm até 355,6mmX7,1mm. E que os valores de  $\beta$  mais próximos de 1, ocorrem quando se utiliza nas diagonais perfis com diâmetros iguais ou muito próximo do diâmetro adotado no banzo.

Ou seja, para se ter o maior valor de  $F_k$  de uma combinação de perfis, basta adotar banzos e diagonais com diâmetros próximos ou iguais.

O oposto também pode ser facilmente entendido analisando estas tabelas. Quando se tem  $\gamma$  com valores muito baixos, próximo de 5, significa que os perfis que estão sendo utilizados para o banzo possuem grandes espessuras, exemplo, 168,3mmX16mm. Combinando este banzo com diagonais compostas por perfis com pequenos diâmetros, como o 33,4mm, o  $\beta$  será

de 0,20. Identifica-se, neste exemplo, o efeito da punção provocada nos banzos com grandes diâmetros por diagonais com perfis de pequenos diâmetros, denominado modo de falha D. Este modo de falha será o mais crítico para a maioria das ligações com estas características de grandes banzos com pequenas diagonais.

Tabela 12. Tabela de perfis para atender aos limites de  $\beta (d_i/d_0)$  segundo a ABNT NBR16239 (2013).

		<i>Diagonal (d<sub>i</sub>)</i>														
<i>Banzo (d<sub>0</sub>)</i>		33.4	38.1	42.2	48.3	60.3	73.0	88.9	101.6	114.3	141.3	168.3	219.1	273.0	323.8	355.6
	33.4	<b>1.00<sup>1</sup></b>	1.14	1.26	1.45	1.81	2.19	2.66	3.04	3.42	4.23	5.04	6.56	8.17	9.69	10.65
	38.1	<b>0.88</b>	<b>1.00</b>	1.11	1.27	1.58	1.92	2.33	2.67	3.00	3.71	4.42	5.75	7.17	8.50	9.33
	42.2	<b>0.79</b>	<b>0.90</b>	<b>1.00</b>	1.14	1.43	1.73	2.11	2.41	2.71	3.35	3.99	5.19	6.47	7.67	8.43
	48.3	<b>0.69</b>	<b>0.79</b>	<b>0.87</b>	<b>1.00</b>	1.25	1.51	1.84	2.10	2.37	2.93	3.48	4.54	5.65	6.70	7.36
	60.3	<b>0.55</b>	<b>0.63</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>1.00</b>	1.21	1.47	1.68	1.90	2.34	2.79	3.63	4.53	5.37	5.90
	73.0	<b>0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>0.58</b>	<b>0.66</b>	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	1.22	1.39	1.57	1.94	2.31	3.00	3.74	4.44	4.87
	88.9	<b>0.38</b>	<b>0.43</b>	<b>0.47</b>	<b>0.54</b>	<b>0.68</b>	<b>0.82</b>	<b>1.00</b>	1.14	1.29	1.59	1.89	2.46	3.07	3.64	4.00
	101.6	<b>0.33</b>	<b>0.38</b>	<b>0.42</b>	<b>0.48</b>	<b>0.59</b>	<b>0.72</b>	<b>0.88</b>	<b>1.00</b>	1.13	1.39	1.66	2.16	2.69	3.19	3.50
	114.3	<b>0.29</b>	<b>0.33</b>	<b>0.37</b>	<b>0.42</b>	<b>0.53</b>	<b>0.64</b>	<b>0.78</b>	<b>0.89</b>	<b>1.00</b>	1.24	1.47	1.92	2.39	2.83	3.11
	141.3	<b>0.24</b>	<b>0.27</b>	<b>0.30</b>	<b>0.34</b>	<b>0.43</b>	<b>0.52</b>	<b>0.63</b>	<b>0.72</b>	<b>0.81</b>	<b>1.00</b>	1.19	1.55	1.93	2.29	2.52
	168.3	<b>0.20</b>	<b>0.23</b>	<b>0.25</b>	<b>0.29</b>	<b>0.36</b>	<b>0.43</b>	<b>0.53</b>	<b>0.60</b>	<b>0.68</b>	<b>0.84</b>	<b>1.00</b>	1.30	1.62	1.92	2.11
	219.1	0.15	0.17	0.19	<b>0.22</b>	<b>0.28</b>	<b>0.33</b>	<b>0.41</b>	<b>0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>0.64</b>	<b>0.77</b>	<b>1.00</b>	1.25	1.48	1.62
	273.0	0.12	0.14	0.15	0.18	<b>0.22</b>	<b>0.27</b>	<b>0.33</b>	<b>0.37</b>	<b>0.42</b>	<b>0.52</b>	<b>0.62</b>	<b>0.80</b>	<b>1.00</b>	1.19	1.30
	323.8	0.10	0.12	0.13	0.15	0.19	<b>0.23</b>	<b>0.27</b>	<b>0.31</b>	<b>0.35</b>	<b>0.44</b>	<b>0.52</b>	<b>0.68</b>	<b>0.84</b>	<b>1.00</b>	1.10
	355.6	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	<b>0.21</b>	<b>0.25</b>	<b>0.29</b>	<b>0.32</b>	<b>0.40</b>	<b>0.47</b>	<b>0.62</b>	<b>0.77</b>	<b>0.91</b>	<b>1.00</b>

<sup>1</sup> Os valores destacados são aqueles que atendem aos limites dos parâmetros geométricos estabelecidos por norma.

Tabela 13. Tabela de perfis para atender aos limites de  $\gamma (d_0/2 \cdot t_0)$  segundo a ABNT NBR16239 (2013).

		Espessura do banzo ( $t_0$ )																		
		3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.3	7.1	8.0	8.8	10.0	11.0	12.5	14.2	16.0	17.5	20.0	25.0	30.0
Diâmetro do banzo ( $d_0$ )	33.4	<b>5.2<sup>2</sup></b>	4.6	4.2 <sup>3</sup>	3.7	3.3	3.0	2.7	2.4	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.6
	38.1	<b>6.0</b>	<b>5.3</b>	4.8	4.2	3.8	3.4	3.0	2.7	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	0.8	0.6
	42.2	<b>6.6</b>	<b>5.9</b>	<b>5.3</b>	4.7	4.2	3.8	3.3	3.0	2.6	2.4	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	0.8	0.7
	48.3	<b>7.5</b>	<b>6.7</b>	<b>6.0</b>	<b>5.4</b>	4.8	4.3	3.8	3.4	3.0	2.7	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8
	60.3	<b>9.4</b>	<b>8.4</b>	<b>7.5</b>	<b>6.7</b>	<b>6.0</b>	<b>5.4</b>	4.8	4.2	3.8	3.4	3.0	2.7	2.4	2.1	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0
	73.0	<b>11.4</b>	<b>10.1</b>	<b>9.1</b>	<b>8.1</b>	<b>7.3</b>	<b>6.5</b>	<b>5.8</b>	<b>5.1</b>	4.6	4.1	3.7	3.3	2.9	2.6	2.3	2.1	1.8	1.5	1.2
	88.9	<b>13.9</b>	<b>12.3</b>	<b>11.1</b>	<b>9.9</b>	<b>8.9</b>	<b>7.9</b>	<b>7.1</b>	<b>6.3</b>	<b>5.6</b>	<b>5.1</b>	4.4	4.0	3.6	3.1	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5
	101.6	<b>15.9</b>	<b>14.1</b>	<b>12.7</b>	<b>11.3</b>	<b>10.2</b>	<b>9.1</b>	<b>8.1</b>	<b>7.2</b>	<b>6.4</b>	<b>5.8</b>	<b>5.1</b>	4.6	4.1	3.6	3.2	2.9	2.5	2.0	1.7
	114.3	<b>17.9</b>	<b>15.9</b>	<b>14.3</b>	<b>12.7</b>	<b>11.4</b>	<b>10.2</b>	<b>9.1</b>	<b>8.0</b>	<b>7.1</b>	<b>6.5</b>	<b>5.7</b>	<b>5.2</b>	4.6	4.0	3.6	3.3	2.9	2.3	1.9
	141.3	<b>22.1<sup>4</sup></b>	<b>19.6</b>	<b>17.7</b>	<b>15.7</b>	<b>14.1</b>	<b>12.6</b>	<b>11.2</b>	<b>10.0</b>	<b>8.8</b>	<b>8.0</b>	<b>7.1</b>	<b>6.4</b>	<b>5.7</b>	<b>5.0</b>	4.4	4.0	3.5	2.8	2.4
	168.3	26.3	<b>23.4</b>	<b>21.0</b>	<b>18.7</b>	<b>16.8</b>	<b>15.0</b>	<b>13.4</b>	<b>11.9</b>	<b>10.5</b>	<b>9.6</b>	<b>8.4</b>	<b>7.7</b>	<b>6.7</b>	<b>5.9</b>	<b>5.3</b>	4.8	4.2	3.4	2.8
	219.1	34.2	30.4	27.4	<b>24.3</b>	<b>21.9</b>	<b>19.6</b>	<b>17.4</b>	<b>15.4</b>	<b>13.7</b>	<b>12.4</b>	<b>11.0</b>	<b>10.0</b>	<b>8.8</b>	<b>7.7</b>	<b>6.8</b>	<b>6.3</b>	<b>5.5</b>	4.4	3.7
	273.0	42.7	37.9	34.1	30.3	27.3	<b>24.4</b>	<b>21.7</b>	<b>19.2</b>	<b>17.1</b>	<b>15.5</b>	<b>13.7</b>	<b>12.4</b>	<b>10.9</b>	<b>9.6</b>	<b>8.5</b>	<b>7.8</b>	<b>6.8</b>	<b>5.5</b>	4.6
	323.8	50.6	45.0	40.5	36.0	32.4	28.9	25.7	<b>22.8</b>	<b>20.2</b>	<b>18.4</b>	<b>16.2</b>	<b>14.7</b>	<b>13.0</b>	<b>11.4</b>	<b>10.1</b>	<b>9.3</b>	<b>8.1</b>	<b>6.5</b>	<b>5.4</b>
	355.6	55.6	49.4	44.5	39.5	35.6	31.8	28.2	<b>25.0</b>	<b>22.2</b>	<b>20.2</b>	<b>17.8</b>	<b>16.2</b>	<b>14.2</b>	<b>12.5</b>	<b>11.1</b>	<b>10.2</b>	<b>8.9</b>	<b>7.1</b>	<b>5.9</b>

<sup>2</sup> Os valores destacados são aqueles que atendem aos limites dos parâmetros geométricos estabelecidos por norma.

<sup>3</sup> Os valores em cinza correspondem à perfis que não fazem parte do catálogo de fabricação da Vallourec. Estes perfis, caso fabricados, atendem às exigências da norma (ABNT NBR8800 2008) quanto aos parâmetros de esbeltes para qualquer tipo de aço utilizado. Exceto para o perfil 355,6mmx7,1mm feito com aço com escoamento de 450MPa.

<sup>4</sup> Os valores nos quadros tracejados não são válidos para ligação X.

## 4.6. Considerações

As análises gráficas das equações de força resistente das ligações tubulares diretas foram feitas para melhor compreender o comportamento das forças resistentes e poder identificar, para cada tipo de ligação, a condição mais crítica entre os modos de falha que devem ser verificados quando se faz o dimensionamento das ligações tubulares diretas.

Esta análise só foi possível quando se estabeleceu critérios que permitissem a simplificação das fórmulas de força resistente. Estes critérios foram criados pensando em treliças planas, simétricas, com perfis para as diagonais e ângulos iguais, exceto para o caso de ligações T e N, onde um dos ângulos é de 90°. A excentricidade adotada para a ligação é igual à zero, obtendo-se afastamento ou sobreposição dependendo da combinação de perfis utilizadas para compor a conexão.

A identificação da igualdade, a partir simplificação das equações, para todos os tipos de ligações e seus modos de falha permitiu criar o fator  $F_k$ , que foi fundamental para desenvolver os gráficos e comparar os comportamentos das forças resistentes para cada tipo de ligação em função de  $\beta$  e  $\gamma$ .

Fica bem claro, quando comparados os modos de falha A e D, que o modo de falha A é o mais crítico para a maioria dos casos. Os casos onde isso não é verdade, de um modo geral, são os casos onde se tem  $\gamma$  abaixo de 7,5 combinados com  $\beta$  com valores menores que 0,4 e maiores que 0,7.

Para o modo de falha A, a nova equação ficou:  $N_{Rd} = F_k \cdot k_p \cdot t_0^2 \cdot f_{y0}$  e para o modo de falha D:  $N_{Rd} = F_k \cdot t_0^2 \cdot f_{y0}$ . Nota-se que modo de falha A depende ainda do coeficiente  $k_p$  que reduz a força resistente da ligação em função dos esforços aplicados no banzo. Seu valor, que varia entre 0,4 a 1, quando adotado menor que 0,7, garantidamente o modo de falha A será o mais crítico em qualquer dos casos.

Analisando os modos de falha A e D, observa-se que quando utilizados banzos de grandes diâmetros e pequenas espessuras e diagonais com diâmetros próximos ao do banzo, se terá uma ligação com fator  $F_k$  mais alto. Entretanto, a equação da força resistente da ligação é calculada pela multiplicação de  $F_k$  pela espessura do banzo ao quadrado, o que faz com que



a resistência da ligação seja diretamente afetada pela espessura do banzo. Sendo fundamental a espessura do banzo para o cálculo da força resistente da ligação e para o modo de falha A.

Outra observação importante é sobre o modo de falha D, que se caracteriza pela ruptura por punção da parede do banzo, que ocorrerá quando se tiver banzos com paredes finas, que representem cerca de 10% do diâmetro ( $d_0$ ), e com diâmetros muito grandes conectados às diagonais de diâmetros pequenos, sendo este aproximadamente 4 a 5 vezes maior.



## **Capítulo 5.**

### Estudo do dimensionamento das ligações

Neste capítulo é apresentado o processo simplificado de cálculo desenvolvido neste estudo. Em seguida foi feito um exemplo comparativo entre treliças com um mesmo comprimento, mas com nós e alturas variáveis. Este exemplo mostra mais claramente a interferência no dimensionamento de uma estrutura de aço tubular causada pelo uso de ligações diretas, a implicação do uso de nós e alturas adequadas.

#### **5.1. Desenvolvimento do dimensionamento**

O processo de cálculo criado nesta dissertação oferece uma visão das possibilidades de combinações de perfis<sup>5</sup> para se fazer uma ligação direta (tubo-tubo). Esta combinação é definida a partir dos parâmetros geométricos estabelecidos por norma, além de informar a força resistente de acordo com o tipo de ligação escolhida. Para apresentar todas estas informações, tabelas foram criadas para os ângulos entre 30° e 60°, variando em 5°, e, no caso da ligação N ou T, o ângulo de 90° também foi mostrado.

A criação destas tabelas só foi possível após análise do comportamento das forças resistentes, através do fator  $F_k$ , desenvolvido no capítulo anterior. Com estes gráficos, foi possível identificar os modos de falha crítico e entender que, na maioria das vezes, o modo de falha que determinará a capacidade de resistência da ligação será o modo de falha A.

O dimensionamento pelo processo aqui apresentado, denominado Processo Simplificado, orienta para a combinação de perfis que se enquadram nos parâmetros geométricos válidos para cada tipo de ligação com perfil tubular circular, estabelecidos pela

---

<sup>5</sup> A partir da tabela de perfis tubulares circulares da Vallourec.

norma brasileira ABNT NBR16239 (2013), além de indicar, para a ligação K, a condição de afastamento ou sobreposição tendo como critério a excentricidade da ligação igual à zero.

A definição deste critério de excentricidade da ligação K e N igual à zero é de extrema importância, pois, além de aliviar os esforços na treliça e na ligação, em virtude da não existência de momentos secundários, dispensa o engenheiro calculista do retrabalho de considerar numa determinada treliça a excentricidade dos nós no esquema estático adotado.

É importante ressaltar que a intenção da criação deste processo de cálculo visa tornar mais orientada e objetiva a verificação da ligação com perfis tubulares circulares a partir do dimensionamento de barras de uma treliça, não eximindo o engenheiro da apresentação final do dimensionamento da ligação para documentação como memória de cálculo.

Para se utilizar as tabelas criadas no processo simplificado, alguns conceitos para a concepção técnica de projetos econômicos de estruturas metálicas tubulares devem ser seguidos:

- Preferência para utilização da treliça tipo Warren para se ter uma menor quantidade de nós. Caso adote outro tipo de treliça, procurar projetar uma treliça com poucas ligações.
- Com relação à altura da treliça, utilizar a relação de referência de 1/15 do vão.
- Utilizar ligações com excentricidade ( $e$ ) igual a 0. O que evita a adição de momentos secundários no nó. Optar, se possível, ligação com afastamento para facilidade na fabricação.
- Adotar os mesmos perfis para cada grupo a ser dimensionado: banzos, diagonais e montantes. Quanto menor a variedade de perfis, menor a quantidade de verificações das ligações.
- Adotar os ângulos das diagonais entre  $30^\circ$  e  $60^\circ$ . Quanto menor o ângulo maior a possibilidade de combinações de perfis na condição de afastamento. Recomenda-se uma geometria cujos ângulos das diagonais cheguem até  $50^\circ$ , pois a possibilidade de combinação dos perfis que permitirão a ligação com afastamento é maior.
- Manter a espessura do banzo no mínimo igual à espessura dos perfis conectados.

A consideração destes conceitos permite ao calculista a aplicação mais econômica e rápida para o dimensionamento da estrutura e da ligação, uma vez que o dimensionamento da ligação tubular interfere diretamente no dimensionamento das barras.

Para a criação do Processo Simplificado, foi tomada inicialmente a fórmula 4.1 conforme norma brasileira ABNT NBR16239 (2013) e os coeficientes  $k_p$  e  $k_g$  foram substituídos considerando uma condição de compressão como exemplo. Assim, a fórmula fica como apresentado na equação 5.1:

$$N_{i,Rd} = \gamma^{0,2} \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) (1 + 0,3n_p - 0,3n_p^2) \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \frac{1}{\sin \theta_1} (1,98 + 11,22 \cdot \frac{d_i}{d_0}) / \gamma_{a1} \quad (5.1)$$

Analisando a equação acima, pode-se separar a expressão em dois termos de acordo com os dados de entrada, são eles: o termo que depende das tensões da barra e o dos parâmetros geométricos. Então, separando a equação 5.1, tem-se:

- Termo que depende de tensões: é determinado apenas por  $k_p$ . Considerando o critério de projeto que determina a excentricidade da ligação igual a 0, os momentos provocados pelas diagonais no nó serão eliminados. Assim, a fórmula 4.5 passa a ser:

$$n_p = \frac{N_{op,Sd}}{A_0 \cdot f_{y0}} \quad (5.2)$$

Sendo  $N_{op,Sd}$ , para perfil circular, a força axial solicitante de cálculo no banzo que contribui para tensão  $\sigma_{0,Sd}$  menos a força das diagonais analisadas no mesmo eixo do banzo, ou seja,  $N_{op,Sd} = N_{0,Sd} - \sum N_{i,Sd} \cdot \cos \theta_i$ , como mostra a Figura 31.

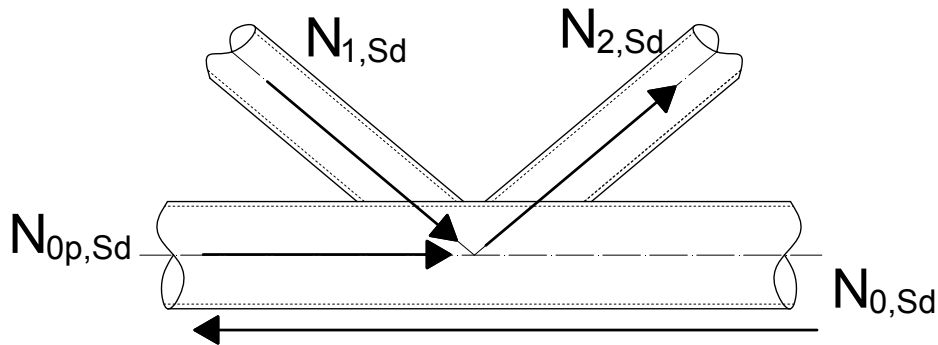
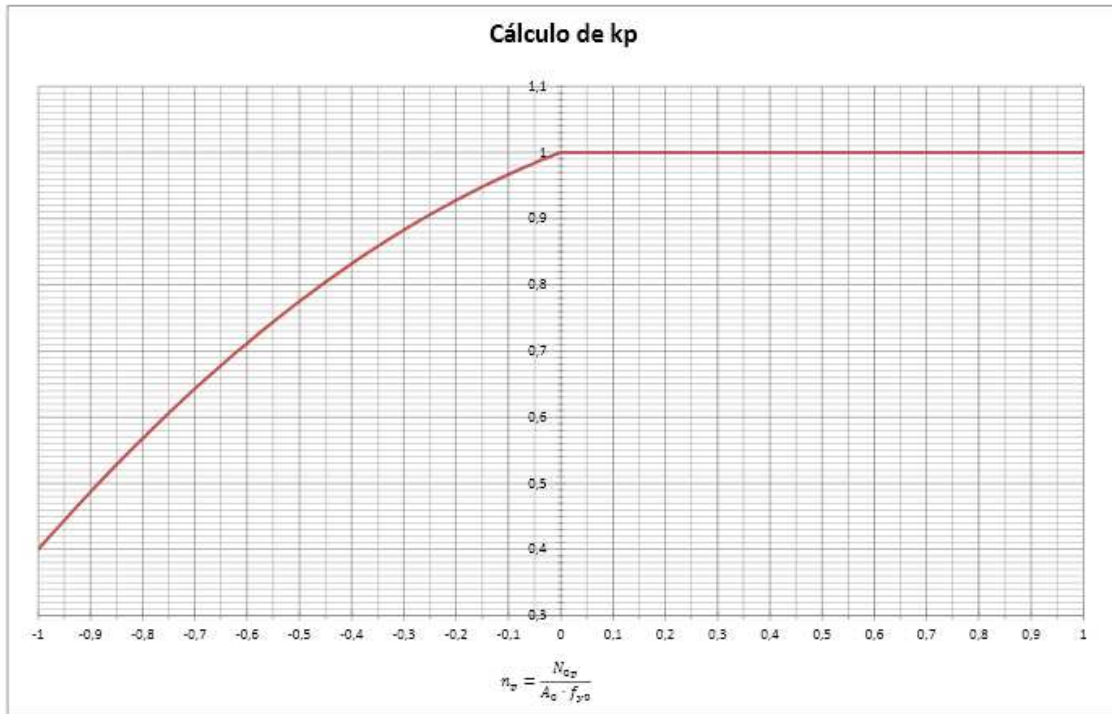


Figura 31. Consideração de esforços para perfil circular.

A partir da equação 4.8 e adotando as condições de cálculo de  $k_p$  apresentados em 4.3 e 4.4, pode-se desenhar o seguinte gráfico:



**Gráfico 17. Gráfico de cálculo do fator  $k_p$ .**

- Termo referente aos parâmetros geométricos, denominado  $F_k$ : que depende de características dos perfis e dos ângulos da ligação.  $F_k$  é determinado na equação 5.3 cujos respectivos valores foram calculados e tabelados a partir dos perfis da Vallourec. Neste termo, o parâmetro geométrico de afastamento ou sobreposição da ligação ( $g$ ), apresentado na equação 2.1, foi considerado.

$$F_k = \gamma^{0,2} \left( 1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) \cdot t_0^2 \cdot \frac{1}{\sin \theta_1} \left( 1,98 + 11,22 \cdot \frac{d_i}{d_0} \right) / \gamma_{a1} \quad (5.3)$$

É importante ressaltar que o fator  $F_k$  criado neste capítulo para o desenvolvimento das tabelas de cálculo é diferente do fator  $F_k$  mostrado no capítulo anterior por considerar a parcela relativa à espessura do banzo.

A partir destas informações, tabelas foram desenvolvidas de tal forma que a utilização dos valores de  $F_k$ , então apresentados, possam ser multiplicados pelo escoamento do aço do banzo e pelo fator  $k_p$ , retirado da Gráfico 17, para se obter a força resistente da ligação. A equação 5.4 apresenta a formulação a ser aplicada quando utilizado este processo a partir dos perfis da Vallourec.

$$N_{i,Rd} = k_p \cdot F_k \cdot f_{y0} \quad (5.4)$$

Para a ligação K e N, foi criada a tabela do afastamento ( $g$ ) a ser adotado na ligação. Este valor de afastamento ou sobreposição deve ser seguido, só assim pode-se garantir a aplicação utilização deste processo de cálculo. Abaixo será apresentada a tabela de cálculo de ligação K para o ângulo de  $30^\circ$ . Demais tabelas estão no Apêndice B.

## 5.2. Critérios para uso da tabela de dimensionamento – Processo Simplificado

Importante ressaltar algumas orientações de uso das tabelas de dimensionamento antes de sua utilização:

- Os perfis da coluna de banzos marcados com X não atendem aos parâmetros geométricos estabelecidos pela norma ABNT NBR16239 (2013) relativos à  $\gamma$ . Por isso, o perfil marcado não poderá ser utilizado para banzos, diagonais, nem montantes.
- Todos os perfis que atendem ao critério de  $\beta$  estabelecido pela norma ABNT NBR16239 (2013) tiveram o valor de  $F_k$  apresentados na tabela. Os demais valores foram desconsiderados para direcionar a leitura e o uso deste processo.
- Para indicar a condição da ligação K ou N, foi utilizado o seguinte critério: os valores dos quadros coloridos indicam ligação com afastamento e os valores dos quadros em branco indicam ligação com sobreposição. Destes quadros, aqueles que estão cortados (/) não respeitam os parâmetros geométricos mínimos da ligação sobreposta ou afastada.
- Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo ( $g \geq t_1 + t_2$ ) para as combinações de banzos que são válidas, ou seja, aquelas que não estão marcadas com X. Portanto deve este parâmetro deve ser verificado quando determinado os perfis da ligação.

## 5.3. A tabela de dimensionamento – Processo Simplificado

Para usar a tabela, inicialmente deve-se fazer a análise estrutural seguindo as recomendações de esquema estático com perfis tubulares, conforme apresentado no Capítulo

2. Em seguida, faz-se o dimensionamento das barras da estrutura. Uma vez definidas as barras do banzo e das diagonais da treliça, inicia-se o uso da tabela com o perfil definido para o banzo.

Como definido anteriormente, os perfis marcados com X não podem ser utilizados para o banzo. Caso este tenha sido o caso, novo dimensionamento deve ser feito adotando o perfil válido. Com o perfil da diagonal definido, cruza as informações de linha e coluna referente ao banzo e diagonais correspondentes e encontra-se o valor do fator  $F_k$ . Seguido os critérios apresentados anteriormente.

Caso tenha encontrado perfil do banzo ou o valor de  $F_k$ , marcado com X, a combinação de perfis não é válida e a treliça deve ser redimensionada. Caso o valor de  $F_k$  encontrado esteja destacado na tabela por cor, as diagonais da ligação são afastadas e se não tiverem cor, são sobreposição.

O valor encontrado para  $F_k$  deve ser multiplicado pelo escoamento do aço utilizado no banzo e pelo coeficiente  $k_p$ , como definido na equação 5.4, para determinar a força resistente da ligação.

Importante ressaltar que para a ligação N, a diagonal com ângulo de  $90^\circ$  é que determinará a capacidade resistente no dimensionamento da ligação.

Sendo o modo de falha A o mais crítico para a maioria dos casos e, nos casos em que o modo de falha D é o mais crítico o valor da sua força resistente está próximo do valor do modo de falha A, esta tabela considera apenas este modo de falha para o dimensionamento da ligação. Após definidas as barras e ligações da treliça pelo Processo Simplificado, deve-se fazer a verificação completa, como definido por norma, inclusive da solda. A vantagem de utilização deste processo é que o dimensionamento da ligação pelas fórmulas da norma será feita uma única vez para cada nó em questão.



Tabela 14. Tabela de cálculo de  $F_k$ , pelo Processo Simplificado, para ligação K com ângulo de 30°.

Cálculo do g para e=0													Ângulo	30°																																																																																																																																																																																																																																				
Benzo	33,4	38,1	42,2	46,3	50,3	54,3	58,3	62,3	66,3	70,3	74,3	78,3	82,3	86,3	90,3	94,3	98,3	102,3	106,3	110,3	114,3	118,3	122,3	126,3	130,3	134,3	138,3	142,3	146,3	150,3	154,3	158,3	162,3	166,3	170,3	174,3	178,3	182,3	186,3	190,3	194,3	198,3	202,3	206,3	210,3	214,3	218,3	222,3	226,3	230,3	234,3	238,3	242,3	246,3	250,3	254,3	258,3	262,3	266,3	270,3	274,3	278,3	282,3	286,3	290,3	294,3	298,3	302,3	306,3	310,3	314,3	318,3	322,3	326,3	330,3	334,3	338,3	342,3	346,3	350,3	354,3	358,3	362,3	366,3	370,3	374,3	378,3	382,3	386,3	390,3	394,3	398,3	402,3	406,3	410,3	414,3	418,3	422,3	426,3	430,3	434,3	438,3	442,3	446,3	450,3	454,3	458,3	462,3	466,3	470,3	474,3	478,3	482,3	486,3	490,3	494,3	498,3	502,3	506,3	510,3	514,3	518,3	522,3	526,3	530,3	534,3	538,3	542,3	546,3	550,3	554,3	558,3	562,3	566,3	570,3	574,3	578,3	582,3	586,3	590,3	594,3	598,3	602,3	606,3	610,3	614,3	618,3	622,3	626,3	630,3	634,3	638,3	642,3	646,3	650,3	654,3	658,3	662,3	666,3	670,3	674,3	678,3	682,3	686,3	690,3	694,3	698,3	702,3	706,3	710,3	714,3	718,3	722,3	726,3	730,3	734,3	738,3	742,3	746,3	750,3	754,3	758,3	762,3	766,3	770,3	774,3	778,3	782,3	786,3	790,3	794,3	798,3	802,3	806,3	810,3	814,3	818,3	822,3	826,3	830,3	834,3	838,3	842,3	846,3	850,3	854,3	858,3	862,3	866,3	870,3	874,3	878,3	882,3	886,3	890,3	894,3	898,3	902,3	906,3	910,3	914,3	918,3	922,3	926,3	930,3	934,3	938,3	942,3	946,3	950,3	954,3	958,3	962,3	966,3	970,3	974,3	978,3	982,3	986,3	990,3	994,3	998,3

Ligação K - Valores de $F_k$													Ângulo	30°																																																																																																																																																																																																																																						
*Os bancos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as capasuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de bancos válidas.																																																																																																																																																																																																																																																				
Benzo	Peso (kg/m)	Ap (cm)	Diagonais Di																																																																																																																																																																																																																																																	
			33,4	38,1	42,2	46,3	50,3	54,3	58,3	62,3	66,3	70,3	74,3	78,3	82,3	86,3	90,3	94,3	98,3	102,3	106,3	110,3	114,3	118,3	122,3	126,3	130,3	134,3	138,3	142,3	146,3	150,3	154,3	158,3	162,3	166,3	170,3	174,3	178,3	182,3	186,3	190,3	194,3	198,3	202,3	206,3	210,3	214,3	218,3	222,3	226,3	230,3	234,3	238,3	242,3	246,3	250,3	254,3	258,3	262,3	266,3	270,3	274,3	278,3	282,3	286,3	290,3	294,3	298,3	302,3	306,3	310,3	314,3	318,3	322,3	326,3	330,3	334,3	338,3	342,3	346,3	350,3	354,3	358,3	362,3	366,3	370,3	374,3	378,3	382,3	386,3	390,3	394,3	398,3	402,3	406,3	410,3	414,3	418,3	422,3	426,3	430,3	434,3	438,3	442,3	446,3	450,3	454,3	458,3	462,3	466,3	470,3	474,3	478,3	482,3	486,3	490,3	494,3	498,3	502,3	506,3	510,3	514,3	518,3	522,3	526,3	530,3	534,3	538,3	542,3	546,3	550,3	554,3	558,3	562,3	566,3	570,3	574,3	578,3	582,3	586,3	590,3	594,3	598,3	602,3	606,3	610,3	614,3	618,3	622,3	626,3	630,3	634,3	638,3	642,3	646,3	650,3	654,3	658,3	662,3	666,3	670,3	674,3	678,3	682,3	686,3	690,3	694,3	698,3	702,3	706,3	710,3	714,3	718,3	722,3	726,3	730,3	734,3	738,3	742,3	746,3	750,3	754,3	758,3	762,3	766,3	770,3	774,3	778,3	782,3	786,3	790,3	794,3	798,3	802,3	806,3	810,3	814,3	818,3	822,3	826,3	830,3	834,3	838,3	842,3	846,3	850,3	854,3	858,3	862,3	866,3	870,3	874,3	878,3	882,3	886,3	890,3	894,3	898,3	902,3	906,3	910,3	914,3	918,3	922,3	926,3	930,3	934,3	938,3	942,3	946,3	950,3	954,3	958,3	962,3	966,3	970,3	974,3	978,3	982,3	986,3	990,3	994,3	998,3

**Tabela 15. Tabela de cálculo de  $F_k$ , pelo Processo Simplificado, para ligação K com ângulo de 30°.**  
(continuação)

Ligação K - Valores de $F_k$														Ângulo	30°					
Benço	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di											141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
			33,4	38,1	42,2	46,3	50,3	53,0	55,9	58,8	61,6	64,3	66,9							
114,3 x	10,0	25,70	32,80	33,56	14,76	15,81	17,40	20,64	24,37	30,69	38,77	48,76								
114,3 x	11,0	28,00	35,70	16,11	17,54	18,80	20,69	24,38	29,25	36,17	44,81	56,94								
114,3 x	12,0	31,40	40,00	20,31	22,12	23,71	26,11	31,07	36,89	45,07	54,66	67,54								
114,3 x	13,0	35,10	44,70	23,59	27,88	29,90	32,65	39,23	46,43	56,16	67,93	84,41								
141,3 x	5,0	16,80	21,40	3,58	3,86	4,12	4,46	5,22	6,00	7,00	8,01	10,65*	14,01							
141,3 x	5,6	18,70	23,90	4,39	4,74	5,05	5,51	6,41	7,36	8,60	9,92	12,95*	16,72							
141,3 x	6,3	21,00	26,70	5,42	5,86	6,24	6,81	7,92	9,11	10,66	12,39	15,83*	20,10							
141,3 x	7,1	23,50	29,90	6,72	7,26	7,74	8,44	9,82	11,30	13,28	15,51	19,37*	24,17							
141,3 x	8,0	26,30	33,50	8,33	9,00	9,59	10,46	12,18	14,03	16,53	19,38	23,67*	29,94							
141,3 x	8,8	28,80	36,60	9,89	10,69	11,39	12,42	14,47	16,67	19,74	23,11	27,76*	35,15							
141,3 x	10,0	32,40	41,20	12,43	13,46	14,33	15,64	18,23	21,04	25,01	29,19	34,40*	44,01							
141,3 x	11,0	36,30	45,00	14,79	15,98	17,02	18,56	21,66	25,04	29,83	34,67	40,37*	51,12							
141,3 x	12,5	39,70	50,60	18,62	20,12	21,44	23,40	27,32	31,63	37,73	43,60	50,07*	62,65							
141,3 x	14,2	44,50	56,70	23,44	25,33	27,00	29,48	34,46	39,97	47,66	54,68	62,14*	76,97							
168,3 x	5,0	49,40	63,00	28,08	31,44	33,31	36,61	42,84	49,74	59,19	67,50	78,13*	94,80							
168,3 x	5,6	53,40	68,10	34,20	36,98	39,43	43,09	50,43	58,39	69,59	79,03	91,73*	109,75							
168,3 x	6,3	58,20	74,50	4,12	4,48	4,70	5,10	5,88	6,71	7,73	8,99	9,48	10,95	14,03						
168,3 x	7,1	63,20	81,00	5,10	5,48	5,81	6,30	7,27	8,30	9,38	10,63	11,79	13,85	17,03						
168,3 x	8,0	68,40	88,00	6,32	6,79	7,20	7,81	9,02	10,29	11,88	13,20	14,72	16,95	20,99						
168,3 x	8,8	74,00	95,00	7,84	8,42	8,83	9,69	11,18	12,76	14,73	16,41	18,38	21,11	25,98						
168,3 x	10,0	80,00	102,00	9,80	10,60	10,80	11,90	13,27	15,13	17,31	19,33	21,97	24,95	30,01						
168,3 x	11,0	86,00	109,00	11,71	12,58	13,34	14,48	16,71	19,08	22,10	24,70	27,88	31,65	37,63						
168,3 x	12,5	94,00	118,00	13,90	14,94	15,84	17,19	19,84	22,66	26,28	29,44	33,29	38,11	44,95						
168,3 x	14,2	103,00	128,00	17,30	18,81	19,94	21,64	24,98	28,36	33,19	37,27	42,13	48,57	57,99						
168,3 x	16,0	113,00	139,00	22,02	23,66	25,10	27,23	31,46	35,99	41,92	47,13	53,22	60,55	70,98						
168,3 x	18,0	124,00	151,00	27,31	29,33	31,13	33,78	39,03	44,72	51,47	58,72	66,07	75,60	87,33						
168,3 x	20,0	136,00	165,00	32,10	34,50	36,60	39,73	45,94	52,63	61,49	69,18	77,63	88,11	100,14						
168,3 x	22,0	149,00	180,00	40,85	43,92	46,60	50,60	58,56	67,18	78,31	88,21	98,57	111,65	128,11						
219,1 x	6,3	33,10	42,10																	
219,1 x	7,1	37,10	47,30																	
219,1 x	8,0	41,80	53,10																	
219,1 x	8,8	45,60	58,10																	
219,1 x	10,0	51,60	65,70																	
219,1 x	11,0	56,50	71,90																	
219,1 x	12,5	63,70	81,10																	
219,1 x	14,2	71,80	91,40																	
219,1 x	16,0	80,10	102,00																	
219,1 x	17,5	87,00	111,00																	
219,1 x	20,0	98,20	125,00																	
219,1 x	22,0	107,00	139,00																	
273,0 x	6,3	41,40	52,80																	
273,0 x	7,1	46,80	59,30																	
273,0 x	8,0	52,30	66,60																	
273,0 x	8,8	57,30	73,00																	
273,0 x	10,0	64,90	82,60																	
273,0 x	11,0	71,10	90,50																	
273,0 x	12,5	80,30	102,00																	
273,0 x	14,2	90,60	115,00																	
273,0 x	16,0	101,00	129,00																	
273,0 x	17,5	110,00	140,00																	
273,0 x	20,0	125,00	159,00																	
273,0 x	22,0	135,00	175,00																	
273,0 x	25,0	153,00	199,00																	
273,0 x	28,0	174,00	225,00																	
323,8 x	7,1	55,50	70,60																	
323,8 x	8,0	62,30	79,40																	
323,8 x	8,8	68,40	87,10																	
323,8 x	10,0	77,40	98,60																	
323,8 x	11,0	84,90	108,00																	
323,8 x	12,5	96,00	122,00																	
323,8 x	14,2	108,00	138,00																	
323,8 x	16,0	121,00	155,00																	
323,8 x	17,5	132,00	168,00																	
323,8 x	20,0	150,00	191,00																	
323,8 x	25,0	184,00	235,00																	
355,6 x	8,8	75,30	95,90																	
355,6 x	10,0	85,20	109,00																	
355,6 x	11,0	93,60	119,00																	
355,6 x	12,5	106,00	135,00																	
355,6 x	14,2	120,00	152,00																	
355,6 x	16,0	134,00	171,00																	
355,6 x	17,5	148,00	186,00																	
355,6 x	20,0	166,00	211,00																	
355,6 x	25,0	204,00	260,00																	

#### 5.4. Estudo comparativo com aplicação da tabela

Como o dimensionamento da ligação interfere diretamente na escolha dos perfis que compõem a treliça, o objetivo deste comparativo é aproveitar a agilidade de verificação da ligação fazendo-se uso do Processo Simplificado para encontrar a condição mais econômica para uma treliça.

O Processo Simplificado permite a percepção das possibilidades de combinações de perfis para se definir uma ligação com estruturas tubulares e diminui o tempo gasto para se dimensionar a ligação. Só assim, foi possível fazer este estudo comparativo do peso total de uma treliça dimensionada pela ligação apresentado neste item, considerando o mesmo exemplo do capítulo anterior, de uma treliça de 21,337 metros de comprimento, variando a altura da treliça e quantidade de nós. Foi adotado neste exemplo aço com escoamento  $f_y$  igual a 350MPa.

A sequência de cálculo para elaboração de cada uma das verificações consistiu no dimensionamento inicial da treliça utilizando-se o SAP2000. As treliças foram criadas a partir do número mínimo de nós para o vão, que atendessem à condição de ângulo maior ou igual a  $30^\circ$  e o número máximo de nós para atender ao valor máximo de  $60^\circ$  que forma entre o banzo e a diagonal. Cada quantidade de nós foi analisada dentro das possibilidades de angulação formada entre banzo e diagonal, variando a cada  $5^\circ$ .

A escolha dos perfis para o dimensionamento pelo software considera o perfil mais leve, com base na lista de perfis da Vallourec, que atenda aos esforços solicitantes. Com as informações dos perfis dos banzos e diagonais, encontra-se para cada ângulo, o valor de  $F_k$  correspondente nas tabelas apresentadas no Apêndice B para cada combinação de perfis que compõe a ligação. Utilizando o Processo Simplificado, a tabela indica as combinações de perfis que não atendem os parâmetros geométricos definidos pela norma. Caso aprovada geometricamente a ligação toma-se o valor de  $F_k$  correspondente à combinação de perfis e multiplica-se pelo valor de  $k_p$ , obtido no Gráfico 17, a partir do esforço máximo no banzo dividido pela área do banzo, já indicada na tabela, e também pelo escoamento do aço.

Caso a ligação não tenha sido aprovada, indicada na tabela de  $F_k$  pelos perfis marcados com X, um novo dimensionamento das barras deve ser feito, mas já orientado pela tabela para qual perfil é possível combinar para atender às exigências da ligação.

Para encontrar a força resistente, multiplica-se o  $k_p$  encontrado, pelo  $F_k$  retirado da tabela pelo escoamento do aço. Este processo foi repetido para se completar todo o estudo comparativo apresentado na Tabela 16 e comentado em seguida.

Analisando a tabela comparativa, pode-se perceber que a opção de adotar ângulos menores confere à ligação a condição de afastamento desejada por questões de fabricação. Entretanto, estas são as estruturas mais pesadas em comparação com as treliças cujos ângulos entre diagonais se aproximam de  $60^\circ$  e que possuem a condição de sobreposição.

**Tabela 16. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado.**

N° nós	Altura (mm)	Ângulo $\theta$	Banzo inferior	Banzo superior	Diagonal	Montante	Peso (kN)	Ligações		Resistência máx.		Solução/Observação
								Nó 3	Nó 4	Nó 3	Nó 4	
15	1500	35°	168,3 x 6,3 (compr. 4267mm)	273,0 x 6,3 (compr. 4267mm)	114,3 x 5,6 (compr. 2598mm)	101,6 x 6,3	18,4	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	$S_d = 256$ $R_d = 372$	$S_d = 256$ $R_d = 261$	O primeiro dimensionamento das barras atendeu aos critérios de verificação da ligação
15	1800	40°	168,3 x 5,0 (compr. 4267mm)	219,1 x 6,3 (compr. 4267mm)	114,3 x 5,6 (compr. 2782mm)	114,3 x 5,0	16,07	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	$S_d = 233$ $R_d = 245$	$S_d = 233$ $R_d = 262$	O primeiro dimensionamento das barras atendeu aos critérios de verificação da ligação
15	2100	45°	141,3 x 5,6 (compr. 4267mm)	168,3 x 8,0 (compr. 4267mm)	114,3 x 5,6 (compr. 2985mm)	114,3 x 5,6	16,01	Sobreposição <b>Não atende sobreposição mínima</b>	Afastamento <b>Não atende afastamento mínimo</b>	$S_d = 217$ $R_d = 376$	$S_d = 217$ $R_d = 547$	Nó 3 e 4: - Adoção de banzo de maior diâmetro com equivalência de área e peso para se ter afastamento. Peso final: 16,3kN - Adoção de chapa passante.
17	1300	40°	219,1 x 7,1 (compr. 3048mm)	273,0 x 6,3 (compr. 3048mm)	101,6 x 5,0 (compr. 2003mm)	101,6 x 4,5	20,00	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	$S_d = 360$ $R_d = 310$	$S_d = 360$ $R_d = 208$	- Alteração da espessura do banzo: aumentando $F_k$ em 16% (nó 3) e 73% (nó 4). Peso final: 24,3kN. - Alteração das diagonais mais solicitadas apenas atende ao nó 3, o nó 4, analisando $F_k$ não apresenta resistência suficiente.
17	1500	45°	401,6 x 12,5 (16,18kN total) 114,1 x 11,0 (compr. 3048mm)	219,1 x 6,3 (compr. 3048mm)	114,3 x 4,0 (compr. 2138mm)	101,6 x 4,5	17,84	Sobreposição <i>Ligação Ok</i>	Afastamento <i>Ligação Ok</i>	$S_d = 336$ $R_d = 1167$	$S_d = 336$ $R_d = 239$	Nó 4: - Uma vez que o banzo inferior limita a diagonal, a solução é o aumento de 41% de $F_k$ , o que altera a espessura do banzo superior para 8,0mm. Peso final: 18.1kN.
17	1800	50°	168,3 x 6,3 (compr. 3048mm)	168,3 x 8,0 (compr. 3048mm)	114,3 x 4,0 (compr. 2359mm)	101,6 x 4,5	15,80	Sobreposição <b>Não atende sobreposição mínima</b>	Sobreposição <b>Não atende sobreposição mínima</b>	$S_d = 311$ $R_d = 391$	$S_d = 311$ $R_d = 523$	Nó 3 e 4: - Adoção de banzo de maior diâmetro com equivalência de área e peso para se ter afastamento. Foi necessário aumentar a espessura para obter a força resistente mínima. Peso final: 19,5kN - Adoção de chapa passante. Apenas para o Nó 3: - Adoção de banzo de menor diâmetro com equivalência de área e peso para se ter sobreposição. Peso final: 17,1kN. - Alterando a diagonal para diâmetro menor e espessura maior não garante a resistência suficiente da barra para o esforço aplicado.

**Tabela 17. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado. (continuação)**

N° nós	Altura (mm)	Ângulo $\theta$	Banzo inferior	Banzo superior	Diagonal	Montante	Peso (kN)	Ligações		Resistência máx.		Solução/Observação
								Nó 3	Nó 4	Nó 3	Nó 4	
17	2200	55°	168,3 x 5,0 (compr. 3048mm)	168,3 x 6,3 (compr. 3048mm)	114,3 x 4,0 (compr. 2676mm)	114,3 x 4,0	14,0	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	$S_d = 289$ $R_d = 277$	$S_d = 289$ $R_d = 357$	Nó 3 e 4: - Adoção de banzo de menor diâmetro com equivalência de área e peso para se ter sobreposição. Foi necessário aumentar a espessura para obter a força resistente mínima. Peso final: 14,9kN - Adoção de chapa passante.
19	1350	45°	114,3 x 11,0 (compr. 2667mm)	219,1 x 6,3 (compr. 2667mm)	101,6 x 4,5 (compr. 1898mm)	101,6 x 4,0	16,2	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Afastamento Ligação Ok	$S_d = 324$ $R_d = 1051$	$S_d = 324$ $R_d = 217$	Nó 3: - Adoção de banzo de maior diâmetro com equivalência de área e peso para se ter afastamento. Foi necessário aumentar a espessura para obter a força resistente mínima. Peso final: 17,0kN Nó 4: - Considerando a necessidade de 50% a mais de força resistente, foi necessário aumentar a espessura do banzo superior para atender ao esforço solicitante. Peso final: 18,8kN
19	1600	50°	101,6 x 11,0 (14,6 kN total) 141,3 x 7,1 (compr. 2667mm)	168,3 x 7,1 (compr. 2667mm)	101,6 x 4,5 (compr. 2083mm)	101,6 x 4,0	14,9	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Afastamento Não atende afastamento mínimo	$S_d = 302$ $R_d = 448$	$S_d = 302$ $R_d = 374$	Nós 3 e 4: - Adoção de banzos com diâmetros e espessuras maiores leva a condição e afastamento adequado. Peso final: 21,3kN. - Alterando a diagonal para diâmetro menor e espessura maior não garante a força resistente suficiente da barra para o esforço aplicado. - Adoção de chapa passante.
19	1900	55°	168,3 x 5,0 (compr. 2667mm)	168,3 x 6,3 (compr. 2667mm)	101,6 x 4,5 (compr. 2321mm)	101,6 x 4,5	13,8	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	$S_d = 283$ $R_d = 242$	$S_d = 283$ $R_d = 316$	Nós 3 e 4: - Adoção de diagonais menores não oferece resistência suficiente para a ligação, levando à escolha de espessuras muito grandes e consequente aumento no peso. - Adoção de banzos com diâmetros maiores leva a condição e afastamento adequado. Peso final: 18,3kN. - Alterando a diagonal para diâmetro menor e espessura maior não garante a resistência suficiente da barra para o esforço aplicado.

**Tabela 18. Comparativo entre treliças com 21,337m de comprimento, nós e ângulos entre banzos e diagonais variados. Aplicação do Processo Simplificado. (continuação)**

N° nós	Altura (mm)	Ângulo $\theta$	Banzo inferior	Banzo superior	Diagonal	Montante	Peso (kN)	Ligações		Resistência máx.		Solução/Observação
								Nó 3	Nó 4	Nó 3	Nó 4	
19	2300	60°	101,6 x 7,1 (compr. 2667mm)	168,3 x 5,0 (compr. 2667mm)	101,6 x 4,5 (compr. 2659mm)	101,6 x 4,5	12,7	Sobreposição Ligação Ok	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	$S_d = 269$ $R_d = 454$	$S_d = 269$ $R_d = 225$	Nó 4: - Alteração do banzo superior para uma dimensão menor e espessura maior, procurando área e peso equivalentes. Peso final: 12,8 kN
21	1400	50°	114,3 x 12,5 (18,4 kN total) 168,3 x 8,0 (compr. 2371mm)	219,1 x 7,1 (compr. 2371mm)	114,3 x 4,0 (compr. 1834mm)	101,6 x 4,5	18,2	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Afastamento Ligação Ok	$S_d = 344$ $R_d = 551$	$S_d = 344$ $R_d = 310$	Nós 3 e 4: - Alteração do banzo superior para um perfil com $F_k$ 11% maior e espessura maior, garantindo resistência para ligação. Adoção do mesmo perfil do banzo superior para o inferior. Peso total: 21,3kN. Diagonal: - Alteração da diagonal para um perfil de diâmetro menor e equivalente em peso e área. Foi necessário adotar espessura maior para atender a força solicitante e diminuir o diâmetro do banzo superior com espessura maior. Peso final: 19,3kN
21	1700	55°	101,6 x 11,0 (16,4 kN total) 168,3 x 6,3 (compr. 2371mm)	168,3 x 8,0 (compr. 2371mm)	101,6 x 4,5 (compr. 2072mm)	114,3 x 4,0	16,2	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	Sobreposição Não atende sobreposição mínima	$S_d = 324$ $R_d = 332$	$S_d = 324$ $R_d = 447$	Nós 3 e 4: - Alteração do banzo inferior para um perfil de diâmetro menor e peso e área equivalentes causando sobreposição. E alteração do banzo superior para um perfil de diâmetro maior que suporte o esforço da ligação obtendo afastamento. Peso final: 18,5kN - Adoção de chapas de ligação.
21	2050	60°	141,3 x 6,3 (compr. 2371mm)	168,3 x 6,3 (compr. 2371mm)	114,3 x 4,0 (compr. 2368mm)	114,3 x 4,5	14,7	Sobreposição Ligação Ok	Sobreposição Ligação Ok	$S_d = 307$ $R_d = 375$	$S_d = 307$ $R_d = 342$	A alteração dos perfis para se ter ligação com afastamento seria, neste caso, inviável pois o aumento do diâmetro do banzo seria significativo.

## 5.5. Considerações

O aumento apenas do diâmetro do banzo, a partir da equivalência de área e peso, para adequar a ligação aos parâmetros e/ou resistências nem sempre é a melhor solução a se tomar, uma vez que a espessura do banzo é a que mais influencia na força resistente da ligação. Muitas vezes, a escolha de um perfil de mesmo peso, mas diâmetro maior leva a escolha de peças de pequena espessura e, por conseguinte, baixa resistência da ligação.

Quando se utiliza a tabela do processo simplificado para análise da força resistente da ligação a partir do primeiro dimensionamento de barras da treliça, a maneira de se obter rapidamente o perfil adequado é alisando a porcentagem de aumento da capacidade resistente que será necessário para os perfis envolvidos.

Um critério de escolha do perfil para substituir o primeiro dimensionamento de barras é adotar o próximo perfil com peso e área equivalentes e  $F_k$  mínimo para atender a ligação.

Quando se tem o caso de uma treliça já dimensionada que esteja com as ligações fora dos parâmetros ou da força resistente necessária da ligação, uma opção de melhoria das características da treliça para atender a ligação sem alterar muito o peso da estrutura é alterar a altura ( $h$ ) da treliça, que, por conseguinte altera o ângulo das diagonais. Assim, pode-se analisar pela tabela a melhor condição para se ter afastamento ou sobreposição para o caso que está sendo estudado.

Observa-se que a melhor escolha das características da treliça para se ter a estrutura mais leve acontece quando se tem, para o exemplo apresentado, um número maior de nós formando ângulos próximos de  $60^\circ$ , e, conseqüentemente, as diagonais sobrepostas. E, as estruturas mais pesadas são as que foram utilizadas poucos nós, com ângulos baixos.

Esta consideração de se adotar ângulos próximos de  $60^\circ$ , para uma estrutura mais leve foi observada neste estudo indo contra as recomendações de dimensionamento apresentado. Entretanto, neste caso a carga aplicada à treliça é relativamente alta, levando a escolha de perfis maiores para que atendessem às exigências das ligações devido às altas solicitações. Nestes casos, cabe a análise do engenheiro para verificar se a diferença entre o peso da



estrutura composta por ligações com sobreposição ou afastamento compensará o custo de sua fabricação.



## Capítulo 6.

### Considerações finais

Esta dissertação contribui para difundir o conhecimento de estruturas tubulares e suas ligações. Para isso, o Processo Simplificado de cálculo de ligações tubulares circulares foi desenvolvido de modo a orientar o calculista na aplicação do conceito da conexão direta, tornando mais prático e objetivo o dimensionamento das ligações tubulares fazendo-se uso das tabelas de cálculo.

Para iniciar o assunto, uma vasta revisão bibliográfica foi feita, para apresentar todos os conceitos que são necessários para o desenvolvimento da dissertação: o conceito das ligações, seus modos de falha, concepções do esquema estático de treliças tubulares, a identificação por outros autores da problemática relacionada ao dimensionamento da estrutura tubular e de suas ligações, além de uma atualização dos recentes trabalhos sobre estruturas tubulares. Nesta revisão, foi constatado que não existia até o momento um estudo que orientasse o calculista em um processo de cálculo que tratasse simultaneamente dos parâmetros geométricos e das resistências da ligação.

Para mostrar a interferência da ligação no dimensionamento de treliças, o estudo de caso apresentado no capítulo 3 procurou abordar a sequência de cálculo seguindo todos os passos da norma e os questionamentos que surgem durante o dimensionamento das ligações. A definição do esquema estático, a escolha das condições de afastamento ou sobreposição, a consequência da excentricidade na ligação no dimensionamento das barras são assuntos que devem ser dominados quando se faz uso das estruturas tubulares. Só assim foi possível que a repetição da sequência de cálculo fosse substituída por uma análise simplificada e que possa ser facilmente utilizada durante o dimensionamento das barras.

A análise gráfica, mostrada no capítulo 4, permitiu uma compreensão do comportamento de cada modo de falha e da identificação dos casos críticos. A partir dela, pode-se notar que, em uma ligação tubular direta, a possibilidade de ocorrência do modo de falha A é muito maior

que do modo de falha D e isso permitiu a criação das tabelas do fator  $F_k$  que compõem o processo simplificado apresentado no capítulo 5.

Em seguida, e para finalizar, foi feito um estudo comparativo onde foi possível fazer uso das tabelas de cálculo e ainda comparar os resultados quando se varia os nós e a altura da treliça.

## 6.1. Conclusões

A ideia do Processo Simplificado baseia-se no estudo das equações de força resistente das ligações circulares tubulares apresentadas pela norma brasileira ABNT NBR-CB-02 (2013) e aplicadas nas tabelas de perfis circulares da Vallourec. Tomando-se as características dos perfis de mercado e suas possibilidades de suas combinações, foram aplicadas as restrições dos parâmetros geométricos direcionando o usuário para a combinação de perfis válida.

Com a criação do termo  $F_k$ , foi possível relacionar os perfis dos banzos e diagonais e suas respectivas forças resistentes, por estarem diretamente relacionadas com as características geométricas dos tubos que compõem a ligação. Este processo todo só foi possível quando se determinou critérios específicos para o uso da tabela como utilização de diagonais iguais, ambos formando o mesmo ângulo com o banzo e adoção de excentricidade ( $e$ ) igual à zero, eliminando momentos secundários na ligação.

Para se utilizar as tabelas criadas no Processo Simplificado, algumas recomendações para a concepção técnica de projetos econômicos de estruturas metálicas tubulares devem ser seguidas:

- Preferência para utilização da treliça tipo Warren ou, caso adote outro tipo de treliça, procurar projetar uma treliça com poucas ligações.
- Utilizar a relação de referência de 1/10 à 1/15 do vão para determinação da altura da treliça.
- Adotar diagonais e montantes rotulados, e banzos contínuos para o dimensionamento das barras.
- Utilizar ligações com excentricidade ( $e$ ) igual a 0. Optar, se possível, ligação com afastamento para facilidade na fabricação.

- Adotar os mesmos perfis para cada grupo a ser dimensionado: banzos, diagonais e montantes.
- Adotar os ângulos das diagonais entre 30° e 60°.
- Manter a espessura do banzo no mínimo igual à espessura dos perfis conectados.

Facilmente se observa a partir deste estudo que o fator que mais contribui para aumento da força resistente da ligação é a espessura do banzo que compõem a conexão. Como pode ser conferida nas equações simplificadas apresentadas no capítulo 4, a força resistente da ligação é diretamente proporcional à espessura do banzo ao quadrado. Nas tabelas do processo simplificado, pode ser confirmada esta observação com base nas combinações de diversos perfis. Portanto, se, no dimensionamento de uma ligação, a única necessidade for de aumentar a força resistente, deve-se considerar o mesmo perfil com uma espessura a mais como solução.

O uso do processo simplificado permite que o dimensionamento de uma treliça seja baseado também no dimensionamento da ligação, pois o uso das tabelas permite ao calculista selecionar a combinação de perfis que atenda a todas as solicitações de norma sem que isso represente uma rotina exaustiva. Assim, não se faz necessária a adoção de outras soluções, como o uso de chapas, para evitar o acréscimo de esforços na treliça e garantir a resistência da conexão em função do dimensionamento tardio das ligações quando se adota o processo aqui desenvolvido.

## **6.2. Trabalhos futuros**

Como sugestão de trabalhos futuros relacionados à análise da influência das ligações no dimensionamento de estruturas tubulares de aço treliçadas seguem:

- Aplicação do Processo Simplificado para os perfis tubulares de aço de seção quadrada. Este mesmo estudo deve ser trabalhado para as ligações com perfis quadrados que possui características distintas para os parâmetros geométricos e os cálculos de força resistente.

- Aplicação do Processo Simplificado para os perfis tubulares de aço de seção retangular. Válido o mesmo estudo aplicado à ligações retangulares que também possuem outras características para sua verificação.

- Automatização de cálculo de treliças a partir do dimensionamento de ligações utilizando o conceito do processo simplificado. A automatização do cálculo a partir do conceito apresentado nesta dissertação permitirá a verificação da ligação durante a fase de dimensionamento da treliça. O que tornará ainda mais ágil e prático o uso dos sistemas estruturais compostos por perfis tubulares.

## Referências Bibliográficas<sup>6</sup>

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR16239**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. 2ª Ed., 2008.

Arco Editorial Ltda. **Arco Web**. 200? <http://www.arcoweb.com.br> (acesso em 25 de Julho de 2012).

Buttner, Luciana. **Buttner Arquitetura e Interiores**. 2012. Disponível em: <<http://buttnerarquiteturaeinteriores.blogspot.com.br/2012/12/madeira-do-futuro.html>>. Acesso em: 03 dez. 2013.

Engenharia e Construção. **Engenharia e Construção**. 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariaeconstrucao.com/2012/02/andaimos-de-bambu.html>> . Acesso em: 25 nov. 2013.

Dias, Luís Andrade de Matos. **Estruturas de Aço - Conceitos, técnicas e Linguagem**. 4ª Ed. São Paulo: Ziguarte Editora, 2002.

Dutta, D., *et al.* **Structural stability of hollow sections**. 1ª Ed. Vol. 2. Colonia: CIDECT - Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire, 1992.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993-1-8**: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints. Brussels, Belgium. 2010.

---

<sup>6</sup> Baseadas na norma NBR 6023, de 2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Firmo, Célio Silveira. **Arquitetura com perfis tubulares - Uma nova linguagem** - Relatório em convênio com Vallourec. *Vallourec & Mannesmann Tubes*. 200? <[http://www.vmtubes.com.br/vmbInternet/filesmng.nsf/VMB/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf/\\$File/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf](http://www.vmtubes.com.br/vmbInternet/filesmng.nsf/VMB/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf/$File/Arquitetura%20com%20Perfis%20Tubulares.pdf)>. Acesso em: 20 Jul 2012.

Forth Bridges Visitors Centre Trust. **Forth Bridges Visitor Centre Trust**. s.d. <<http://www.forthbridges.org.uk/railbridgemain.htm>>. Acesso em: 19 Jul. 2012.

Forti, Nádia C. da Silva. **Estudo paramétrico de estruturas tubulares com ligações multiplanares**. 2010. Dissertação (Doutorado em Estruturas) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - Campinas, 2010.

Glijnis, P.C. "Developments in Pipe Profiling Technology." *In: Tubular Structures IX*. Düsseldorf, Germany., 2001.

Goup, Tobu. **Tokyo SkyTree**. 2012?. Disponível em: <[www.tokyo-skytree.jp](http://www.tokyo-skytree.jp)>. Acesso em: 17 Jul 2012.

InfoEscola. **Info Escola - Navegando e Aprendendo**. 20??. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/plantas/bambu>>. Acesso em: 03 Dez. 2013.

Instituto Aço Brasil. **CBCA Aço Brasil**. 200?. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/upfiles/imagens/noticias/noticias-2012-07-18/japao-3.jpg>>. Acesso em: 17Jul. 2012.

Jamm, W. Form Strength of Welded Tubular Connections and Tubular Structures Under Static Loading. Edição: E. B. Gibson, R. M. Pastor e Sales Engineering Department. *In: Hollow Structural Sections Welded Joint Research Summaries*. The Steel Company of Canada, 1951: 264p.

Koch, M., e J. Mügliz. Tubular Frameworks in Stell Construction - Welding and Cutting. *In: Tubular Structures IX*, 2001.

Krampen, Jürgen. A simple approach to hollow section truss guinder design. Edição: Vallourec & Mannesmann Tubes. *In: 9th International Symposium and EuroConverence on Tubular Strutures*. April 2001.



Krampen, Jürgen. **Bemessung vorwiegend ruhend beanspruchter MSH-Konstruktionen mit kreisförmigen, quadratischen und rechteckigen Querschnitten** [Online]. Düsseldorf: VALLOUREC & MANNESMANTUBES, 2011. Disponível em: <www.vmtubes.de/msh>. Acesso em: 21 Mar 2013.

Kurobane, Y., *et al.* **Desing Guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading**. 1ª Ed. Vol. 1. CIDECT - Comité International pour le Développement et l'Étude de la Construction Tubulaire, 2008.

Lameiras, Carolina R. Lemos. **Estudo de nós soldados tipo K de treliças planas constituídas por seções tubulares circulares de aço**. 2008.155p. Dissertação (Mestrado – Estruturas), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

Mecklenburg, Matthias, et al. Aerographite: Ultra Lightweight, Flexible Nanowall, Carbon Microtube Material with Outstanding Mechanical Performance. *In: Advanced Materials*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 2012;p 3486–3490.

Meyer, Karl Fritz. **Estruturas Metálicas - Construções com tubos**. 2ª ed. Belo Horizonte: KM Engenharia, 2006.

PACKER, J. A. Design Examples for HSS Trusses. *In: Canadian Journal of Civil Engineering*. Vols. 13, nº4, p. 1986, *In: Ligações de barras tubulares para estruturas metálicas planas.*, por A.L. E. de Figueiredo Santos. Dissertação (Mestrado em Estruturas) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

Packer, J.A, *et al.* **Design Guide for retangular hollow section (RHS) joints under predominantly static loading**. 2ª Edição. Edição: Comité International pour le Développement et l'Étude. Vol. 3. CIDECT, 2009.

Puthli, R.S., J. Waedenier, e G.J. van der Vegte. Proposed corrections for EN 1933-1-8, Part Hollow Section Joints. *In: 14th International Symposium on Tubular Structures*. 2012. p. 233-240.

Rautaruukki, Hannu V. **Design handbook for Rautaruuk structural hollow sections**. Rautaruukki Metform, 1998.

Rogowski, Matthias. **Bewertung und Einordnung eines vereinfachten Verfahrens zur Bemessung von geschweißten Fachwerkkonstruktionen aus Hohlprofilen**.

Diplomarbeit, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine: Universität Karlsruhe: Stuttgart, Deutschland, 1999.

Santos, A. L. E. de F.. **Ligações de barras tubulares para estruturas metálicas planas**. Dissertação (Mestrado em Estruturas) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

SeaCity. **Sea City 2100**. 20???. Disponível em : <<http://www.seacityresearchnet.com/archives/tag/barriers>>. Acesso em 27 Nov. 2013.

Serrano-Lópes, M.A., *et. al.*. Influence of the angle in the strength of RHS k-joints in galvanized lattice girders. *In: 14th International Symposium on Tubular Structure*. Leroy Gardner: 2012. p. 113-120.

STANDARDS COUNCIL OF CANADA. **CAN/CSA-S16-01**: Limit States Design of Steel Structures. 3ª Ed., 2005.

Tecnocientista. *Tecnocientista.info*. 20???. Disponível em: <[http://tecnocientista.info/Imagens/applications/PhotoGalleryManager/images/Margaridas\\_Africanas.jpg](http://tecnocientista.info/Imagens/applications/PhotoGalleryManager/images/Margaridas_Africanas.jpg)>. Acesso em 03 dez. 2013.

Wardenier, J., *et. al.*. Comparison of the new IIW (2008) CHS joint strength formula with those of the previous IIW (1989) and the new API (2007). *In: 12th International Symposium on Tubular Structures*. Taylor & Francis Group: 2009. P. 281-291.

Wardenier, J., *et. al.*. Background of the new RHS joint strength equations in the IIW (2009) recommendations. *In: 13th International Symposium on Tubular Structure*. 2010. p. 403-411.

Wardenier, J., *et. al.*. Evaluation of new strength formula to design strengths. *In: 12th International Symposium on Tubular Structures*. 2009. p. 313-322.

Wardenier, J., J.A. Packer, X.-L. Zhao, e G.J.van der Vegte. **Hollow Sections in Structural Applications**. 2ª Edição. CIDECT - Comité International pour le Développement et l'Étude, 2010.

Wardenier, J., *et. al.*. **Design Guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading**. 2ª Edição. Vol. 1º. CIDECT - Comité International pour le Développement et l'Étude, 2008.

Zhao, X.L., *et. al.*. New IIW (2008) static design recommendations for hollow section joints. *In: Proceedings of Tubular Structures XII*. Z.Y. Shen, and X.Z. Zhao Y.Y.Chen: 2008. p. 269.

Zhao, X.-L., *et .al.*. Current static design guidance for hollow-section joints. *In: Structures and Buildings*. 2010. p. 361-373.

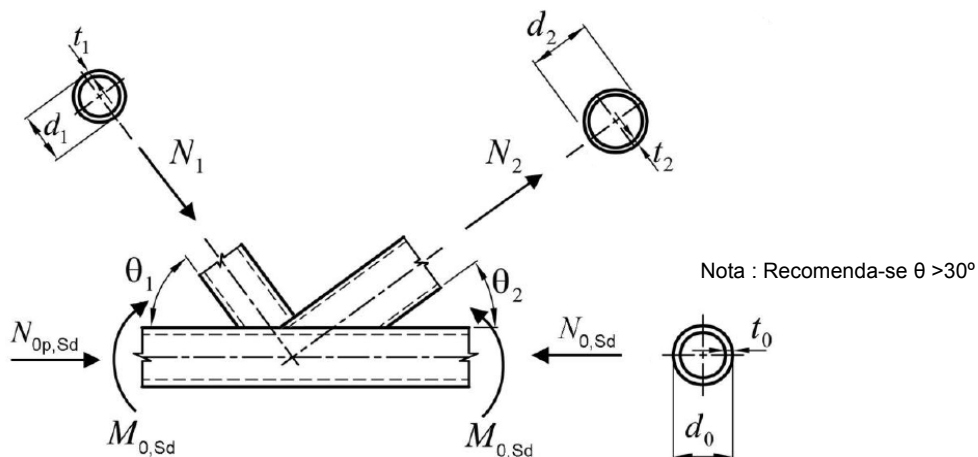
Zhao, X.L., *et.al.*. New IIW (2008) static design reecomendations for hollow section joints. *In: 12th Intenational Symposium on Tubular Structures*.Taylor & Francis Group: 2009. p. 261-270.



## **APÉNDICE A**

## A1. Ligação K - Nó 2 - Modelo 1 - Sobreposição das diagonais

### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



#### Dados de entrada

##### Esforços :

$$\begin{array}{lll}
 N_{0pSd} = 0 \text{ kN} & N_{0Sd} = -134.83 \text{ kN} & M_{0Sd} = -167.90 \text{ kN} \cdot \text{cm} \\
 N_{1Sd} = -264.42 \text{ kN} & N_{2Sd} = 265.61 \text{ kN} & M_{0pSd} = 0 \text{ kN} \cdot \text{cm}
 \end{array}$$

##### Perfis :

##### Banzo :

$$d_0 = 168.3 \text{ mm} \quad t_0 = 5.0 \text{ mm}$$

##### Diagonais :

$$\begin{array}{lll}
 d_1 = 101.6 \text{ mm} & t_1 = 4.5 \text{ mm} & \theta_1 = 90^\circ \\
 d_2 = 101.6 \text{ mm} & t_2 = 4.5 \text{ mm} & \theta_2 = 60^\circ
 \end{array}$$

##### Demais informações :

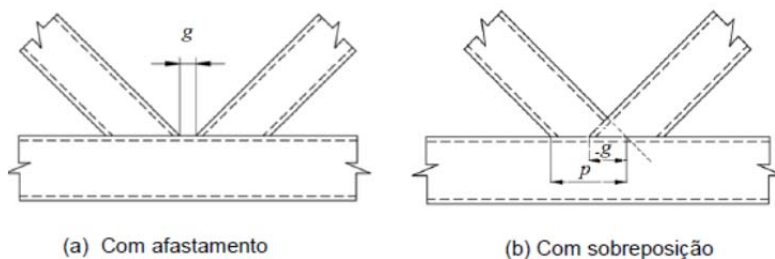
$$f_{y0} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y1} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y2} = 350 \text{ MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485 \text{ MPa}$$

$$g = -60.87 \text{ mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 10.16 \text{ cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$\text{gap} = \left( 0 + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -60.87 \cdot \text{mm}$$

### Verificação dos dados de entrada:

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = 8.25 \times 10^{-3} \cdot \text{mm} \quad \frac{e}{d_0} = 4.9 \times 10^{-5}$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{b_0} \leq 0.25$

### Verificação dos parâmetros de conexão:

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 33.66 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 0.6 \quad \frac{d_2}{d_0} = 0.6 \quad \frac{|g|}{p} = 0.6$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"OK!"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2" \text{ se } g < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 & \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25" \text{ se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### Resultados de cálculo :

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot \left[ d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2 \right] = 25.65 \text{cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{\left[ d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4 \right]}{32 \cdot d_0} = 101.7 \cdot \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0Sd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = -6.91 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo:

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = -0.2$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 16.83$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 0.6$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 3.01$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 0.93$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 194.57 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 224.67 \cdot \text{kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \cdot \text{mm} \leq -10.0 \cdot \text{mm} + 168.3 \cdot \text{mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1 (1 + \sin(\theta_1))}{1.1 \cdot 2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \cdot \text{mm} \leq -10.0 \cdot \text{mm} + 168.3 \cdot \text{mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2 (1 + \sin(\theta_2))}{1.1 \cdot 2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$$



### Resumo :

**Modo de falha A:**

$$N_{A1Rd} = 194.57\text{kN}$$

$$N_{A2Rd} = 224.67\text{kN}$$

**Modo de falha D:**

$$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 194.57\text{kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 224.67\text{kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

**Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 1.36$$

**Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 1.18$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5\text{mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 33.49\text{cm}$$

$$h_s = 0.707 \cdot d_w = 0.35\text{cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 11.84\text{cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 16.74\text{cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 319.67\text{kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 255.19\text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 255.19\text{kN}$$

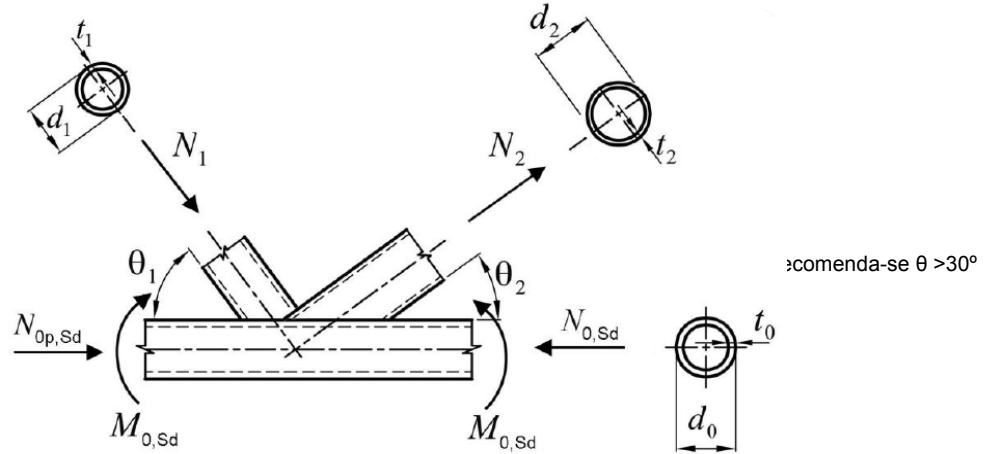
### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 1.04$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 1.04$$

## A2. Ligação K - Nó 3 - Modelo 1 - Sobreposição das diagonais

### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



#### Dados de entrada

##### Esforços :

$$N_{0p,Sd} = 269.61 \text{ kN} \quad N_{0,Sd} = 1.57 \text{ kN} \quad M_{0,Sd} = -118.41 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

$$N_{1,Sd} = -268.7 \text{ kN} \quad N_{2,Sd} = 265.61 \text{ kN}$$

##### Perfis :

Banzo :  $d_0 = 101.6 \text{ mm}$   $t_0 = 7.1 \text{ mm}$

Diagonais :  $d_1 = 101.6 \text{ mm}$   $t_1 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_1 = 60^\circ$   
 $d_2 = 101.6 \text{ mm}$   $t_2 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_2 = 60^\circ$

##### Demais informações :

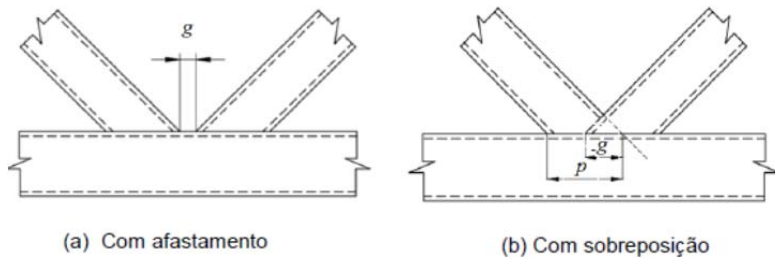
$$f_{y0} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y1} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y2} = 350 \text{ MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485 \text{ MPa}$$

$$g = -58.66 \text{ mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 11.73 \text{ cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$gap = \left( 0 + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -58.66 \text{ mm}$$

### **Verificação dos dados de entrada:**

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{(\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2))}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = -1.05 \times 10^{-3} \cdot \text{mm} \quad \frac{e}{d_0} = -1.03 \times 10^{-5}$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{b_0} \leq 0.25$

### **Verificação dos parâmetros de conexão:**

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 14.31 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 1 \quad \frac{d_2}{d_0} = 1 \quad \frac{|g|}{p} = 0.5$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"OK!"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2" \text{ se } g < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 & \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25" \text{ se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### **Resultados de cálculo :**

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot [d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2] = 21.08 \text{cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{[d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4]}{32 \cdot d_0} = 46.58 \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0pSd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = 10.25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo :

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = 0.29$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 7.15$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 1$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 1.86$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 1$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \cdot \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 454.22 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 454.22 \text{ kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq 101.6 \text{ mm} + -14.2 \text{ mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = \text{"Não se aplica"} \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_1))}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq 101.6 \text{ mm} + -14.2 \text{ mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = \text{"Não se aplica"} \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_2))}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

### Resumo :

<b>Modo de falha A:</b>	$N_{A1Rd} = 454.22\text{kN}$	$N_{A2Rd} = 454.22\text{kN}$
<b>Modo de falha D:</b>	$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$	$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A1Rd}, N_{D1Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 454.22\text{kN} = \text{"APROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 454.22\text{kN} = \text{"APROVADO!"}$$

#### **Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 0.59$$

#### **Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 0.58$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5\text{mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1.08$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 36.08\text{cm}$$

$$h_s = 0.707 \cdot d_w = 0.35\text{cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 12.75\text{cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 18.04\text{cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 344.4\text{kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 274.92\text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 274.92\text{kN}$$

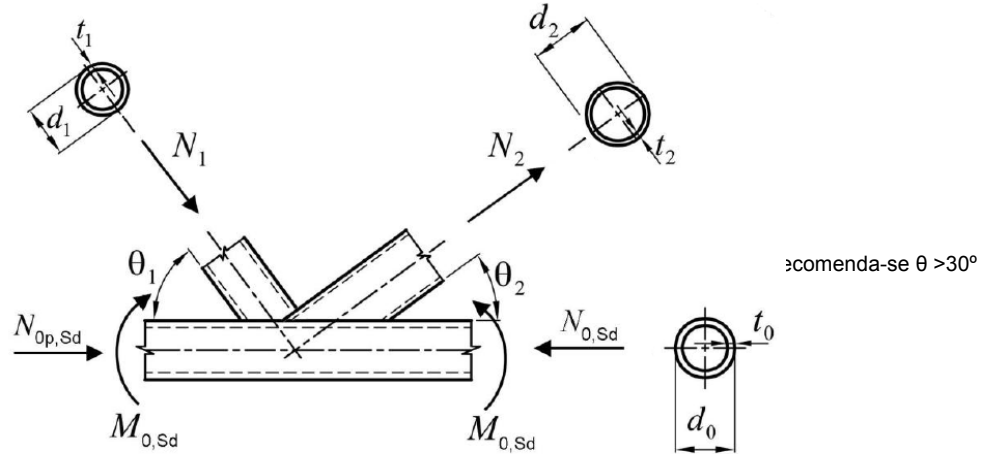
### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 0.98$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 0.97$$

### A3. Ligação K - Nó 4 - Modelo 1 - Sobreposição das diagonais

#### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



#### Dados de entrada

##### Esforços :

$$N_{0pSd} = -134.83 \text{ kN} \quad N_{0Sd} = -366.50 \text{ kN} \quad M_{0Sd} = 182.81 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$N_{1Sd} = -268.71 \text{ kN} \quad N_{2Sd} = 193.17 \text{ kN}$$

##### Perfis :

Banzo :  $d_0 = 168.3 \text{ mm}$   $t_0 = 5.0 \text{ mm}$

Diagonais :  $d_1 = 101.6 \text{ mm}$   $t_1 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_1 = 60^\circ$   
 $d_2 = 101.6 \text{ mm}$   $t_2 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_2 = 60^\circ$

##### Demais informações :

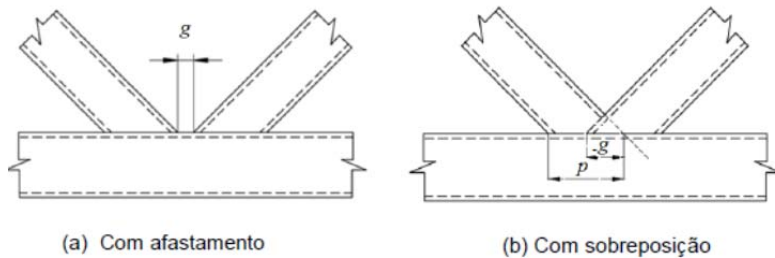
$$f_{y0} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y1} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y2} = 350 \text{ MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485 \text{ MPa}$$

$$g = -20.15 \text{ mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 11.73 \text{ cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$\text{gap} = \left( 0 + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -20.15 \text{ mm}$$

### Verificação dos dados de entrada:

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = -4.12 \times 10^{-4} \cdot \text{mm} \quad \frac{e}{d_0} = -2.45 \times 10^{-6}$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{b_0} \leq 0.25$

### Verificação dos parâmetros de conexão:

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 33.66 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 0.6 \quad \frac{d_2}{d_0} = 0.6 \quad \frac{|g|}{p} = 0.17$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"Corrigir: } g/p > 0.25\text{"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2\text{" se } < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25\text{" se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### Resultados de cálculo :

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot [d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2] = 25.65 \text{cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{[d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4]}{32 \cdot d_0} = 101.7 \cdot \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0pSd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = -3.46 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo:

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = -0.1$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 16.83$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 0.6$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 2.97$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 0.97$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \cdot \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 230.68 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 230.68 \text{ kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1 (1 + \sin(\theta_1))}{1.1 \cdot 2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2 (1 + \sin(\theta_2))}{1.1 \cdot 2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$$



### Resumo :

**Modo de falha A:**

$$N_{A1Rd} = 230.68\text{kN}$$

$$N_{A2Rd} = 230.68\text{kN}$$

**Modo de falha D:**

$$N_{D1Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

$$N_{D2Rd} = \text{"Não se aplica"}$$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A1Rd}, N_{D1Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 230.68\text{kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 230.68\text{kN} = \text{"APROVADO!"}$$

**Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 1.16$$

**Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 0.84$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5\text{mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1.08$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 36.08\text{cm}$$

$$h_s = 0.707 \cdot d_w = 0.35\text{cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 12.75\text{cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 18.04\text{cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 344.4\text{kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 274.92\text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 274.92\text{kN}$$

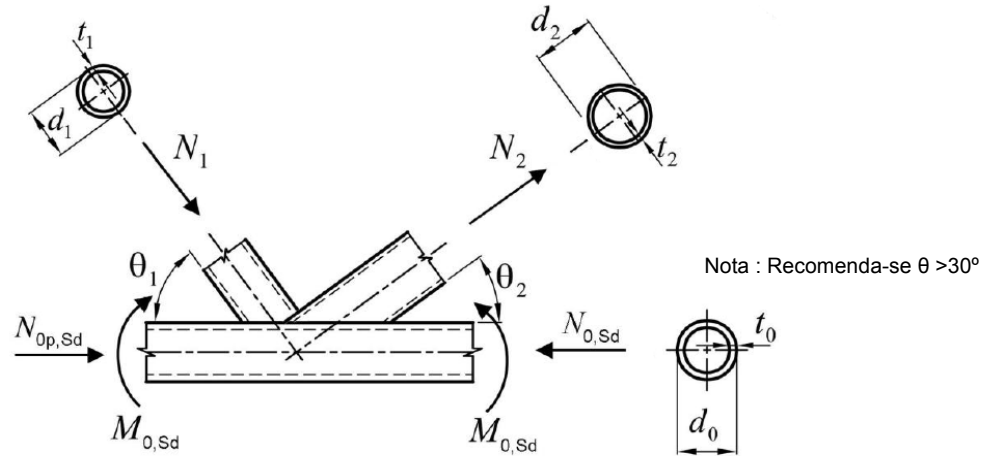
### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 0.98$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 0.7$$

#### A4. Ligação K - Nó 2 - Modelo 1 - Afastamento das diagonais

##### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



##### Dados de entrada

###### Esforços :

$$N_{0p,Sd} = 0\text{kN} \quad N_{0Sd} = -134.83\text{kN} \quad M_{0Sd} = -167.90\text{kN}\cdot\text{cm}$$

$$N_{1Sd} = -264.42\text{kN} \quad N_{2Sd} = 265.61\text{kN}$$

###### Perfis :

Banzo :  $d_0 = 168.3\text{ mm}$   $t_0 = 5.0\text{ mm}$

Diagonais :  $d_1 = 101.6\text{ mm}$   $t_1 = 4.5\text{ mm}$   $\theta_1 = 90^\circ$   
 $d_2 = 101.6\text{ mm}$   $t_2 = 4.5\text{ mm}$   $\theta_2 = 60^\circ$

###### Demais informações :

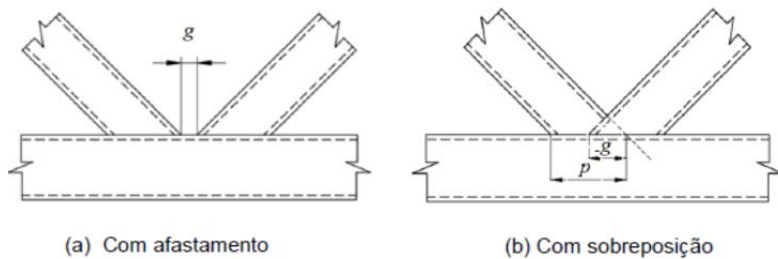
$$f_{y0} = 350\text{ MPa} \quad f_{y1} = 350\text{ MPa} \quad f_{y2} = 350\text{ MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485\text{ MPa}$$

$$g = 9\text{ mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 10.16\text{ cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$\text{gap} = \left(0 + \frac{d_0}{2}\right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -60.87\text{ mm}$$

### Verificação dos dados de entrada:

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{(\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2))}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = 121.03 \text{ mm} \quad \frac{e}{d_0} = 0.72$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{d_0} \leq 0.25$

### Verificação dos parâmetros de conexão:

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 33.66 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 0.6 \quad \frac{d_2}{d_0} = 0.6$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"OK!"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2" \text{ se } < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25" \text{ se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### Resultados de cálculo :

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot [d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2] = 25.65 \text{ cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{[d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4]}{32 \cdot d_0} = 101.7 \cdot \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0Sd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = -6.91 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo:

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = -0.2$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 16.83$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 0.6$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 2.52$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 0.93$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \cdot \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 162.76 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 187.93 \text{ kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_1))}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases} = 335.15 \text{ kN}$$

$$N_{D1Rd} = 335.15 \text{ kN}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 \\ 0.66 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_2))}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases} = 416.93 \text{ kN}$$

$$N_{D2Rd} = 416.93 \text{ kN}$$

### Resumo :

**Modo de falha A:**  $N_{A1Rd} = 162.76 \text{ kN}$   $N_{A2Rd} = 187.93 \text{ kN}$

**Modo de falha D:**  $N_{D1Rd} = 335.15 \text{ kN}$   $N_{D2Rd} = 416.93 \text{ kN}$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A1Rd}, N_{D1Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 162.76 \text{ kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 187.93 \text{ kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

#### **Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 1.62$$

#### **Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 1.41$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5 \text{ mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 33.49 \text{ cm}$$

$$h_s = 0.707 d_w = 0.35 \text{ cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 11.84 \text{ cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 16.74 \text{ cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6 f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 319.67 \text{ kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 255.19 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 255.19 \text{ kN}$$

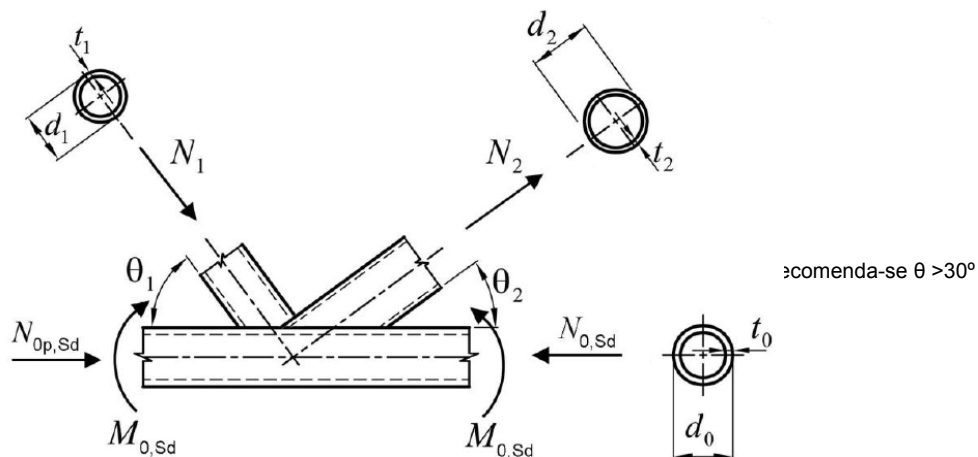
### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 1.04$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 1.04$$

## A5. Ligação K - Nó 3 - Modelo 1 - Afastamento das diagonais

### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



#### Dados de entrada

##### Esforços :

$$\begin{aligned}
 N_{0pSd} &= 269.61\text{kN} & N_{0Sd} &= 1.57\text{kN} & M_{0Sd} &= -118.41\text{kN}\cdot\text{cm} \\
 N_{1Sd} &= -268.71\text{kN} & N_{2Sd} &= 265.61\text{kN}
 \end{aligned}$$

##### Perfis :

Banzo :  $d_0 = 101.6\text{mm}$        $t_0 = 7.1\text{mm}$

Diagonais :  $d_1 = 101.6\text{mm}$        $t_1 = 4.5\text{mm}$        $\theta_1 = 60^\circ$   
 $d_2 = 101.6\text{mm}$        $t_2 = 4.5\text{mm}$        $\theta_2 = 60^\circ$

##### Demais informações :

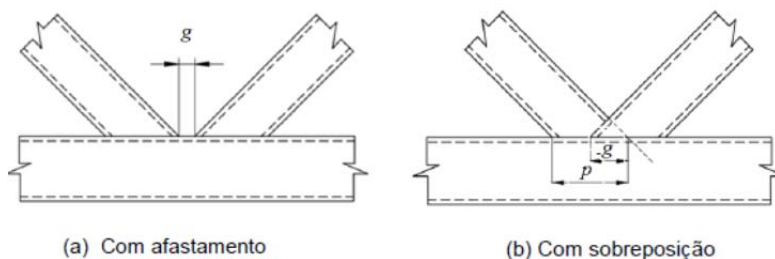
$$f_{y0} = 350\text{MPa} \quad f_{y1} = 350\text{MPa} \quad f_{y2} = 350\text{MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485\text{MPa}$$

$$g = 9\text{mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 11.73\text{cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$\text{gap} = \left( 0 + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -58.66\text{mm}$$

### **Verificação dos dados de entrada:**

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = 58.59 \cdot \text{mm} \quad \frac{e}{d_0} = 0.58$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{b_0} \leq 0.25$

### **Verificação dos parâmetros de conexão:**

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 14.31 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 1 \quad \frac{d_2}{d_0} = 1$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"OK!"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2" \text{ se } < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 & \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25" \text{ se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### **Resultados de cálculo :**

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot [d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2] = 21.08 \text{cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{[d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4]}{32 \cdot d_0} = 46.58 \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0pSd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = 10.25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo :

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = 0.29$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 7.15$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 1$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 1.73$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 1$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 423.93 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 423.93 \text{ kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq 101.6 \text{ mm} + -14.2 \text{ mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = 592.04 \text{ kN} \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_1))}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D1Rd} = 592.04 \text{ kN}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq 101.6 \text{ mm} + -14.2 \text{ mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = 592.04 \text{ kN} \\ 0.66 f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_2))}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D2Rd} = 592.04 \text{ kN}$$



### Resumo :

**Modo de falha A:**  $N_{A1Rd} = 423.93 \text{ kN}$   $N_{A2Rd} = 423.93 \text{ kN}$

**Modo de falha D:**  $N_{D1Rd} = 592.04 \text{ kN}$   $N_{D2Rd} = 592.04 \text{ kN}$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A1Rd}, N_{D1Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 423.93 \text{ kN} = \text{"APROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 423.93 \text{ kN} = \text{"APROVADO!"}$$

#### **Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 0.63$$

#### **Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 0.63$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5 \text{ mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1.08$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 36.08 \text{ cm}$$

$$h_s = 0.707 \cdot d_w = 0.35 \text{ cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 12.75 \text{ cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 18.04 \text{ cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6 f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 344.4 \text{ kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 274.92 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 274.92 \text{ kN}$$

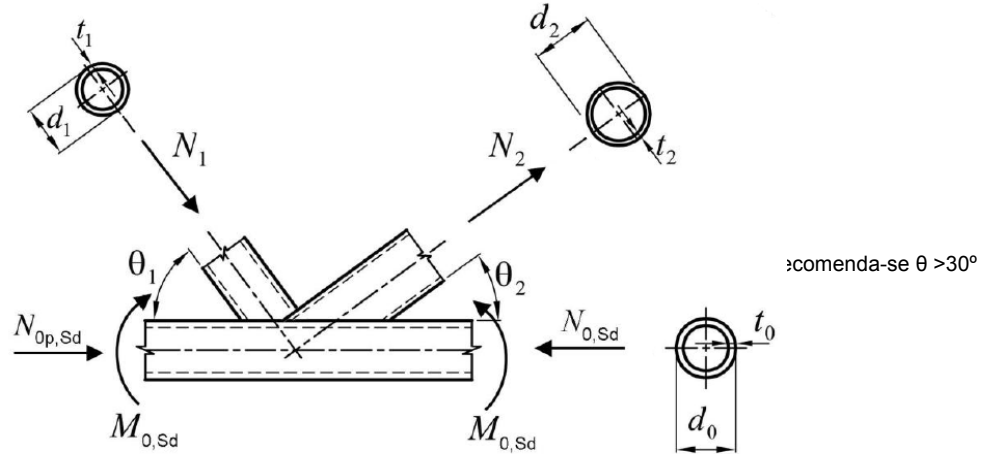
### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 0.98$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 0.97$$

## A6. Ligação K - Nó 4 - Modelo 1 - Afastamento das diagonais

### Banzos de perfis tubulares circulares, diagonais ou montantes de perfis tubulares circulares



#### Dados de entrada

##### Esforços :

$$N_{0p,Sd} = -134.83 \text{ kN} \quad N_{0,Sd} = -366.50 \text{ kN} \quad M_{0,Sd} = -182.81 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$N_{1,Sd} = -268.71 \text{ kN} \quad N_{2,Sd} = 193.17 \text{ kN}$$

##### Perfis :

Banzo :  $d_0 = 168.3 \text{ mm}$   $t_0 = 5.0 \text{ mm}$

Diagonais :  $d_1 = 101.6 \text{ mm}$   $t_1 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_1 = 60^\circ$   
 $d_2 = 101.6 \text{ mm}$   $t_2 = 4.5 \text{ mm}$   $\theta_2 = 60^\circ$

##### Demais informações :

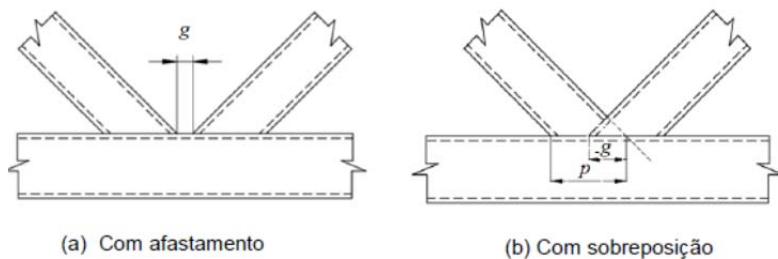
$$f_{y0} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y1} = 350 \text{ MPa} \quad f_{y2} = 350 \text{ MPa}$$

Solda = AWS 7018

$$f_w = 485 \text{ MPa}$$

$$g = 9. \text{mm}$$

$$p = \frac{d_1}{\sin(\theta_1)} = 11.73 \text{ cm}$$



Nota 1 : Considerar como ilustra a primeira figura, 1 = diagonal ou montante sobreposto, 2 = diagonal ou montante subposto.

$$\text{gap} = \left( 0 + \frac{d_0}{2} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)} - \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} - \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} = -20.15 \text{ mm}$$

### Verificação dos dados de entrada:

$$e = \left( \frac{d_1}{2 \cdot \sin(\theta_1)} + \frac{d_2}{2 \cdot \sin(\theta_2)} + g \right) \cdot \left[ \frac{(\sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2))}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right] - \frac{d_0}{2} = 25.24 \cdot \text{mm} \quad \frac{e}{d_0} = 0.15$$

Os valores da excentricidade devem estar dentro do limite:  $-0.55 \leq \frac{e}{b_0} \leq 0.25$

### Verificação dos parâmetros de conexão:

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} \leq 50 \quad \frac{d_0}{t_0} = 33.66 \quad \frac{d_1}{t_1} = 22.58 \quad \frac{d_2}{t_2} = 22.58$$

$$0.2 \leq \frac{d_i}{d_0} \leq 1.0 \quad \frac{d_1}{d_0} = 0.6 \quad \frac{d_2}{d_0} = 0.6$$

$$\text{Verificação} = \begin{cases} \text{Se } g \geq 0 & = \text{"OK!"} \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } g \geq t_1 + t_2 \\ \text{retorne "Corrigir } g > t_1 + t_2" \text{ se } < t_1 + t_2 \end{array} \right. \\ \text{Se } g < 0 & \\ \left| \begin{array}{l} \text{retorne "OK!" se } \left| \frac{g}{p} \right| \geq 0.25 \\ \text{retorne "Corrigir: } g/p > 0.25" \text{ se } \left| \frac{g}{p} \right| < 0.25 \end{array} \right. \end{cases}$$

### Resultados de cálculo :

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot [d_0^2 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^2] = 25.65 \text{cm}^2$$

$$W_0 = \pi \cdot \frac{[d_0^4 - (d_0 - 2 \cdot t_0)^4]}{32 \cdot d_0} = 101.7 \text{cm}^3$$

$$\sigma_{0pSd} = \frac{N_{0pSd}}{A_0} + \frac{M_{0Sd}}{W_0} = -7.05 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Parâmetros de cálculo :

$$n = \frac{\sigma_{0pSd}}{f_{y0}} = -0.2$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = 16.83$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = 0.6$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[ 1 + \frac{(0.024\gamma^{1.2})}{1 + \exp\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33\right)} \right] = 2.52$$

$$k_p = \begin{cases} 1 + 0.3n - 0.3n^2 & \text{se } n < 0 \\ 1.0 & \text{se } n \geq 0 \end{cases} = 0.93$$

**Modo de falha A:** plastificação da face ou de toda a seção transversal do banzo, junto a diagonais e montantes.

$$N_{A1Rd} = \left[ \frac{\left( k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \right) \cdot \left( 1.98 + 11.22 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin(\theta_1) \cdot 1.1} \right] = 187.58 \text{ kN}$$

$$N_{A2Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{A1Rd} = 187.58 \text{ kN}$$

**Modo de falha D:** ruptura por punção da parede do banzo na área de contato com diagonais ou montantes para perfis circulares. Verificação válida para as seguintes condições:

**Diagonal 1:**  $d_1 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D1Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = 416.93 \text{ kN} \\ 0.66 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_1}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_1))}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D1Rd} = 416.93 \text{ kN}$$

**Diagonal 2:**  $d_2 \leq (d_0 - 2 \cdot t_0) \rightarrow 101.6 \text{ mm} \leq -10.0 \text{ mm} + 168.3 \text{ mm}$

$$N_{D2Rd} = \begin{cases} \text{"Não se aplica"} & \text{se } g \leq 0 & = 416.93 \text{ kN} \\ 0.66 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_2}{1.1} \cdot \frac{(1 + \sin(\theta_2))}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2} & \text{senão} \end{cases}$$

$$N_{D2Rd} = 416.93 \text{ kN}$$

### Resumo :

**Modo de falha A:**  $N_{A1Rd} = 187.58 \text{ kN}$   $N_{A2Rd} = 187.58 \text{ kN}$

**Modo de falha D:**  $N_{D1Rd} = 416.93 \text{ kN}$   $N_{D2Rd} = 416.93 \text{ kN}$

### Relação de aproveitamento:

$$N_{1Rd} = \begin{cases} N_{A1Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A1Rd}, N_{D1Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 187.58 \text{ kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

$$N_{2Rd} = \begin{cases} N_{A2Rd} & \text{se } g \leq 0 \\ \min(N_{A2Rd}, N_{D2Rd}) & \text{senão} \end{cases} = 187.58 \text{ kN} = \text{"REPROVADO!"}$$

#### **Diagonal 1:**

$$\frac{|N_{1Sd}|}{N_{1Rd}} = 1.43$$

#### **Diagonal 2:**

$$\frac{|N_{2Sd}|}{N_{2Rd}} = 1.03$$

### Verificação da Solda:

$$d_w = 5 \text{ mm}$$

$$k_a = \left(1 + \frac{1}{\sin(\theta_1)}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1.08$$

$$l_{ef} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_w}{2}\right) \cdot k_a = 36.08 \text{ cm}$$

$$h_s = 0.707 \cdot d_w = 0.35 \text{ cm}$$

$$A_w = l_{ef} \cdot h_s = 12.75 \text{ cm}^2$$

$$A_g = l_{ef} \cdot d_w = 18.04 \text{ cm}^2$$

### Metal base:

$$F_{MBRd} = \frac{0.6 f_{y1} \cdot A_g}{1.1} = 344.4 \text{ kN}$$

### Metal da solda:

$$F_{MSRd} = 0.6 \cdot A_w \cdot \frac{f_w}{1.35} = 274.92 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{MBRd}, F_{MSRd}) = 274.92 \text{ kN}$$

### Relação de aproveitamento:

$$\frac{|N_{1Sd}|}{F_{Rd}} = 0.98$$

$$\frac{|N_{2Sd}|}{F_{Rd}} = 0.7$$



## **APÉNDICE B**

Cálculo do g para e=0																Ângulo	30°
Diagonais di																	
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6		
33,4	-8,9																
38,1	-0,8	-10,2															
42,2	6,3	-3,1	-11,3														
48,3	16,9	7,5	-0,7	-12,9													
60,3	37,6	28,2	20,0	7,8	-16,2												
73	59,6	50,2	42,0	29,8	5,8	-19,6											
88,9	87,2	77,8	69,6	57,4	33,4	8,0	-23,8										
101,6	109,2	99,8	91,6	79,4	55,4	30,0	-1,8	-27,2									
114,3	131,2	121,8	113,6	101,4	77,4	52,0	20,2	-5,2	-30,6								
141,3	177,9	168,5	160,3	148,1	124,1	98,7	66,9	41,5	16,1	-37,9							
168,3	224,7	215,3	207,1	194,9	170,9	145,5	113,7	88,3	62,9	8,9	-45,1						
219,1				282,9	258,9	233,5	201,7	176,3	150,9	96,9	42,9	-58,7					
273					352,2	326,8	295,0	269,6	244,2	190,2	136,2	34,6	-73,2				
323,8						414,8	383,0	357,6	332,2	278,2	224,2	122,6	14,8	-86,8			
355,6						469,9	438,1	412,7	387,3	333,3	279,3	177,7	69,9	-31,7	-95,3		

Ligaçõ K - Valores de Fk																Ângulo	30°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,98														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	4,82														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,86	4,49													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	4,44	5,06													
38,1 x 4,0	3,36	4,29	5,29	6,01													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	4,69	4,76	5,27												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	4,90	5,65	6,24												
42,2 x 4,5	4,18	5,33	5,99	6,86	7,56												
42,2 x 5,0	4,59	5,84	7,18	8,17	9,00												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	3,57	4,24	4,81	5,58											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	4,32	5,07	5,73	6,59											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	5,35	6,21	6,95	7,95											
48,3 x 5,0	5,34	6,80	6,46	7,43	8,27	9,44											
48,3 x 5,5	5,90	7,51	7,91	9,03	10,00	11,37											
48,3 x 6,0	6,53	8,31	9,75	11,06	12,20	13,83											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,97	3,34	3,75	4,63	6,18										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	3,60	4,06	4,56	5,54	7,26										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	4,47	5,05	5,66	6,76	8,71										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	5,42	6,13	6,85	8,08	10,29										
60,3 x 5,5	7,55	9,62	6,68	7,55	8,40	9,79	12,33										
60,3 x 6,0	8,39	10,70	8,29	9,35	10,37	11,96	14,93										
60,3 x 6,5	9,32	11,90	10,32	11,62	12,82	14,67	18,18										
60,3 x 7,0	10,30	13,10	12,82	14,40	15,83	18,01	22,18										
60,3 x 7,5	11,20	14,20	15,24	17,08	18,73	21,22	26,04										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	2,66	2,94	3,18	3,60	5,23	6,82									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	3,22	3,56	3,86	4,38	6,21	7,97									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	3,99	4,40	4,79	5,45	7,53	9,51									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	4,82	5,33	5,81	6,63	8,95	11,17									
73,0 x 5,5	9,31	11,90	5,93	6,56	7,15	8,17	10,80	13,33									
73,0 x 6,0	10,40	13,20	7,34	8,14	8,88	10,14	13,14	16,07									
73,0 x 6,5	11,50	14,70	9,13	10,13	11,07	12,61	16,05	19,48									
73,0 x 7,0	12,80	16,30	11,35	12,61	13,77	15,64	19,64	23,67									
73,0 x 7,5	13,90	17,70	13,51	15,01	16,38	18,55	23,08	27,71									
73,0 x 8,0	15,50	19,80	17,06	18,95	20,66	23,31	28,72	34,90									
73,0 x 8,5	16,80	21,40	20,30	22,53	24,53	27,61	33,82	40,83									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	2,41	2,64	2,85	3,15	3,80	5,55*	7,64								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,92	3,20	3,44	3,81	4,62	6,60*	8,86								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	3,61	3,95	4,26	4,71	5,76	8,00*	10,51								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	4,36	4,78	5,15	5,71	7,01	9,51*	12,28								
88,9 x 5,5	11,50	14,70	5,35	5,86	6,32	7,01	8,66	11,47*	14,57								
88,9 x 6,0	12,80	16,30	6,61	7,26	7,82	8,70	10,77	13,93*	17,47								
88,9 x 6,5	14,30	18,20	8,21	9,01	9,72	10,83	13,41	17,00*	21,07								
88,9 x 7,0	16,00	20,30	10,19	11,19	12,08	13,48	16,67	20,76*	25,48								
88,9 x 7,5	17,40	22,10	12,11	13,31	14,38	16,05	19,80	24,37*	29,73								
88,9 x 8,0	19,50	24,80	15,28	16,81	18,17	20,29	24,90	30,25*	36,65								
88,9 x 8,5	21,10	26,90	18,18	20,00	21,63	24,15	29,52	35,58*	42,92								
88,9 x 9,0	23,60	30,00	22,94	25,25	27,31	30,47	37,04	44,29*	53,15								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	2,74	2,99	3,21	3,54	4,19	5,06	6,09	9,59							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	3,39	3,70	3,97	4,37	5,18	6,32	9,60	11,32							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	4,10	4,47	4,80	5,29	6,28	7,70	11,23	13,17							
101,6 x 5,5	13,30	16,90	5,02	5,48	5,89	6,49	7,72	9,52	13,34	15,57							
101,6 x 6,0	14,80	18,90	6,21	6,78	7,28	8,03	9,59	11,84	16,01	18,58							
101,6 x 6,5	16,50	21,10	7,70	8,41	9,03	9,97	11,95	14,73	19,34	22,53							
101,6 x 7,0	18,50	23,50	9,55	10,44	11,21	12,39	14,89	18,28	23,41	26,91							
101,6 x 7,5	20,10	25,70	11,35	12,40	13,33	14,74	17,75	21,69	27,33	31,31							
101,6 x 8,0	22,60	28,80	14,30	15,64	16,82	18,61	22,44	27,22	33,73	38,47							
101,6 x 8,5	24,60	31,30	17,00	18,59	20,00	22,16	26,72	32,22	39,51	44,95							
101,6 x 9,0	27,50	35,00	21,44	23,46	25,26	27,99	33,71	40,36	48,96	56,52							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	2,60	2,83	3,03	3,33	3,91	4,54	6,02	8,96	10,33						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	3,22	3,50	3,75	4,11	4,84	5,63	7,51	10,35	12,11						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	3,89	4,23	4,53	4,97	5,85	6,83	9,11	12,26	14,08						
114,3 x 5,5	15,00	19,10	4,77	5,19	5,56	6,10	7,18	8,41	11,17	14,47	16,57						
114,3 x 6,0	16,80	21,40	5,90	6,42	6,87	7,54	8,88	10,46	13,77	17,27	19,70						
114,3 x 6,5	18,80	23,90	7,32	7,96	8,52	9,36	11,04	13,05	16,98	20,75	23,58						
114,3 x 7,0	21,00	26,70	9,07	9,87	10,57	11,61	13,72	16,28	20,89	25,01	28,33						
114,3 x 7,5	22,90	29,20	10,77	11,72	12,55	13,79	16,33	19,42	24,63	29,10	32,87						
114,3 x 8,0	25,70	32,80	13,56	14,76	15,81	17,40	20,64	24,57	30,69	35,77	40,26						



Ligação K - Valores de Fk

Ângulo 30°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0	28,00	35,70	16,11	17,54	18,80	20,69	24,58	29,25	36,17	44,81	46,94						
114,3 x 12,5	31,40	40,00	20,31	22,12	23,71	26,11	31,07	36,89	45,07	54,86	57,84						
114,3 x 15,0	35,10	44,70	25,59	27,88	29,90	32,95	39,23	46,43	56,16	63,95	74,42						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	3,58	3,86	4,12	4,49	5,22	6,00	7,00	8,01	10,65*	16,02					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	4,39	4,74	5,05	5,51	6,41	7,36	8,60	9,92	12,95*	18,72					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	5,42	5,86	6,24	6,81	7,92	9,11	10,66	12,39	15,83*	22,10					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	6,72	7,26	7,74	8,44	9,82	11,30	13,28	15,51	19,37*	26,27					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	8,33	9,00	9,59	10,46	12,18	14,03	16,55	19,38	23,67*	31,34					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	9,89	10,69	11,39	12,42	14,47	16,67	19,74	23,11	27,76*	36,18					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	12,45	13,46	14,33	15,64	18,23	21,04	25,01	29,19	34,40*	44,04					
141,3 x 11,0	35,30	45,00	14,79	15,98	17,02	18,58	21,66	25,04	29,83	34,67	40,37*	51,12					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	18,62	20,12	21,44	23,40	27,32	31,65	37,75	43,60	50,07*	62,63					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	23,44	25,33	27,00	29,48	34,46	39,97	47,66	54,68		76,97					
141,3 x 16,0	49,40	63,00	29,08	31,44	33,51	36,61	42,84	49,74	59,19	67,50		92,60					
141,3 x 17,5	53,40	68,10	34,20	36,98	39,43	43,09	50,45	58,59	69,59	79,03		108,58					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	3,36	3,61	3,83	4,16	4,80	5,47	6,32	7,00	7,71	12,05	18,03				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	4,12	4,43	4,70	5,10	5,88	6,71	7,75	8,59	9,49	15,55	20,93				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	5,10	5,48	5,81	6,30	7,27	8,30	9,58	10,63	11,79	18,66	24,55				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	6,32	6,79	7,20	7,81	9,02	10,29	11,89	13,20	14,72	22,48	28,99				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	7,84	8,42	8,93	9,69	11,18	12,76	14,75	16,41	18,38	27,11	34,38				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	9,30	10,00	10,60	11,50	13,27	15,15	17,52	19,53	21,97	31,55	39,57				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	11,71	12,58	13,34	14,48	16,71	19,08	22,10	24,70	27,88	38,68	47,80				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	13,90	14,94	15,84	17,19	19,84	22,66	26,28	29,44	33,29	45,12	55,26				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	17,50	18,81	19,94	21,64	24,98	28,56	33,19	37,27	42,15	55,57	67,36				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	22,02	23,66	25,10	27,23	31,46	35,99	41,92	47,15	53,22	68,55	82,93				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	27,31	29,35	31,13	33,78	39,05	44,72	52,17	58,72	66,07	83,60	99,78				
168,3 x 17,5	65,10	82,90	32,10	34,50	36,60	39,73	45,94	52,65	61,49	69,18	77,63	97,14	115,44				
168,3 x 19,0	73,10	93,20	40,85	43,92	46,60	50,60	58,56	67,18	78,51	88,21	98,57	124,69	143,82				
219,1 x 6,3	33,10	42,10				5,69	6,47	7,31	8,35	9,18	10,01	11,79	14,66	29,29			
219,1 x 7,1	37,10	47,30				7,06	8,03	9,06	10,35	11,38	12,41	14,64	18,46	34,24			
219,1 x 8,0	41,60	53,10				8,75	9,95	11,23	12,83	14,11	15,39	18,19	23,19	40,21			
219,1 x 8,8	45,60	58,10				10,38	11,82	13,33	15,23	16,75	18,27	21,65	27,75	45,86			
219,1 x 10,0	51,60	65,70				13,07	14,87	16,78	19,17	21,08	23,01	27,38	35,15	54,95			
219,1 x 11,0	56,50	71,90				15,52	17,66	19,92	22,76	25,04	27,33	32,64	41,81	63,08			
219,1 x 12,5	63,70	81,10				19,53	22,23	25,08	28,66	31,53	34,45	41,37	52,59	76,27			
219,1 x 14,2	71,80	91,40				24,57	27,96	31,55	36,07	39,71	43,43	52,41	65,88	92,45			
219,1 x 16,0	80,10	102,00				30,46	34,67	39,13	44,75	49,30	53,99	65,38	81,19	114,18			
219,1 x 17,5	87,00	111,00				35,80	40,75	46,00	52,63	58,02	63,61	77,14	94,88	129,90			
219,1 x 20,0	98,20	125,00				45,54	51,85	58,55	67,05	74,00	81,23	98,55	119,59	158,38			
219,1 x 25,0	120,00	152,00				68,13	77,62	87,74	100,64	111,24	122,26	147,74	175,93	227,90			
273,0 x 6,3	41,40	52,80				5,95	6,65	7,52	8,22	8,22	8,91	10,40	11,88	17,41*	34,56		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				7,38	8,24	9,33	10,19	11,05	12,89	14,73	17,47	21,94*	40,61		
273,0 x 8,0	52,30	66,00				9,15	10,22	11,56	12,63	13,70	15,98	18,27	21,70	27,47*	46,60		
273,0 x 8,8	57,30	73,60				10,86	12,13	13,73	15,00	16,27	18,97	21,70	25,70	32,72*	52,79		
273,0 x 10,0	64,90	82,60				13,67	15,27	17,28	18,88	20,48	23,88	27,35	31,55	41,15*	62,70		
273,0 x 11,0	71,10	90,50				16,23	18,13	20,51	22,41	24,31	28,36	32,51	37,36	48,64*	74,57		
273,0 x 12,5	80,30	102,00				20,43	22,82	25,82	28,21	30,60	35,71	41,05	46,60	60,68*	86,70		
273,0 x 14,2	90,60	115,00				25,70	28,71	32,48	35,49	38,50	44,97	51,85	58,46	75,44*	103,16		
273,0 x 16,0	101,00	129,00				31,86	35,59	40,26	44,00	47,75	55,82	64,60	73,36	92,36*	123,21		
273,0 x 17,5	110,00	140,00				37,44	41,82	47,32	51,71	56,13	65,69	76,22	86,74	107,45*	144,14		
273,0 x 20,0	125,00	159,00				47,61	53,20	60,19	65,80	71,45	83,79	97,55	111,44	134,62*	173,48		
273,0 x 25,0	153,00	195,00				71,18	79,55	90,07	98,53	107,10	126,04	147,16	170,16	196,38*	247,16		
273,0 x 30,0	180,00	229,00				98,93	110,60	125,31	137,20	149,27	176,02	205,30	235,12	267,83*	332,56		
323,8 x 7,1	55,50	70,60				7,72	8,67	9,42	10,18	11,78	13,38	16,41	18,18	31,04*	45,77		
323,8 x 8,0	62,30	79,40				9,58	10,75	11,68	12,61	14,60	16,59	20,36	23,36	37,20*	52,85		
323,8 x 8,8	68,40	87,10				11,37	12,76	13,87	14,98	17,33	19,69	24,20	27,40	42,96*	59,53		
323,8 x 10,0	77,40	98,60				14,31	16,06	17,45	18,85	21,82	24,79	30,54	34,04	52,13*	70,19		
323,8 x 11,0	84,90	108,00				16,99	19,06	20,72	22,38	25,90	29,43	36,37	40,04	60,25*	79,65		
323,8 x 12,5	96,00	122,00				21,38	23,99	26,08	28,17	32,61	37,05	46,03	50,36	73,27*	94,80		
323,8 x 14,2	108,00	138,00				26,90	30,19	32,81	35,44	41,02	46,63	58,32	63,20	89,25*	113,36		
323,8 x 16,0	121,00	155,00				33,35	37,42	40,67	43,93	50,86	57,84	72,85	78,55	107,56*	134,61		
323,8 x 17,5	132,00	168,00				39,18	43,97	47,79	51,62	59,77	68,02	86,11	92,51	123,92*	153,57		
323,8 x 20,0	150,00	191,00				49,83	55,92	60,79	65,66	76,06	86,66	110,44	118,11	153,38*	187,61		
323,8 x 25,0	184,00	235,00				74,47	83,59	90,88	98,20	113,90	130,17	166,81	176,11	220,34*	264,97		
355,6 x 8,8	75,30	95,90				11,00	12,29	13,32	14,35	16,54	18,73	22,85	28,81	57,88	63,86		
355,6 x 10,0	85,20	109,00				13,85	15,47	16,77	18,06	20,82	23,57	28,76	36,92	67,82	74,99		
355,6 x 11,0	93,50	119,00				16,44	18,37	19,90	21,44	24,71	27,98	34,16	44,41	76,63	84,81		
355,6 x 12,5	106,00	135,00				20,69	23,12	25,05	26,99	31,11	35,22	43,04	56,75	90,76	100,58		
355,6 x 14,2	120,00	152,00				26,03	29,08	31,52	33,95	39,13	44,31	54,24	72,21	108,11	119,83		
355,6 x 16,0	134,00	171,00				32,27	36,05	39,07	42,09	48,51	54,94	67,42	90,10	128,01	141,82		
355,6 x 17,5	146,00	186,00				37,92	42,36	45,91	49,46	57,00	64,57	79,43	106,11	145,75	164,79		
355,6 x 20,0	166,00	211,00				48,22	53,87	58,39	62,90	72,51	82,17	101,53	134,91	177,82	196,53		
355,6 x 25,0	204,00	260,00				72,07	80,51	87,26	94,02	108,45	123,08	153,30	199,97	260,66	276,06		

Cálculo do g para e=0														Ângulo	35°
Diagonais di															
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4	-10,5														
38,1	-3,8	-12,0													
42,2	2,0	-6,2	-13,3												
48,3	10,7	2,6	-4,6	-15,2											
60,3	27,9	19,7	12,5	1,9	-19,0										
73	46,0	37,8	30,7	20,0	-0,9	-23,0									
88,9	68,7	60,5	53,4	42,8	21,8	-0,3	-28,0								
101,6	86,9	78,7	71,5	60,9	40,0	17,8	-9,9	-32,0							
114,3	105,0	96,8	89,7	79,0	58,1	36,0	8,2	-13,9	-36,0						
141,3	143,6	135,4	128,2	117,6	96,7	74,5	46,8	24,7	2,5	-44,6					
168,3	182,1	173,9	166,8	156,1	135,2	113,1	85,4	63,2	41,1	-6,0	-53,1				
219,1				228,7	207,8	185,6	157,9	135,8	113,6	66,6	19,5	-69,1			
273					284,8	262,6	234,9	212,8	190,6	143,5	96,5	7,9	-86,1		
323,8						335,2	307,4	285,3	263,2	216,1	169,0	80,4	-13,5	-102,1	
355,6						380,6	352,9	330,7	308,6	261,5	214,4	125,9	31,9	-56,7	-112,1

Ligação K - Valores de Fk															Ângulo	35°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,48													
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	<del>4,21</del>													
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,25	3,05												
<del>38,1 x 3,6</del>	<del>3,06</del>	<del>3,90</del>	<del>3,91</del>	<del>4,42</del>												
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	<del>4,64</del>	<del>6,25</del>												
42,2 x 3,6	3,43	4,37	3,65	4,18	4,60											
<del>42,2 x 4,0</del>	<del>3,77</del>	<del>4,80</del>	<del>4,35</del>	<del>4,96</del>	<del>5,45</del>											
<del>42,2 x 4,4</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	<del>5,29</del>	<del>6,01</del>	<del>6,60</del>											
<del>42,2 x 4,8</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	<del>6,32</del>	<del>7,16</del>	<del>7,86</del>											
48,3 x 3,6	3,97	5,06	3,24	2,81	4,27	4,87										
<del>48,3 x 4,0</del>	<del>4,37</del>	<del>5,57</del>	<del>3,90</del>	<del>4,53</del>	<del>5,05</del>	<del>5,75</del>										
<del>48,3 x 4,4</del>	<del>4,86</del>	<del>6,19</del>	<del>4,79</del>	<del>5,51</del>	<del>6,12</del>	<del>6,95</del>										
<del>48,3 x 4,8</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	<del>5,76</del>	<del>6,58</del>	<del>7,27</del>	<del>8,24</del>										
<del>48,3 x 5,2</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	<del>7,02</del>	<del>7,96</del>	<del>8,77</del>	<del>9,95</del>										
<del>48,3 x 5,6</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	<del>8,61</del>	<del>9,72</del>	<del>10,68</del>	<del>12,08</del>										
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,63	3,02	3,47	4,23	5,40									
<del>60,3 x 4,0</del>	<del>5,55</del>	<del>7,07</del>	<del>3,20</del>	<del>3,67</del>	<del>4,18</del>	<del>5,01</del>	<del>6,34</del>									
<del>60,3 x 4,4</del>	<del>6,19</del>	<del>7,89</del>	<del>3,98</del>	<del>4,56</del>	<del>5,14</del>	<del>6,06</del>	<del>7,61</del>									
<del>60,3 x 4,8</del>	<del>6,82</del>	<del>8,69</del>	<del>4,83</del>	<del>5,52</del>	<del>6,18</del>	<del>7,20</del>	<del>8,99</del>									
<del>60,3 x 5,2</del>	<del>7,55</del>	<del>9,62</del>	<del>5,95</del>	<del>6,76</del>	<del>7,53</del>	<del>8,68</del>	<del>10,77</del>									
<del>60,3 x 5,6</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	<del>7,37</del>	<del>8,34</del>	<del>9,23</del>	<del>10,57</del>	<del>13,04</del>									
<del>60,3 x 6,0</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	<del>9,16</del>	<del>10,32</del>	<del>11,36</del>	<del>12,92</del>	<del>15,88</del>									
<del>60,3 x 6,4</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	<del>11,35</del>	<del>12,74</del>	<del>13,98</del>	<del>15,62</del>	<del>19,36</del>									
<del>60,3 x 6,8</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	<del>13,46</del>	<del>15,07</del>	<del>16,49</del>	<del>18,62</del>	<del>22,75</del>									
73,0 x 3,6	6,16	7,85	2,33	2,58	2,82	3,29	4,82	5,96								
<del>73,0 x 4,0</del>	<del>6,81</del>	<del>8,67</del>	<del>2,82</del>	<del>3,13</del>	<del>3,43</del>	<del>4,01</del>	<del>5,66</del>	<del>6,96</del>								
<del>73,0 x 4,4</del>	<del>7,60</del>	<del>9,68</del>	<del>3,49</del>	<del>3,88</del>	<del>4,27</del>	<del>4,98</del>	<del>6,80</del>	<del>8,31</del>								
<del>73,0 x 4,8</del>	<del>8,38</del>	<del>10,70</del>	<del>4,23</del>	<del>4,72</del>	<del>5,19</del>	<del>6,03</del>	<del>8,02</del>	<del>9,76</del>								
<del>73,0 x 5,2</del>	<del>9,31</del>	<del>11,90</del>	<del>5,21</del>	<del>5,81</del>	<del>6,40</del>	<del>7,40</del>	<del>9,62</del>	<del>11,65</del>								
<del>73,0 x 5,6</del>	<del>10,40</del>	<del>13,20</del>	<del>6,47</del>	<del>7,22</del>	<del>7,94</del>	<del>9,13</del>	<del>11,65</del>	<del>14,04</del>								
<del>73,0 x 6,0</del>	<del>11,50</del>	<del>14,70</del>	<del>8,06</del>	<del>9,00</del>	<del>9,87</del>	<del>11,28</del>	<del>14,18</del>	<del>17,01</del>								
<del>73,0 x 6,4</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	<del>10,03</del>	<del>11,19</del>	<del>12,25</del>	<del>13,92</del>	<del>17,29</del>	<del>20,67</del>								
<del>73,0 x 6,8</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	<del>11,94</del>	<del>13,30</del>	<del>14,54</del>	<del>16,45</del>	<del>20,29</del>	<del>24,19</del>								
<del>73,0 x 7,2</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	<del>15,06</del>	<del>16,75</del>	<del>18,27</del>	<del>20,58</del>	<del>25,19</del>	<del>29,94</del>								
<del>73,0 x 7,6</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	<del>17,90</del>	<del>19,88</del>	<del>21,65</del>	<del>24,32</del>	<del>29,63</del>	<del>35,16</del>								
88,9 x 3,6	7,57	9,65	2,10	2,31	2,48	2,76	3,50	5,29	6,07							
<del>88,9 x 4,0</del>	<del>8,38</del>	<del>10,70</del>	<del>2,54</del>	<del>2,79</del>	<del>3,01</del>	<del>3,34</del>	<del>4,27</del>	<del>5,18</del>	<del>5,74</del>							
<del>88,9 x 4,4</del>	<del>9,37</del>	<del>11,90</del>	<del>3,15</del>	<del>3,45</del>	<del>3,72</del>	<del>4,15</del>	<del>5,32</del>	<del>6,38</del>	<del>6,98</del>							
<del>88,9 x 4,8</del>	<del>10,30</del>	<del>13,20</del>	<del>3,81</del>	<del>4,18</del>	<del>4,51</del>	<del>5,04</del>	<del>6,46</del>	<del>8,07</del>	<del>10,73</del>							
<del>88,9 x 5,2</del>	<del>11,50</del>	<del>14,70</del>	<del>4,67</del>	<del>5,13</del>	<del>5,54</del>	<del>6,21</del>	<del>7,94</del>	<del>10,35</del>	<del>12,73</del>							
<del>88,9 x 5,6</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	<del>5,78</del>	<del>6,36</del>	<del>6,88</del>	<del>7,72</del>	<del>9,81</del>	<del>12,48</del>	<del>15,26</del>							
<del>88,9 x 6,0</del>	<del>14,30</del>	<del>18,20</del>	<del>7,19</del>	<del>7,91</del>	<del>8,57</del>	<del>9,63</del>	<del>12,13</del>	<del>15,13</del>	<del>18,40</del>							
<del>88,9 x 6,4</del>	<del>16,00</del>	<del>20,30</del>	<del>8,94</del>	<del>9,85</del>	<del>10,68</del>	<del>11,99</del>	<del>14,97</del>	<del>18,39</del>	<del>22,26</del>							
<del>88,9 x 6,8</del>	<del>17,40</del>	<del>22,10</del>	<del>10,64</del>	<del>11,73</del>	<del>12,72</del>	<del>14,28</del>	<del>17,70</del>	<del>21,52</del>	<del>25,96</del>							
<del>88,9 x 7,2</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	<del>13,44</del>	<del>14,82</del>	<del>16,07</del>	<del>18,01</del>	<del>22,13</del>	<del>26,04</del>	<del>32,00</del>							
<del>88,9 x 7,6</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	<del>16,00</del>	<del>17,64</del>	<del>19,12</del>	<del>21,40</del>	<del>26,14</del>	<del>31,27</del>	<del>37,47</del>							
<del>88,9 x 8,0</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	<del>20,20</del>	<del>22,27</del>	<del>24,11</del>	<del>26,93</del>	<del>32,67</del>	<del>38,84</del>	<del>46,40</del>							
101,6 x 4,0	9,63	12,30	2,39	2,61	2,80	3,09	3,69	4,85	7,31	8,37						
<del>101,6 x 4,4</del>	<del>10,80</del>	<del>13,70</del>	<del>2,95</del>	<del>3,23</del>	<del>3,46</del>	<del>3,82</del>	<del>4,59</del>	<del>6,02</del>	<del>8,63</del>	<del>9,88</del>						
<del>101,6 x 4,8</del>	<del>11,90</del>	<del>15,20</del>	<del>3,57</del>	<del>3,90</del>	<del>4,19</del>	<del>4,62</del>	<del>5,58</del>	<del>7,28</del>	<del>10,06</del>	<del>11,51</del>						
<del>101,6 x 5,2</del>	<del>13,30</del>	<del>16,90</del>	<del>4,38</del>	<del>4,79</del>	<del>5,14</del>	<del>5,68</del>	<del>6,89</del>	<del>9,00</del>	<del>11,89</del>	<del>13,60</del>						
<del>101,6 x 5,6</del>	<del>14,80</del>	<del>18,90</del>	<del>5,42</del>	<del>5,92</del>	<del>6,37</del>	<del>7,04</del>	<del>8,58</del>	<del>10,94</del>	<del>14,22</del>	<del>16,23</del>						
<del>101,6 x 6,0</del>	<del>16,50</del>	<del>21,10</del>	<del>6,73</del>	<del>7,35</del>	<del>7,91</del>	<del>8,77</del>	<del>10,71</del>	<del>13,46</del>	<del>17,11</del>	<del>19,50</del>						
<del>101,6 x 6,4</del>	<del>18,50</del>	<del>23,50</del>	<del>8,35</del>	<del>9,14</del>	<del>9,84</del>	<del>10,92</del>	<del>13,35</del>	<del>16,54</del>	<del>20,66</del>	<del>23,51</del>						
<del>101,6 x 6,8</del>	<del>20,10</del>	<del>25,70</del>	<del>9,93</del>	<del>10,87</del>	<del>11,71</del>	<del>13,01</del>	<del>15,89</del>	<del>19,49</del>	<del>24,08</del>	<del>27,35</del>						
<del>101,6 x 7,2</del>	<del>22,60</del>	<del>28,80</del>	<del>12,53</del>	<del>13,73</del>	<del>14,80</del>	<del>16,46</del>	<del>20,04</del>	<del>24,29</del>	<del>29,64</del>	<del>33,60</del>						
<del>101,6 x 7,6</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	<del>14,91</del>	<del>16,35</del>	<del>17,63</del>	<del>19,60</del>	<del>23,79</del>	<del>28,62</del>	<del>34,68</del>	<del>39,25</del>						
<del>101,6 x 8,0</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	<del>18,83</del>	<del>20,65</del>	<del>22,27</del>	<del>24,75</del>	<del>29,90</del>	<del>35,68</del>	<del>42,91</del>	<del>48,48</del>						
114,3 x 4,0	10,90	13,90	2,27	2,47	2,64	2,90	3,41	4,04	6,17*	8,04	9,01					
<del>114,3 x 4,4</del>	<del>12,20</del>	<del>15,50</del>	<del>2,81</del>	<del>3,05</del>	<del>3,27</del>	<del>3,59</del>	<del>4,23</del>	<del>5,04</del>	<del>7,46*</del>	<del>9,44</del>	<del>10,60</del>					
<del>114,3 x 4,8</del>	<del>13,50</del>	<del>17,20</del>	<del>3,39</del>	<del>3,69</del>	<del>3,95</del>	<del>4,34</del>	<del>5,12</del>	<del>6,15</del>	<del>8,83*</del>	<del>10,94</del>	<del>12,29</del>					
<del>114,3 x 5,2</del>	<del>15,00</del>	<del>19,10</del>	<del>4,16</del>	<del>4,53</del>	<del>4,85</del>	<del>5,32</del>	<del>6,30</del>	<del>7,61</del>	<del>10,60*</del>	<del>12,88</del>	<del>14,47</del>					
<del>114,3 x 5,6</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	<del>5,14</del>	<del>5,60</del>	<del>5,99</del>	<del>6,59</del> </										

Ligação K - Valores de Fk																Ângulo	35°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0	28,00	35,70	14,10	15,37	16,50	18,21	21,84	26,18	32,12*	36,72	41,00						
<del>114,3 x 8,8</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	17,79	19,41	20,84	23,02	27,58	32,85	39,84*	45,91	50,90						
<del>114,3 x 7,1</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	22,45	24,49	26,31	29,07	34,75	41,16	49,47*	56,01	62,35						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	3,12	3,37	3,59	3,91	4,56	5,24	6,20	7,71	10,04	13,98					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	3,82	4,13	4,40	4,80	5,59	6,43	7,66	9,52	12,57	16,34					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	4,73	5,11	5,44	5,93	6,91	7,97	9,56	11,81	15,00	19,30					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	5,86	6,33	6,74	7,36	8,58	9,91	11,97	14,63	18,01	22,94					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	7,27	7,85	8,36	9,13	10,64	12,33	14,96	18,07	22,48	27,37					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	8,63	9,32	9,93	10,84	12,66	14,70	17,86	21,34	26,19	31,61					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	10,86	11,74	12,51	13,66	15,98	18,60	22,60	26,64	32,90	39,47					
141,3 x 11,0	35,30	45,00	12,90	13,95	14,87	16,24	19,02	22,18	26,89	31,40	38,06	44,66					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	16,26	17,58	18,75	20,49	24,03	28,07	33,88	39,13	47,46	54,71					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	20,48	22,16	23,64	25,86	30,36	35,47	42,58	48,73	58,92	67,22					
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	25,44	27,54	29,38	32,15	37,78	44,10	52,65	59,85	70,07	81,73					
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	29,95	32,42	34,59	37,87	44,50	51,88	61,70	69,85	80,02	94,80					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,93	3,15	3,34	3,62	4,18	4,77	5,51	6,13	6,97	12,87	16,73				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,60	3,86	4,10	4,44	5,13	5,85	6,76	7,54	8,65	14,97	18,26				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	4,44	4,78	5,06	5,49	6,34	7,23	8,37	9,37	10,83	17,61	21,42				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	5,51	5,92	6,28	6,81	7,86	8,98	10,40	11,69	13,59	20,87	25,31				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,83	7,34	7,78	8,45	9,75	11,13	12,93	14,60	17,01	24,85	30,02				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	8,11	8,71	9,24	10,03	11,57	13,23	15,40	17,45	20,30	28,65	34,51				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	10,21	10,97	11,64	12,63	14,58	16,68	19,49	22,15	25,65	34,82	41,76				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	12,12	13,03	13,82	14,99	17,32	19,84	23,23	26,44	30,47	40,58	48,27				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	15,26	16,40	17,40	18,89	21,84	25,06	29,42	33,48	38,29	49,44	58,84				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	19,21	20,65	21,91	23,80	27,55	31,65	37,22	42,28	47,98	60,70	74,96				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	23,84	25,63	27,20	29,55	34,24	39,40	46,35	52,50	59,18	73,77	87,15				
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	28,04	30,16	32,01	34,78	40,33	46,43	54,60	61,69	69,22	85,54	100,81				
<del>168,3 x 18,8</del>	<del>73,10</del>	<del>92,20</del>	35,73	38,44	40,81	44,36	51,48	59,28	69,60	78,33	87,40	106,90	125,58				
219,1 x 6,3	33,10	42,10						4,96	5,64	6,37	7,28	8,00	8,73	10,41	15,69*	25,55	
219,1 x 7,1	37,10	47,30						6,15	7,00	7,90	9,02	9,92	10,83	13,00	19,22*	29,87	
219,1 x 8,0	41,60	53,10						7,62	8,68	9,79	11,18	12,30	13,43	16,27	23,46*	35,09	
219,1 x 8,8	45,60	58,10						9,05	10,30	11,62	13,28	14,61	15,97	19,47	27,46*	40,03	
219,1 x 10,0	51,60	65,70						11,39	12,97	14,63	16,72	18,41	20,15	24,77	33,88*	47,98	
219,1 x 11,0	56,50	71,90						13,53	15,39	17,37	19,86	21,88	23,98	29,63	39,61*	55,09	
219,1 x 12,5	63,70	81,10						17,03	19,38	21,88	25,03	27,60	30,32	37,62	48,86*	66,57	
219,1 x 14,2	71,80	91,40						21,42	24,39	27,54	31,54	34,84	38,35	47,61	60,28*	80,76	
219,1 x 16,0	80,10	102,00						26,57	30,25	34,18	39,19	43,35	47,80	59,20	73,45*	97,13	
219,1 x 17,5	87,00	111,00						31,23	35,58	40,22	46,16	51,11	56,40	69,61	85,26*	111,80	
219,1 x 20,0	98,20	125,00						39,76	45,32	51,27	58,92	65,32	72,11	88,43	106,61*	128,13	
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>						59,60	68,00	77,03	88,66	98,32	108,40	131,34	155,42*	199,00	
273,0 x 6,3	41,40	52,80						5,19	5,80	6,56	7,16	7,77	9,06	10,37	21,01	30,13	
273,0 x 7,1	46,60	59,30						6,43	7,19	8,13	8,88	9,64	11,24	12,88	24,89	34,92	
273,0 x 8,0	52,30	66,60						7,98	8,91	10,08	11,01	11,95	13,94	16,02	29,55	40,65	
273,0 x 8,8	57,30	73,00						9,47	10,58	11,96	13,07	14,18	16,55	19,08	33,96	46,06	
273,0 x 10,0	64,90	82,60						11,92	13,31	15,06	16,46	17,85	20,85	24,17	41,02	54,72	
273,0 x 11,0	71,10	90,50						14,15	15,81	17,88	19,54	21,20	24,78	28,86	47,32	62,43	
273,0 x 12,5	80,30	102,00						17,81	19,90	22,51	24,60	26,70	31,27	36,65	57,19	74,83	
273,0 x 14,2	90,60	115,00						22,41	25,03	28,32	30,96	33,61	39,47	46,53	66,04	86,09	
273,0 x 16,0	101,00	129,00						27,78	31,03	35,12	38,41	41,73	49,13	58,15	84,50	107,62	
273,0 x 17,5	110,00	140,00						32,64	36,48	41,29	45,17	49,10	57,95	68,69	97,46	123,30	
273,0 x 20,0	125,00	159,00						41,53	46,42	52,58	57,55	62,63	74,14	87,86	120,86	154,55	
273,0 x 25,0	153,00	195,00						62,16	69,52	78,85	86,43	94,21	111,84	131,83	174,77	215,88	
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>						86,51	96,83	109,93	120,62	131,57	156,11	182,78	226,25	290,40	
323,8 x 7,1	55,50	70,60						6,73	7,56	8,21	8,87	10,27	11,67	14,48	32,94	49,87	
323,8 x 8,0	62,30	79,40						8,35	9,37	10,18	11,00	12,73	14,46	18,10	38,03	54,08	
323,8 x 8,8	68,40	87,10						9,91	11,12	12,09	13,05	15,11	17,17	21,66	42,81	58,92	
323,8 x 10,0	77,40	98,60						12,47	14,00	15,21	16,43	19,02	21,62	27,62	50,56	67,23	
323,8 x 11,0	84,90	108,00						14,81	16,62	18,06	19,51	22,58	25,68	33,12	57,41	74,30	
323,8 x 12,5	96,00	122,00						18,64	20,92	22,74	24,56	28,43	32,36	42,26	68,54	89,74	
323,8 x 14,2	108,00	138,00						23,45	26,31	28,60	30,89	35,78	40,80	53,81	82,23	107,97	
323,8 x 16,0	121,00	155,00						29,07	32,62	35,46	38,31	44,40	50,72	67,28	97,99	127,56	
323,8 x 17,5	132,00	168,00						34,16	38,34	41,68	45,03	52,22	59,77	79,41	112,09	144,13	
323,8 x 20,0	150,00	191,00						43,45	48,77	53,03	57,31	66,56	76,41	101,34	137,55	173,91	
323,8 x 25,0	184,00	235,00						64,97	72,97	79,39	85,88	100,04	115,33	151,17	195,59	243,47	
355,6 x 8,8	75,30	95,90						9,59	10,71	11,61	12,51	14,42	16,32	19,96	31,73*	44,21	55,69
355,6 x 10,0	85,20	109,00						12,07	13,49	14,62	15,74	18,15	20,55	25,20	39,70*	53,06	65,41
355,6 x 11,0	93,50	119,00						14,33	16,01	17,35	18,69	21,54	24,40	30,00	46,7		

Cálculo do g para e=0																Ângulo	40°
Diagonais di																	
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6		
33,4	-12,2																
38,1	-6,6	-13,9															
42,2	-1,7	-9,0	-15,4														
48,3	5,6	-1,7	-8,1	-17,6													
60,3	19,9	12,6	6,2	-3,3	-21,9												
73	35,0	27,7	21,3	11,9	-6,8	-26,6											
88,9	54,0	46,7	40,3	30,8	12,1	-7,6	-32,4										
101,6	69,1	61,8	55,4	45,9	27,3	7,5	-17,2	-37,0									
114,3	84,3	76,9	70,6	61,1	42,4	22,6	-2,1	-21,8	-41,6								
141,3	116,4	109,1	102,7	93,3	74,6	54,8	30,1	10,3	-9,4	-51,4							
168,3	148,6	141,3	134,9	125,4	106,8	87,0	62,3	42,5	22,8	-19,3	-61,3						
219,1				186,0	167,3	147,5	122,8	103,1	83,3	41,3	-0,7	-79,7					
273					231,5	211,8	187,0	167,3	147,5	105,5	63,5	-15,5	-99,4				
323,8						272,3	247,6	227,8	208,1	166,1	124,1	45,0	-38,8	-117,9			
355,6							310,2	285,5	265,7	246,0	204,0	162,0	82,9	-0,9	-80,0	-129,4	

Ligação K - Valores de Fk																Ângulo	40°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,11														
33,4 x 3,5	2,65	3,37	3,76														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,90	3,27													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,51	3,95													
38,1 x 4,5	3,36	4,29	4,16	4,69													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	3,30	3,75	4,12												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,55	4,11	4,87												
42,2 x 4,5	4,18	5,33	4,77	5,38	5,90												
42,2 x 5,6	4,59	5,84	5,69	6,41	7,02												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	3,80	3,47	3,85	4,36											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,59	4,11	4,54	5,14											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	4,37	4,58	5,45	6,21											
48,3 x 5,6	5,34	6,80	5,23	5,93	6,52	7,37											
48,3 x 6,3	5,90	7,51	6,34	7,16	7,86	8,87											
48,3 x 8,8	6,53	8,31	7,76	8,73	9,37	10,79											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,43	2,85	3,28	3,88	4,62										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,96	3,44	3,91	4,57	5,07										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,67	4,23	4,75	5,51	6,80										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	4,44	5,09	5,67	6,52	8,03										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	5,45	6,19	6,86	7,84	9,03										
60,3 x 6,3	8,39	10,70	6,72	7,60	8,38	9,52	11,66										
60,3 x 7,1	9,32	11,90	8,31	9,35	10,26	11,62	14,19										
60,3 x 8,8	10,30	13,10	10,27	11,50	12,59	14,20	17,30										
60,3 x 9,6	11,20	14,20	12,15	13,57	14,83	16,69	20,30										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	2,09	2,35	2,62	3,19	3,32										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,54	2,86	3,19	3,83	5,17	5,22									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	3,16	3,56	3,97	4,70	6,13	7,42									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,84	4,33	4,81	5,64	7,28	8,72									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	4,74	5,33	5,91	6,85	8,70	10,41									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,89	6,61	7,30	8,38	10,51	12,94									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	7,33	8,21	9,03	10,29	12,76	15,20									
73,0 x 8,8	12,80	16,30	9,11	10,18	11,15	12,63	15,55	18,47									
73,0 x 9,6	13,90	17,70	10,82	12,07	13,19	14,88	18,21	21,62									
73,0 x 10,0	15,50	19,80	13,62	15,15	16,51	18,55	22,58	26,75									
73,0 x 11,0	16,80	21,40	16,15	17,94	19,51	21,88	26,54	31,41									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,88	2,06	2,23	2,51	3,49	4,91	5,95								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,27	2,50	2,70	3,05	4,20	5,71	6,91								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,81	3,10	3,36	3,81	5,15	6,77	8,20								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	3,41	3,76	4,08	4,64	6,17	7,93	9,59								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	4,19	4,63	5,04	5,72	7,48	9,42	11,38								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	5,20	5,75	6,26	7,11	9,13	11,32	13,64								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	6,48	7,17	7,81	8,85	11,19	13,68	16,45								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	8,07	8,93	9,73	10,99	13,70	16,58	19,89								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	9,62	10,64	11,58	13,04	16,12	19,37	23,20								
88,9 x 9,6	19,50	24,80	12,15	13,44	14,60	16,38	20,05	23,93	28,00								
88,9 x 10,0	21,10	26,90	14,46	15,97	17,33	19,40	23,61	28,06	33,48								
88,9 x 10,5	23,60	30,00	18,23	20,12	21,79	24,33	29,42	34,81	41,45								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	2,13	2,33	2,50	2,77	3,43	4,92*	6,62	7,48							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,64	2,88	3,10	3,43	4,29	5,95*	7,81	8,85							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	3,19	3,49	3,75	4,17	5,23	7,05*	9,09	10,28							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,92	4,29	4,62	5,14	6,46	8,47*	10,74	12,15							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,85	5,31	5,73	6,40	8,02	10,26*	12,82	14,51							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	6,03	6,62	7,14	7,98	9,96	12,48*	15,41	17,45							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	7,50	8,24	8,90	9,95	12,33	15,19*	18,58	21,01							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	8,94	9,81	10,61	11,86	14,61	17,80*	21,63	24,44							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	11,30	12,41	13,42	14,98	18,31	22,05*	26,00	30,03							
101,6 x 11,0	24,60	31,30	13,45	14,78	15,97	17,81	21,66	25,90*	30,10	35,06							
101,6 x 12,0	27,50	35,00	16,99	18,66	20,16	22,43	27,10	32,17*	38,44	43,31							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	2,03	2,20	2,36	2,59	3,08	4,32	5,95	7,25	8,05						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,50	2,72	2,92	3,21	3,82	4,87	6,75	8,51	9,46						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	3,03	3,29	3,53	3,88	4,65	5,93	8,43	9,86	10,98						
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,71	4,04	4,33	4,77	5,75	7,29	9,97	11,61	12,92						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	4,60	5,00	5,37	5,92	7,16	9,02	11,92	13,80	15,38						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	5,71	6,22	6,67	7,38	8,95	11,15	14,55	16,52	18,41						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	7,09	7,73	8,30	9,19	11,16	13,76	17,32	19,85	22,12						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	8,43														

Ligação K - Valores de Fk																Ângulo	40°
* Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0	28,00	35,70	12,68	13,85	14,90	16,52	19,95	23,93	20,03	32,93	36,84						
<del>114,3 x 18,8</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	16,02	17,51	18,84	20,87	25,10	29,85	<del>35,90</del>	<del>46,53</del>	<del>56,13</del>						
<del>114,3 x 24,6</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	20,22	22,10	23,77	26,31	31,51	37,23	<del>44,47</del>	<del>56,15</del>	<del>68,71</del>						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,78	3,01	3,20	3,49	4,07	4,71	5,92	8,03*	10,11	12,48					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	3,41	3,69	3,93	4,28	5,00	5,81	7,34	9,63*	12,52	14,59					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	4,22	4,56	4,85	5,30	6,19	7,22	9,15	11,64*	14,97	17,24					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	5,23	5,65	6,02	6,58	7,70	9,02	11,41	14,11*	17,63	20,30					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	6,49	7,01	7,47	8,17	9,58	11,27	14,16	17,12*	20,89	24,46					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	7,71	8,33	8,88	9,71	11,41	13,46	16,80	20,00*	24,01	28,25					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	9,71	10,51	11,21	12,27	14,45	17,06	21,06	24,66*	28,95	34,36					
141,3 x 11,0	35,30	45,00	11,55	12,50	13,33	14,60	17,23	20,33	24,90	28,86*	32,68	39,91					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	14,57	15,78	16,84	18,46	21,80	25,68	31,12	35,70*	40,15	48,90					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	18,38	19,92	21,27	23,33	27,54	32,35	38,85	44,20*	49,47	60,07					
<del>141,3 x 16,1</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	22,86	24,78	26,47	29,02	34,24	40,08	47,79	54,07*	60,29	73,03					
<del>141,3 x 18,1</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	26,93	29,19	31,18	34,19	40,29	47,04	55,84	62,97*	70,05	84,71					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,62	2,81	2,98	3,23	3,73	4,26	4,94	5,64	7,16	11,94	14,04				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,21	3,45	3,66	3,97	4,58	5,23	6,08	7,00	8,83	13,84	16,30				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,97	4,26	4,52	4,90	5,66	6,47	7,56	8,76	10,92	16,72	19,73				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,92	5,28	5,60	6,08	7,02	8,03	9,44	10,99	13,49	19,15	22,60				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,10	6,55	6,95	7,54	8,71	9,99	11,79	13,76	16,59	22,71	26,82				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	7,24	7,78	8,25	8,96	10,35	11,89	14,09	16,43	19,55	26,11	30,83				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	9,12	9,80	10,39	11,29	13,06	15,04	17,88	20,78	24,31	31,62	37,52				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	10,83	11,64	12,35	13,41	15,55	17,93	21,35	24,70	28,58	36,59	43,14				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	13,64	14,67	15,57	16,92	19,65	22,70	27,03	31,06	35,50	44,66	52,59				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	17,19	18,49	19,64	21,36	24,83	28,72	34,13	38,95	44,07	54,71	64,32				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	21,36	22,98	24,41	26,56	30,91	35,76	42,36	48,06	53,98	66,37	77,89				
<del>168,3 x 18,1</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	25,15	27,07	28,76	31,30	36,43	42,13	49,77	56,24	62,89	76,86	90,93				
<del>168,3 x 20,1</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	32,08	34,54	36,70	39,96	46,51	53,72	63,18	71,04	79,03	95,91	112,21				
219,1 x 6,3	33,10	42,10	4,43	5,04	5,68	6,49	7,14	8,05	9,44	11,01	12,81	16,76	22,80				
219,1 x 7,1	37,10	47,30	5,49	6,25	7,05	8,05	8,87	10,05	11,64	13,49	15,64	19,74	26,67				
219,1 x 8,0	41,60	53,10	6,80	7,74	8,74	9,99	11,01	12,10	13,81	15,82	18,18	22,56	29,53				
219,1 x 8,8	45,60	58,10	8,08	9,19	10,37	11,87	13,10	14,43	16,43	18,91	21,64	26,80	34,75				
219,1 x 10,0	51,60	65,70	10,17	11,57	13,07	14,96	16,55	18,30	20,93	23,93	27,36	32,57	42,66				
219,1 x 11,0	56,50	71,90	12,07	13,74	15,52	17,80	19,71	21,86	24,44	27,84	31,78	37,58	49,22				
219,1 x 12,5	63,70	81,10	15,20	17,31	19,57	22,48	24,96	27,75	31,35	35,73	40,45	48,45	60,45				
219,1 x 14,2	71,80	91,40	19,14	21,81	24,68	28,40	31,61	35,18	40,72	46,55	52,49	62,55	76,18				
219,1 x 16,0	80,10	102,00	23,75	27,09	30,69	35,38	39,42	43,87	50,06	56,70	63,81	75,70	90,61				
219,1 x 17,5	87,00	111,00	27,95	31,89	36,15	41,73	46,51	51,72	64,32	72,66	80,93	95,17	112,45				
219,1 x 20,0	98,20	125,00	35,63	40,69	46,18	53,36	60,69	68,54	81,02	91,60	101,64	119,11	142,82				
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>	53,53	61,20	69,51	80,28	89,24	98,53	119,11	140,01	157,82	187,82	224,55				
273,0 x 6,3	41,40	52,80	4,63	5,17	5,85	6,39	6,93	8,09	9,45	11,01	12,81	16,76	22,80				
273,0 x 7,1	46,60	59,30	5,74	6,41	7,25	7,93	8,60	10,05	11,85	13,84	16,16	20,57	26,89				
273,0 x 8,0	52,30	66,60	7,12	7,95	8,99	9,83	10,66	12,48	14,89	17,62	20,50	26,28	33,78				
273,0 x 8,8	57,30	73,00	8,45	9,44	10,68	11,67	12,66	14,85	17,87	20,82	24,01	30,11	38,85				
273,0 x 10,0	64,90	82,60	10,64	11,88	13,44	14,69	15,95	18,77	22,82	26,36	30,11	37,11	46,85				
273,0 x 11,0	71,10	90,50	12,63	14,11	15,96	17,45	18,95	22,38	27,36	31,36	35,50	42,67	53,75				
273,0 x 12,5	80,30	102,00	15,89	17,76	20,10	21,99	23,91	28,38	34,79	40,45	46,36	53,65	66,84				
273,0 x 14,2	90,60	115,00	20,00	22,35	25,31	27,71	30,17	35,99	44,06	52,49	60,45	70,17	85,49				
273,0 x 16,0	101,00	129,00	24,80	27,73	31,42	34,43	37,54	44,96	54,77	64,32	74,17	85,17	101,17				
273,0 x 17,5	110,00	140,00	29,16	32,61	36,98	40,56	44,27	53,11	64,37	76,07	88,07	101,10	118,19				
273,0 x 20,0	125,00	159,00	37,13	41,55	47,18	51,80	56,62	68,00	81,65	96,85	112,45	129,45	151,45				
273,0 x 25,0	153,00	195,00	55,70	62,41	70,99	78,06	85,40	102,25	120,90	140,01	157,82	187,82	224,55				
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>	77,67	87,10	99,15	109,05	119,24	142,03	166,19	192,55	220,55	259,51	309,51				
323,8 x 7,1	55,50	70,60	6,01	6,74	7,33	7,92	9,16	10,42	14,54	16,36	18,40	23,25	29,58				
323,8 x 8,0	62,30	79,40	7,45	8,36	9,09	9,81	11,36	12,92	18,40	20,50	23,16	29,26	37,13				
323,8 x 8,8	68,40	87,10	8,84	9,92	10,79	11,65	13,49	15,36	22,13	24,36	27,13	34,66	44,13				
323,8 x 10,0	77,40	98,60	11,13	12,49	13,58	14,66	16,98	19,38	28,19	30,68	34,36	43,66	55,66				
323,8 x 11,0	84,90	108,00	13,21	14,83	16,12	17,41	20,17	23,07	33,61	36,52	40,64	50,64	64,04				
323,8 x 12,5	96,00	122,00	16,63	18,67	20,29	21,92	25,43	29,20	42,34	46,52	51,88	62,52	77,88				
323,8 x 14,2	108,00	138,00	20,93	23,49	25,54	27,59	32,06	36,98	53,04	58,22	64,40	77,22	95,40				
323,8 x 16,0	121,00	155,00	25,95	29,13	31,68	34,24	39,87	46,19	65,27	71,33	78,50	93,33	113,50				
323,8 x 17,5	132,00	168,00	30,49	34,24	37,25	40,29	46,99	54,60	76,14	82,96	91,84	108,96	132,84				
323,8 x 20,0	150,00	191,00	38,81	43,59	47,45	51,37	60,08	70,02	95,65	104,70	115,48	137,40	166,48				
323,8 x 25,0	184,00	235,00	58,13	65,38	71,25	77,26	90,71	105,77	139,75	150,51	166,88	197,51	240,88				
355,6 x 8,8	75,30	95,90	8,56	9,56	10,36	11,16	12,86	14,57	18,29	20,36	22,64	28,13	35,87				
355,6 x 10,0	85,20	109,00	10,77	12,03	13,04	14,05	16,19	18,35	23,32	25,78	28,46	35,28	44,32				
355,6 x 11,0	93,50	119,00	12,79	14,29	15,48	16,68	19,23	21,80	27,99	30,80	33,81	41,68	51,80				
355,6 x 12,5	106,00	135,00	16,10	17,98	19,49	21,00	24,21	27,49	35,76	39,13	42,76	51,68	62,86				
355,6 x 14,2	120,00	152,00	20,25	22,62	24,52	26,42	30,48	34,68	45,59	49,55	53,94	64,41	77,91				
355,6 x 16,0	134,00	171,00	25,11	28,05	30,40	32,76	37,84	43,16	57,08	61,41	66,18	79,41	95,68				
355,6 x 17,5	146,00	186,00	29,50	32,97	35,74	38,52	44,53	50,90	67,45	72,20	77,48	92,40	1				

Cálculo do g para e=0															Ângulo	45°
Diagonais di																
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4	-13,8															
38,1	-9,1	-15,8														
42,2	-5,0	-11,7	-17,5													
48,3	1,1	-5,6	-11,4	-20,0												
60,3	13,1	6,4	0,6	-8,0	-25,0											
73	25,8	19,1	13,3	4,7	-12,3	-30,2										
88,9	41,7	35,0	29,2	20,6	3,6	-14,3	-36,8									
101,6	54,4	47,7	41,9	33,3	16,3	-1,6	-24,1	-42,1								
114,3	67,1	60,4	54,6	46,0	29,0	11,1	-11,4	-29,4	-47,3							
141,3	94,1	87,4	81,6	73,0	56,0	38,1	15,6	-2,4	-20,3	-58,5						
168,3	121,1	114,4	108,6	100,0	83,0	65,1	42,6	24,6	6,7	-31,5	-69,7					
219,1				150,8	133,8	115,9	93,4	75,4	57,5	19,3	-18,9	-90,8				
273					187,7	169,8	147,3	129,3	111,4	73,2	35,0	-36,9	-113,1			
323,8						220,6	198,1	180,1	162,2	124,0	85,8	13,9	-62,3	-134,1		
355,6						252,4	229,9	211,9	194,0	155,8	117,6	45,7	-30,5	-102,3	-147,3	

Ligação K - Valores de Fk																	Ângulo	45°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo	Peso		Diagonais Di															
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,83															
33,4 x 3,6	2,65	3,37	3,42															
38,1 x 3,2	2,75	3,51		2,98														
38,1 x 3,6	3,06	3,90		3,20	3,60													
42,2 x 3,6	3,36	4,29		3,80	4,27													
42,2 x 3,6	3,43	4,37		3,93	4,42	3,75												
42,2 x 4,0	3,77	4,80		3,60	4,05	4,44												
48,3 x 3,6	4,18	5,33		4,36	4,91	5,37												
48,3 x 3,6	4,59	5,84		5,20	5,84	6,39												
48,3 x 3,6	3,97	5,06		3,80	4,20	3,51	3,96											
48,3 x 4,0	4,37	5,57		3,55	3,75	4,25	4,68											
48,3 x 4,5	4,86	6,19		4,04	4,57	5,01	5,65											
60,3 x 3,6	5,34	6,80		4,82	5,43	5,95	6,70											
60,3 x 3,6	5,90	7,51		5,82	6,55	7,17	8,08											
60,3 x 3,6	6,53	8,31		7,11	7,97	8,72	9,82											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,33	2,74*	3,10	3,59	4,39											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,82	3,27*	3,67	4,21	5,16											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,47	3,98*	4,43	5,06	6,19											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	4,17	4,75*	5,26	5,98	7,31											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	5,08	5,75*	6,34	7,18	8,76											
73,0 x 3,6	8,39	10,70	6,23	7,02*	7,71	8,71	10,61											
73,0 x 4,0	9,32	11,90	7,67	8,60*	9,42	10,61	12,91											
73,0 x 4,5	10,30	13,10	9,44	10,55*	11,52	12,96	15,74											
73,0 x 4,5	11,20	14,20	11,14	12,43*	13,56	15,23	18,47											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,95	2,24	2,57	3,13	4,08	4,84										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,38	2,73	3,10	3,71	4,76	5,66										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,96	3,39	3,81	4,48	5,68	6,75										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,60	4,10	4,58	5,32	6,68	7,94										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	4,43	5,02	5,57	6,41	7,98	9,47										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,49	6,19	6,83	7,79	9,62	11,42										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	6,81	7,64	8,39	9,51	11,67	13,84										
73,0 x 7,1	12,80	16,30	8,44	9,43	10,31	11,63	14,19	16,81										
73,0 x 7,1	13,90	17,70	9,99	11,14	12,15	13,67	16,62	19,67										
73,0 x 7,1	15,50	19,80	12,53	13,93	15,16	17,00	20,60	24,34										
73,0 x 7,1	16,80	21,40	14,83	16,46	17,88	20,01	24,20	28,58										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,72	1,90	2,07	2,42	3,34	4,59	5,41									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,08	2,30	2,53	2,95	4,17	5,27	6,29									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,58	2,87	3,15	3,67	5,01	6,25	7,46									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	3,14	3,49	3,84	4,45	5,91	7,30	8,72									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,87	4,31	4,74	5,46	7,09	8,66	10,35									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	4,82	5,36	5,88	6,74	8,57	10,39	12,41									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	6,01	6,68	7,32	8,32	10,42	12,54	14,97									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	7,48	8,31	9,07	10,26	12,69	15,18	18,11									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	8,90	9,88	10,76	12,12	14,87	17,72	21,12									
88,9 x 8,8	19,50	24,80	11,23	12,43	13,51	15,15	18,43	21,86	26,03									
88,9 x 8,8	21,10	26,90	13,34	14,74	15,99	17,88	21,65	25,62	30,47									
88,9 x 8,8	23,60	30,00	16,78	18,51	20,04	22,34	26,92	31,75	37,72									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,94	2,13	2,29	2,57	3,45*	4,87	6,05	6,80								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,41	2,64	2,85	3,21	4,26*	5,78	7,14	8,03								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,91	3,20	3,46	3,91	5,14*	6,76	8,31	9,35								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,59	3,94	4,28	4,83	6,27*	8,03	9,82	11,05								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,45	4,90	5,32	6,02	7,69*	9,63	11,72	13,20								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	5,55	6,12	6,65	7,50	9,45*	11,63	14,08	15,86								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	6,92	7,63	8,28	9,33	11,60*	14,09	16,98	19,12								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	8,25	9,09	9,87	11,08	13,65*	16,45	19,75	22,25								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	10,43	11,49	12,45	13,93	17,00*	20,29	24,28	27,33								
101,6 x 10,0	24,60	31,30	12,41	13,66	14,79	16,51	20,02*	23,78	28,37	31,92								
101,6 x 10,0	27,50	35,00	15,66	17,22	18,60	20,70	24,94*	29,46	35,05	39,42								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,84	2,01	2,15	2,37	2,91	4,11*	5,81	6,61	7,32							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,28	2,48	2,66	2,94	3,65	5,01*	6,82	7,77	8,60							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,76	3,00	3,23	3,57	4,45	5,97*	7,91	9,01	9,98							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,39	3,69	3,97	4,41	5,50	7,21*	9,31	10,60	11,76							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	4,20	4,58	4,93	5,49	6,85	8,75*	11,09	12,61	13,99							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	5,22	5,71	6,15	6,86	8,52	10,67*	13,29	15,09	16,75							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	6,50	7,12	7,67	8,56	10,56	13,00*	15,99	18,13	20,13							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	7,74	8,48	9,15	10,21	12,52	15,24*	18,58	21,04	23,36							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	9,80	10,74	11,58	12,90	15,71	18,88*	22,81	25,77	28,61							

Ligação K - Valores de Fk														Ângulo	45°			
* Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso	Ao	Diagonais Di														
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0		28,00	35,70	11,67	12,79	13,79	15,34	18,57	22,17*	26,63	30,04	33,35						
<del>114,3 x 8,8</del>	<del>X</del>	31,40	40,00	14,75	16,16	17,41	19,32	23,24										
<del>114,3 x 7,1</del>	<del>X</del>	35,10	44,70	18,61	20,37	21,92	24,28	29,04	34,20*	40,65	45,71	50,70						
141,3 x 5,0		16,80	21,40	2,53	2,73	2,91	3,18	3,72	4,43	6,19*	8,10	9,39						11,35
141,3 x 5,6		18,70	23,90	3,10	3,35	3,57	3,90	4,59	5,50	7,53*	9,91	10,97						13,27
141,3 x 6,3		21,00	26,70	3,84	4,15	4,42	4,84	5,70	6,87	9,19*	11,29	12,91						15,68
141,3 x 7,1		23,50	29,90	4,76	5,15	5,49	6,02	7,12	8,60	11,23*	13,50	15,38						18,65
141,3 x 8,0		26,30	33,50	5,91	6,40	6,83	7,49	8,90	10,73	13,71*	16,19	18,35						22,26
141,3 x 8,8		28,80	36,60	7,03	7,62	8,13	8,93	10,63	12,78	16,08*	18,78	21,20						25,70
141,3 x 10,0		32,40	41,20	8,88	9,62	10,29	11,30	13,47	16,12	19,91*	23,56	26,82						31,29
141,3 x 11,0		35,30	45,00	10,57	11,46	12,26	13,48	16,05	19,12	23,37*	26,77	30,00						36,33
141,3 x 12,5		39,70	50,60	13,36	14,50	15,51	17,05	20,28	24,00	28,97*	32,55	36,80						44,51
141,3 x 14,2		44,50	56,70	16,88	18,32	19,60	21,55	25,56	30,06	35,95*	40,66	45,26						54,68
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>X</del>	49,40	63,00	21,01	22,80	24,38	26,78	31,67	37,08	44,03*	49,80	55,10						66,47
<del>141,3 x 18,0</del>	<del>X</del>	53,40	68,10	24,74	26,84	28,70	31,51	37,18	43,38	51,31*	57,67	63,97						77,09
168,3 x 5,0		20,10	25,70	2,38	2,56	2,71	2,94	3,39	3,89	4,63	5,81*	7,37	10,97					12,76
168,3 x 5,6		22,50	28,60	2,92	3,13	3,32	3,61	4,17	4,78	5,75	7,18*	8,94	12,73					14,82
168,3 x 6,3		25,20	32,10	3,61	3,87	4,11	4,46	5,16	5,93	7,19	8,91*	11,28	14,92					17,39
168,3 x 7,1		28,20	36,00	4,47	4,81	5,10	5,53	6,41	7,40	9,02	11,04*	13,55	17,61					20,56
168,3 x 8,0		31,60	40,30	5,55	5,96	6,33	6,87	7,97	9,24	11,30	13,62*	16,29	20,87					24,39
168,3 x 8,8		34,60	44,10	6,59	7,08	7,52	8,17	9,49	11,04	13,49	16,07*	18,92	23,98					28,05
168,3 x 10,0		39,00	49,70	8,30	8,93	9,48	10,31	12,02	14,01	17,06	20,03*	23,17	29,02					33,95
168,3 x 11,0		42,70	54,40	9,87	10,62	11,28	12,28	14,33	16,72	20,28	23,57*	26,99	33,55					39,26
168,3 x 12,5		48,00	61,20	12,46	13,41	14,26	15,53	18,15	21,18	25,50	29,31*	33,21	40,91					47,87
168,3 x 14,2		54,00	68,70	15,73	16,94	18,01	19,64	22,96	26,76	31,98	36,43*	40,93	50,06					58,54
168,3 x 16,0		60,10	76,60	19,57	21,08	22,42	24,45	28,59	33,24	39,46	44,65*	49,88	60,87					70,89
<del>168,3 x 18,0</del>	<del>X</del>	65,10	82,90	23,06	24,85	26,43	28,82	33,67	39,07	46,18	52,04*	57,91	70,21					82,00
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>X</del>	73,10	92,20	29,44	31,73	33,74	36,78	42,91	49,63	58,33	65,42*	72,55	87,53					102,12
219,1 x 6,3		33,10	42,10					4,02	4,58	5,17	5,91	6,53	7,28	11,09*	16,25			20,73
219,1 x 7,1		37,10	47,30					4,99	5,68	6,41	7,34	8,14	9,12	13,58*	18,98			24,25
219,1 x 8,0		41,60	53,10					6,19	7,04	7,95	9,13	10,16	11,45	16,57*	22,27			28,49
219,1 x 8,8		45,60	58,10					7,34	8,36	9,45	10,87	12,13	13,72	19,39*	25,80			32,51
219,1 x 10,0		51,60	65,70					9,25	10,54	11,92	13,75	15,41	17,47	23,92*	30,46			38,98
219,1 x 11,0		56,50	71,90					10,99	12,53	14,19	16,41	18,43	20,88	27,96*	35,00			44,77
219,1 x 12,5		63,70	81,10					13,85	15,80	17,94	20,80	23,40	26,46	34,48*	42,95			54,13
219,1 x 14,2		71,80	91,40					17,46	19,95	22,68	26,36	29,66	33,39	42,53*	54,48			65,68
219,1 x 16,0		80,10	102,00					21,71	24,83	28,27	32,88	36,95	41,41	51,82*	62,04			79,01
219,1 x 17,5		87,00	111,00					25,57	29,27	33,35	38,79	43,51	48,59	60,15*	71,54			90,95
219,1 x 20,0		98,20	125,00					32,66	37,42	42,64	49,54	55,40	61,55	75,21*	88,73			112,53
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>X</del>	120,00	152,00					49,15	56,32	64,11	74,21	82,55	91,10	109,64*	128,13			161,84
273,0 x 6,3		41,40	52,80					4,21	4,70	5,32	5,81	6,31	7,43	9,94*	13,20			24,45
273,0 x 7,1		46,60	59,30					5,22	5,83	6,60	7,21	7,83	9,28	12,53*	16,37			28,33
273,0 x 8,0		52,30	66,60					6,47	7,23	8,18	8,94	9,72	11,61	15,69*	20,16			32,99
273,0 x 8,8		57,30	73,00					7,68	8,58	9,71	10,62	11,55	13,90	18,70*	24,07			37,38
273,0 x 10,0		64,90	82,60					9,67	10,80	12,23	13,39	14,59	17,71	23,52*	30,45			44,42
273,0 x 11,0		71,10	90,60					11,48	12,83	14,54	15,93	17,39	21,23	27,82*	34,56			50,70
273,0 x 12,5		80,30	102,00					14,46	16,17	18,33	20,12	22,02	27,03	34,71*	43,78			60,80
273,0 x 14,2		90,60	115,00					18,21	20,37	23,14	25,44	27,91	34,31	43,17*	53,93			73,23
273,0 x 16,0		101,00	129,00					22,60	25,31	28,79	31,71	34,85	42,78	52,86*	64,61			87,51
273,0 x 17,5		110,00	140,00					26,60	29,81	33,95	37,44	41,17	50,40	61,50*	74,88			100,28
273,0 x 20,0		125,00	159,00					33,94	38,07	43,43	47,93	52,72	64,14	77,07*	93,00			123,28
273,0 x 25,0		153,00	195,00					51,06	57,36	65,51	72,29	79,36	95,41	112,44*	144,19			175,61
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>X</del>	180,00	229,00					71,31	80,13	91,46	100,78	110,36	131,51	153,36*	194,35			236,19
323,8 x 7,1		55,50	70,60					5,46	6,13	6,66	7,20	8,33	9,55	18,54*	22,98			32,34
323,8 x 8,0		62,30	79,40					6,77	7,60	8,26	8,92	10,34	11,91	22,18*	27,32			37,39
323,8 x 8,8		68,40	87,10					8,04	9,02	9,81	10,59	12,29	14,23	25,58*	31,39			42,13
323,8 x 10,0		77,40	98,60					10,12	11,36	12,35	13,34	15,51	18,11	30,99*	37,87			49,69
323,8 x 11,0		84,90	108,00					12,01	13,48	14,66	15,85	18,46	21,70	35,79*	43,62			56,41
323,8 x 12,5		96,00	122,00					15,12	16,98	18,47	19,98	23,36	27,67	43,48*	52,83			67,19
323,8 x 14,2		108,00	138,00					19,03	21,38	23,27	25,19	29,59	35,23	52,92*	63,12			80,40
323,8 x 16,0		121,00	155,00					23,61	26,54	28,91	31,34	36,96	44,09	63,75*	76,05			95,54
323,8 x 17,5		132,00	168,00					27,77	31,23	34,05	36,95	43,69	52,08	73,43*	87,59			109,04
323,8 x 20,0		150,00	191,00					35,39	39,84	43,49	47,26	56,03	66,56	90,84*	114,37			133,30
323,8 x 25,0		184,00	235,00					53,17	59,98	65,58	71,37	84,64	99,54	130,46*	164,59			188,30
355,6 x 8,8		75,30	95,90					7,78	8,69	9,42	10,15	11,70	13,30	19,29	23,50			45,18
355,6 x 10,0		85,20	109,00					9,79	10,94	11,86	12,77	14,74	16,80	24,61	29,01			53,07
355,6 x 11,0		93,50	119,00					11,63	12,99	14,08	15,17	17,51	20,02	29,38	34,00			60,06
355,6 x 12,5		106,00	135,00					14,63	16,35	17,72	19,10	22,09	25,38	37,04	43,68			71,25
355,6 x 14,2		120,00	152,00					18,41	20,58	22,31	24,06	27,88	32,22	46,41	55,33			84,95
355,6 x 16,0		134,00	171,00					22,83	25,52	27,69	29,87	34,72	40,31	57,10	68,55			100,60
355,6 x 17,5		146,00	186,00					26,84	30,02	32,57	35,17	40,96	47,69	66,59	80,47			114,54
355,6 x 20,0		166,00	211,00					34,18	38,24	41,54	44,90	52,46	61,23	83,58	100,13			139,56
355,6 x 25,0		204,00	260,00					51,26	57,45	62,50	67,67	79,37	92,53	121,89	145,87			196,16





Ligação K - Valores de Fk														Ângulo	50°			
* Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di														
				33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0		28,00	35,70	10,97	12,05	13,01	14,49	17,50	<del>20,75</del>	<del>24,73</del>	<del>27,81</del>	<del>30,82</del>						
<del>114,3 x 13,0</del>	<del>X</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	<del>13,84</del>	<del>15,17</del>	<del>16,36</del>	<del>18,16</del>	<del>21,79</del>	<del>26,67</del>	<del>30,48</del>	<del>34,25</del>	<del>37,95</del>						
<del>114,3 x 14,0</del>	<del>X</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	<del>17,42</del>	<del>19,07</del>	<del>20,52</del>	<del>22,72</del>	<del>27,12</del>	<del>31,82</del>	<del>37,67</del>	<del>42,28</del>	<del>46,85</del>						
141,3 x 5,0		16,80	21,40	2,34	2,53	2,70	2,95	3,54	4,53	6,91	7,80	8,74	10,48					
141,3 x 5,6		18,70	23,90	2,87	3,11	3,32	3,64	4,39	5,58	7,09	8,11	10,21	12,25					
141,3 x 6,3		21,00	26,70	3,55	3,85	4,11	4,53	5,48	6,91	9,18	10,76	12,05	14,48					
141,3 x 7,1		23,50	29,90	4,42	4,79	5,13	5,66	6,86	8,55	11,02	12,79	14,31	17,22					
141,3 x 8,0		26,30	33,50	5,50	5,97	6,40	7,06	8,57	10,53	13,27	15,28	17,08	20,56					
141,3 x 8,8		28,80	36,60	6,55	7,12	7,63	8,44	10,21	12,43	15,42	17,66	19,72	23,74					
141,3 x 10,0		32,40	41,20	8,29	9,02	9,67	10,69	12,89	15,50	18,92	21,51	24,00	28,91					
141,3 x 11,0		35,30	45,00	9,89	10,76	11,54	12,74	15,30	18,25	22,08	25,04	27,86	33,56					
141,3 x 12,5		39,70	50,60	12,51	13,61	14,59	16,10	19,22	22,73	27,22	30,73	34,15	41,12					
141,3 x 14,2		44,50	56,70	15,81	17,19	18,42	20,28	24,09	28,29	33,62	37,84	41,97	50,52					
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>X</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>19,66</del>	<del>21,36</del>	<del>22,86</del>	<del>25,13</del>	<del>29,73</del>	<del>34,73</del>	<del>41,06</del>	<del>46,09</del>	<del>51,06</del>	<del>61,42</del>					
<del>141,3 x 18,0</del>	<del>X</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>23,13</del>	<del>25,11</del>	<del>26,86</del>	<del>29,50</del>	<del>34,80</del>	<del>40,52</del>	<del>47,76</del>	<del>53,53</del>	<del>59,25</del>	<del>71,23</del>					
168,3 x 5,0		20,10	25,70	2,20	2,36	2,50	2,72	3,15	3,67	4,81	6,57*	8,19	10,16	11,78				
168,3 x 5,6		22,50	28,60	2,69	2,89	3,07	3,33	3,87	4,54	5,96	7,81*	9,91	11,79	13,68				
168,3 x 6,3		25,20	32,10	3,33	3,58	3,80	4,13	4,81	5,68	7,40	9,37*	11,18	13,83	16,06				
168,3 x 7,1		28,20	36,00	4,13	4,45	4,72	5,14	6,01	7,12	9,17	11,28*	13,23	16,53	18,98				
168,3 x 8,0		31,60	40,30	5,13	5,52	5,87	6,39	7,50	8,92	11,32	13,61*	15,74	19,37	22,53				
168,3 x 8,8		34,60	44,10	6,10	6,57	6,99	7,62	8,97	10,66	13,37	15,82*	18,14	22,26	25,90				
168,3 x 10,0		39,00	49,70	7,71	8,31	8,84	9,65	11,38	13,50	16,67	19,40*	22,02	26,93	31,36				
168,3 x 11,0		42,70	54,40	9,18	9,90	10,54	11,52	13,59	16,07	19,63	22,63*	25,53	31,13	36,27				
168,3 x 12,5		48,00	61,20	11,61	12,53	13,35	14,59	17,20	20,24	24,41	27,86*	31,24	37,95	44,22				
168,3 x 14,2		54,00	68,70	14,69	15,85	16,88	18,46	21,72	25,42	30,35	34,37*	39,34	46,41	54,09				
168,3 x 16,0		60,10	76,60	18,29	19,74	21,02	22,98	26,97	31,41	37,21	41,91*	46,98	56,22	65,51				
<del>168,3 x 18,0</del>	<del>X</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>21,55</del>	<del>23,26</del>	<del>24,77</del>	<del>27,05</del>	<del>31,68</del>	<del>36,78</del>	<del>43,37</del>	<del>48,69</del>	<del>54,00</del>	<del>65,04</del>	<del>75,77</del>				
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>X</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	<del>27,50</del>	<del>29,67</del>	<del>31,57</del>	<del>34,45</del>	<del>40,22</del>	<del>46,50</del>	<del>54,53</del>	<del>61,00*</del>	<del>67,46</del>	<del>81,04</del>	<del>94,36</del>				
219,1 x 6,3		33,10	42,10				3,71	4,23	4,78	5,52	6,26	7,47	12,22	15,27	19,14			
219,1 x 7,1		37,10	47,30				4,61	5,25	5,94	6,89	7,87	9,39	14,40	17,83	22,38			
219,1 x 8,0		41,60	53,10				5,71	6,52	7,39	8,61	9,89	11,73	17,04	20,97	26,30			
219,1 x 8,8		45,60	58,10				6,79	7,75	8,81	10,31	11,85	13,96	19,55	23,84	30,02			
219,1 x 10,0		51,60	65,70				8,56	9,79	11,15	13,11	15,08	17,56	23,61	28,55	36,00			
219,1 x 11,0		56,50	71,90				10,19	11,66	13,31	15,69	18,00	20,77	27,27	32,77	41,35			
219,1 x 12,5		63,70	81,10				12,87	14,76	16,89	19,92	22,75	25,96	33,19	39,00	50,00			
219,1 x 14,2		71,80	91,40				16,26	18,68	21,41	25,21	28,63	32,35	40,53	48,06	60,68			
219,1 x 16,0		80,10	102,00				20,26	23,30	26,71	31,36	35,41	39,71	49,02	57,82	72,99			
219,1 x 17,5		87,00	111,00				23,90	27,49	31,50	36,88	41,49	46,29	56,66	66,60	84,03			
219,1 x 20,0		98,20	125,00				30,56	35,14	40,20	46,87	52,44	58,17	70,48	82,48	103,98			
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>X</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				45,97	52,77	60,15	69,65	77,42	85,29	102,15	120,86	149,54			
273,0 x 6,3		41,40	52,80				3,88	4,34	4,91	5,37	5,86	7,43	12,54	16,75	22,57			
273,0 x 7,1		46,60	59,30				4,82	5,38	6,09	6,67	7,30	9,40	14,91	19,71	26,15			
273,0 x 8,0		52,30	66,60				5,97	6,68	7,56	8,30	9,11	11,85	17,75	23,26	30,45			
273,0 x 8,8		57,30	73,00				7,09	7,93	8,99	9,89	10,88	14,22	20,43	26,00	34,51			
273,0 x 10,0		64,90	82,60				8,93	9,99	11,36	12,52	13,85	18,07	24,73	31,95	41,01			
273,0 x 11,0		71,10	90,50				10,61	11,88	13,53	14,95	16,58	21,53	28,56	36,72	46,81			
273,0 x 12,5		80,30	102,00				13,39	15,01	17,13	18,99	21,11	27,11	34,73	46,38	56,14			
273,0 x 14,2		90,60	115,00				16,89	18,96	21,71	24,11	26,81	33,98	42,55	55,81	67,63			
273,0 x 16,0		101,00	129,00				21,01	23,63	27,10	30,13	33,47	41,85	51,13	66,66	80,83			
273,0 x 17,5		110,00	140,00				24,77	27,88	32,01	35,58	39,48	48,87	59,99	76,36	92,63			
273,0 x 20,0		125,00	159,00				31,68	35,69	41,00	45,52	50,34	61,50	74,19	93,88	113,89			
273,0 x 25,0		153,00	195,00				47,78	53,84	61,73	68,30	75,10	90,18	109,53	133,82	162,27			
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>X</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				66,72	75,10	85,87	94,69	103,70	123,31	143,19	180,16	218,24			
323,8 x 7,1		55,50	70,60				5,04	5,66	6,15	6,65	7,75	9,52	20,69	26,86	29,85			
323,8 x 8,0		62,30	79,40				6,25	7,02	7,63	8,25	9,67	12,05	23,88	29,89	34,51			
323,8 x 8,8		68,40	87,10				7,42	8,33	9,06	9,80	11,55	14,53	26,69	33,67	38,99			
323,8 x 10,0		77,40	98,60				9,34	10,49	11,42	12,37	14,69	18,58	34,73	43,70	45,87			
323,8 x 11,0		84,90	108,00				11,10	12,47	13,58	14,73	17,59	22,25	36,04	45,04	52,08			
323,8 x 12,5		96,00	122,00				13,98	15,72	17,15	18,65	22,42	28,20	43,00	52,61	62,03			
323,8 x 14,2		108,00	138,00				17,62	19,84	21,68	23,63	28,55	35,52	52,57	64,11	74,24			
323,8 x 16,0		121,00	155,00				21,89	24,69	27,03	29,51	35,73	43,91	64,44	76,12	88,23			
323,8 x 17,5		132,00	168,00				25,79	29,12	31,91	34,89	42,21	51,38	70,28	86,84	100,70			
323,8 x 20,0		150,00	191,00				32,94	37,27	40,90	44,74	53,97	64,78	86,23	106,10	123,13			
323,8 x 25,0		184,00	235,00				49,70	56,31	61,82	67,58	80,76	95,06	122,59	149,84	173,97			
355,6 x 8,8		75,30	95,90				7,18	8,02	8,70	9,37	10,85	12,67	23,51	33,52	38,53	41,71		
355,6 x 10,0		85,20	109,00				9,04	10,10	10,95	11,81	13,72	16,19	28,37	39,08	45,26	48,99		
355,6 x 11,0		93,50	119,00				10,73	12,00	13,01	14,04	16,36	19,45	32,58	44,17	51,22	55,45		
355,6 x 12,5		106,00	135,00				13,52	15,11	16,40	17,71	20,75	24,85	39,40	52,31	60,75	65,78		
355,6 x 14,2		120,00	152,00				17,02	19,04	20,68	22,38	26,36	31,68	47,75	62,27	72,41	78,43		
355,6 x 16,0		134,00	171,00				21,12	23,66	25,73	27,88	32,99	39,63	57,37	73,66	85,73	92,89		
355,6 x 17,5		146,00	186,00				24,86	27,87	30,34	32,91	39,04	46,79	65,66	82,81	97,59	105,78		
355,6 x 20,0		166,00	211,00				31,72	35,60	38,82	42,18	50,12	59,69	84,77</					

Cálculo do g para e=0														Ângulo	55°	
Diagonais di																
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4	-17,4															
38,1	-14,1	-19,8														
42,2	-11,2	-17,0	-22,0													
48,3	-7,0	-12,7	-17,7	-25,1												
60,3	1,4	-4,3	-9,3	-16,7	-31,4											
73	10,3	4,6	-0,4	-7,8	-22,5	-38,0										
88,9	21,5	15,7	10,7	3,3	-11,4	-26,9	-46,3									
101,6	30,4	24,6	19,6	12,2	-2,5	-18,0	-37,4	-52,9								
114,3	39,3	33,5	28,5	21,1	6,4	-9,1	-28,5	-44,0	-59,5							
141,3	58,2	52,4	47,4	40,0	25,3	9,8	-9,6	-25,1	-40,6	-73,6						
168,3	77,1	71,3	66,3	58,9	44,2	28,7	9,3	-6,2	-21,7	-54,7	-87,6					
219,1				94,5	79,8	64,3	44,9	29,4	13,9	-19,1	-52,0	-114,1				
273					117,5	102,0	82,6	67,1	51,6	18,7	-14,3	-76,3	-142,1			
323,8						137,6	118,2	102,7	87,2	54,2	21,3	-40,7	-106,5	-168,6		
355,6							159,9	140,5	125,0	109,5	76,5	43,5	-18,5	-84,3	-146,3	-185,1

Ligação K - Valores de Fk																Ângulo	55°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,45														
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	<del>2,96</del>														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,30	2,58													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,78	3,11													
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	<del>3,30</del>	<del>3,69</del>													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,65	2,97	3,24												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,14	3,51	3,84												
<del>42,2 x 4,4</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	<del>3,80</del>	<del>4,25</del>	<del>4,65</del>												
<del>42,2 x 4,8</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	<del>4,52</del>	<del>5,06</del>	<del>5,53</del>												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,49	2,79	3,05	3,43											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,94	3,30	3,60	4,05											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,55	3,98	4,35	4,89											
<del>48,3 x 5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	<del>4,22</del>	<del>4,73</del>	<del>5,16</del>	<del>5,80</del>											
<del>48,3 x 5,6</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	<del>5,09</del>	<del>5,69</del>	<del>6,22</del>	<del>6,98</del>											
<del>48,3 x 6,3</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	<del>6,20</del>	<del>6,93</del>	<del>7,56</del>	<del>8,49</del>											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,22	2,55	2,78	3,14	3,79										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,63	2,98	3,27	3,68	4,46										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,18	3,58	3,93	4,42	5,35										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,77	4,24	4,64	5,22	6,32										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,55	5,10	5,57	6,26	7,58										
<del>60,3 x 6,3</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	<del>5,55</del>	<del>6,19</del>	<del>6,75</del>	<del>7,58</del>	<del>9,17</del>										
<del>60,3 x 7,1</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	<del>6,77</del>	<del>7,55</del>	<del>8,22</del>	<del>9,22</del>	<del>11,17</del>										
<del>60,3 x 8,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	<del>8,28</del>	<del>9,27</del>	<del>10,04</del>	<del>11,25</del>	<del>13,61</del>										
<del>60,3 x 9,0</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	<del>9,75</del>	<del>10,84</del>	<del>11,79</del>	<del>13,21</del>	<del>15,97</del>										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,92	2,25	2,55	2,91	3,55	4,18									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,31	2,67	2,98	3,40	4,15	4,89									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,82	3,23	3,57	4,07	4,95	5,84									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,38	3,85	4,22	4,79	5,82	6,86									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	4,09	4,61	5,06	5,72	6,95	8,19									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,00	5,61	6,13	6,90	8,37	9,87									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	6,13	6,84	7,47	8,38	10,15	11,97									
<del>73,0 x 8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	<del>7,52</del>	<del>8,27</del>	<del>9,11</del>	<del>10,20</del>	<del>12,33</del>	<del>14,54</del>									
<del>73,0 x 9,0</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	<del>8,85</del>	<del>9,65</del>	<del>10,69</del>	<del>11,96</del>	<del>14,43</del>	<del>17,01</del>									
<del>73,0 x 10,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	<del>11,03</del>	<del>12,23</del>	<del>13,27</del>	<del>14,82</del>	<del>17,86</del>	<del>21,05</del>									
<del>73,0 x 11,0</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	<del>13,01</del>	<del>14,40</del>	<del>15,61</del>	<del>17,42</del>	<del>20,97</del>	<del>24,71</del>									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,59	1,85	2,13	2,55	3,24	3,96	4,68								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,94	2,24	2,55	3,04	3,88	4,59	5,43								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,41	2,77	3,12	3,65	4,60	5,45	6,45								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,93	3,34	3,72	4,31	5,37	6,37	7,54								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,60	4,07	4,50	5,16	6,38	7,56	8,95								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	4,45	5,00	5,49	6,24	7,66	9,06	10,73								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	5,50	6,14	6,72	7,58	9,24	10,92	12,95								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	6,78	7,54	8,22	9,23	11,20	13,21	15,66								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	8,01	8,89	9,66	10,82	13,07	15,41	18,26								
<del>88,9 x 9,6</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	<del>10,02</del>	<del>11,08</del>	<del>12,01</del>	<del>13,40</del>	<del>16,14</del>	<del>18,99</del>	<del>22,51</del>								
<del>88,9 x 10,4</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	<del>11,83</del>	<del>13,06</del>	<del>14,13</del>	<del>15,75</del>	<del>18,91</del>	<del>22,24</del>	<del>26,35</del>								
<del>88,9 x 11,2</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	<del>14,78</del>	<del>16,29</del>	<del>17,61</del>	<del>19,57</del>	<del>23,45</del>	<del>27,54</del>	<del>32,62</del>								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,74	1,96	2,20	2,65	3,63	4,45	5,24	5,87							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,17	2,45	2,74	3,25	4,31	5,22	6,19	6,93							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,65	2,99	3,32	3,89	5,04	6,07	7,21	8,08							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,27	3,68	4,07	4,71	5,98	7,18	8,52	9,55							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,07	4,56	5,02	5,74	7,17	8,57	10,18	11,41							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	5,07	5,65	6,19	7,02	8,66	10,30	12,23	13,71							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	6,29	6,99	7,62	8,58	10,48	12,42	14,74	16,53							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	7,47	8,27	8,99	10,07	12,23	14,46	17,14	19,24							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	9,37	10,35	11,21	12,51	15,09	17,77	21,06	23,63							
<del>101,6 x 11,2</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	<del>11,10</del>	<del>12,22</del>	<del>13,22</del>	<del>14,71</del>	<del>17,67</del>	<del>20,78</del>	<del>24,60</del>	<del>27,61</del>							
<del>101,6 x 12,4</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	<del>13,90</del>	<del>15,28</del>	<del>16,49</del>	<del>18,30</del>	<del>21,90</del>	<del>26,09</del>	<del>30,38</del>	<del>34,09</del>							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,61	1,78	1,95	2,28	3,26	4,25	5,11	5,72	6,32						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,01	2,23	2,45	2,85	3,92	5,00	6,00	6,72	7,43						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,45	2,72	2,99	3,46	4,63	5,86	6,96	7,80	8,62						
114,3 x 5,6																	

Ligação K - Valores de Fk														Ângulo	55°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
114,3 x 11,0	28,00	35,70	10,48	11,52	12,44	13,84	<del>16,64</del>	<del>19,60</del>	23,22	26,05	28,84					
<del>114,3 x 8,8</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	<del>13,17</del>	<del>14,44</del>	<del>15,56</del>	<del>17,25</del>	<del>20,62</del>	<del>24,19</del>	<del>28,61</del>	<del>32,09</del>	<del>35,52</del>					
<del>114,3 x 7,1</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	<del>16,51</del>	<del>18,07</del>	<del>19,44</del>	<del>21,50</del>	<del>25,59</del>	<del>29,93</del>	<del>35,34</del>	<del>39,61</del>	<del>43,85</del>					
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,20	2,39	2,56	2,84	3,61	4,90*	6,49	7,40	8,20	9,80				
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,70	2,94	3,16	3,52	4,47	5,87*	7,88	8,64	9,58	11,46				
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,36	3,66	3,94	4,40	5,54	7,09*	9,56	10,20	11,31	13,54				
141,3 x 7,1	23,50	29,90	4,19	4,58	4,93	5,51	6,88	8,59*	11,68	12,12	13,44	16,11				
141,3 x 8,0	26,30	33,50	5,24	5,72	6,17	6,88	8,50	10,42*	13,77	14,16	16,04	19,23				
141,3 x 8,8	28,80	36,60	6,25	6,83	7,36	8,20	10,04	12,16*	14,77	16,70	18,52	22,22				
141,3 x 10,0	32,40	41,20	7,93	8,66	9,32	10,35	12,54	14,99*	18,03	20,35	22,54	27,05				
141,3 x 11,0	35,30	45,00	9,45	10,31	11,09	12,29	14,79	17,54*	20,97	23,61	26,16	31,41				
141,3 x 12,5	39,70	50,60	11,94	13,02	13,98	15,44	18,44	21,70*	25,76	28,94	32,05	38,49				
141,3 x 14,2	44,50	56,70	15,06	16,39	17,57	19,36	22,96	26,86*	31,74	35,59	39,38	47,29				
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>18,67</del>	<del>20,29</del>	<del>21,73</del>	<del>23,89</del>	<del>28,21</del>	<del>32,85</del>	<del>38,68</del>	<del>43,55</del>	<del>47,89</del>	<del>57,49</del>				
<del>141,3 x 18,0</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>21,93</del>	<del>23,81</del>	<del>25,47</del>	<del>27,96</del>	<del>32,93</del>	<del>38,25*</del>	<del>44,94</del>	<del>50,26</del>	<del>55,55</del>	<del>66,67</del>				
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,06	2,21	2,35	2,56	3,02	3,76	5,50*	6,93	7,91	9,51	11,02			
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,52	2,72	2,89	3,15	3,74	4,67	6,56*	8,06	9,18	11,04	12,80			
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,13	3,37	3,58	3,92	4,68	5,82	7,87*	9,48	10,75	12,96	15,02			
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,89	4,19	4,47	4,90	5,87	7,26	9,49*	11,23	12,69	15,31	17,75			
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,84	5,23	5,58	6,12	7,35	9,00	11,46*	13,36	15,05	18,16	21,07			
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,77	6,24	6,66	7,32	8,78	10,66	13,33*	15,41	17,30	20,87	24,23			
168,3 x 10,0	39,00	49,70	7,31	7,91	8,45	9,29	11,12	13,34	16,36*	18,73	20,94	25,26	29,34			
168,3 x 11,0	42,70	54,40	8,73	9,44	10,09	11,09	13,23	15,74	19,08*	21,72	24,23	29,20	33,94			
168,3 x 12,5	48,00	61,20	11,05	11,96	12,78	14,03	16,65	19,63	23,51*	26,58	29,57	35,60	41,38			
168,3 x 14,2	54,00	68,70	13,98	15,13	16,14	17,70	20,89	24,44	29,01*	32,64	36,21	43,53	50,62			
168,3 x 16,0	60,10	76,60	17,40	18,81	20,06	21,95	25,79	30,00	35,38*	39,67	44,91	52,72	61,31			
<del>168,3 x 18,0</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>20,48</del>	<del>22,13</del>	<del>23,58</del>	<del>25,77</del>	<del>30,20</del>	<del>35,00</del>	<del>41,11*</del>	<del>46,00</del>	<del>50,85</del>	<del>60,98</del>	<del>70,92</del>			
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>92,20</del>	<del>26,08</del>	<del>28,14</del>	<del>29,96</del>	<del>32,69</del>	<del>38,16</del>	<del>44,05</del>	<del>51,51*</del>	<del>57,48</del>	<del>63,43</del>	<del>75,96</del>	<del>88,32</del>			
219,1 x 6,3	33,10	42,10	3,48	3,97	4,53	5,46	6,71	8,62*	10,42*	12,20	14,34	17,90				
219,1 x 7,1	37,10	47,30	4,32	4,94	5,67	6,88	8,38	10,42*	12,59*	14,25	16,76	20,93				
219,1 x 8,0	41,60	53,10	5,37	6,16	7,10	8,64	10,41	12,59*	16,72	19,68	24,60					
219,1 x 8,8	45,60	58,10	6,39	7,35	8,50	10,34	12,33	14,63*	19,07	22,44	28,07					
219,1 x 10,0	51,60	65,70	8,09	9,33	10,82	13,12	15,41	17,92*	22,87	26,89	33,67					
219,1 x 11,0	56,50	71,90	9,65	11,15	12,94	15,62	18,16	20,87*	26,27	30,86	38,68					
219,1 x 12,5	63,70	81,10	12,23	14,16	16,42	19,68	22,59	25,63*	31,80	37,29	46,77					
219,1 x 14,2	71,80	91,40	15,50	17,95	20,77	24,68	28,05	31,51*	38,65	45,23	56,77					
219,1 x 16,0	80,10	102,00	19,33	22,37	25,81	30,44	34,34	38,30*	46,58	54,39	68,30					
219,1 x 17,5	87,00	111,00	22,80	26,36	30,33	35,60	39,97	44,40*	53,70	62,62	78,64					
219,1 x 20,0	98,20	125,00	29,13	33,59	38,51	44,90	50,14	55,43*	66,01	77,50	97,32					
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>	<del>43,64</del>	<del>50,13</del>	<del>57,15</del>	<del>66,11</del>	<del>73,36</del>	<del>80,66*</del>	<del>96,18</del>	<del>111,56</del>	<del>139,97</del>					
273,0 x 6,3	41,40	52,80	3,63	4,06	4,61	5,10	5,75	9,17*	10,68	11,56	13,56	16,10	21,10			
273,0 x 7,1	46,60	59,30	4,51	5,04	5,75	6,39	7,26	11,17*	12,82	13,82	16,16	20,34	24,45			
273,0 x 8,0	52,30	66,60	5,59	6,27	7,16	8,01	9,15	13,56*	15,41	16,51	19,28	23,68	28,48			
273,0 x 8,8	57,30	73,00	6,65	7,46	8,56	9,61	11,00	15,81*	17,86	19,06	22,82	28,27	32,27			
273,0 x 10,0	64,90	82,60	8,39	9,44	10,88	12,26	14,04	19,39*	21,80	23,16	28,36	33,36	38,36			
273,0 x 11,0	71,10	90,50	9,99	11,26	13,02	14,70	16,78	22,58*	25,33	26,34	32,54	37,78	43,78			
273,0 x 12,5	80,30	102,00	12,65	14,28	16,57	18,71	21,24	27,69*	30,94	32,14	39,55	45,52	52,52			
273,0 x 14,2	90,60	115,00	16,01	18,12	21,05	23,72	26,74	33,98*	38,10	40,43	49,33	57,37	65,37			
273,0 x 16,0	101,00	129,00	19,98	22,64	26,29	29,53	33,06	41,21*	46,24	49,62	60,62	70,62	81,62			
273,0 x 17,5	110,00	140,00	23,60	26,75	31,02	34,73	38,71	47,68*	53,55	57,74	70,67	81,67	94,67			
273,0 x 20,0	125,00	159,00	30,23	34,24	39,58	44,12	48,86	59,35*	66,76	72,58	88,17	106,58				
273,0 x 25,0	153,00	195,00	45,54	51,45	59,11	65,44	71,91	85,93*	95,96	105,61	125,61	151,87				
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>	<del>63,39</del>	<del>71,42</del>	<del>81,69</del>	<del>90,05</del>	<del>98,52</del>	<del>116,75*</del>	<del>135,04</del>	<del>149,00</del>	<del>169,00</del>	<del>204,26</del>				
323,8 x 7,1	55,50	70,60	4,72	5,30	5,77	6,26	7,75	11,99*	13,75*	14,95	17,95	21,92	27,92			
323,8 x 8,0	62,30	79,40	5,85	6,57	7,17	7,81	9,81	14,61*	16,61	17,91	21,91	27,91	32,27			
323,8 x 8,8	68,40	87,10	6,95	7,81	8,54	9,33	11,82	17,06*	19,06	20,46	24,96	30,96	36,37			
323,8 x 10,0	77,40	98,60	8,76	9,87	10,81	11,87	15,13	20,94*	23,65	25,15	30,65	37,16	42,90			
323,8 x 11,0	84,90	108,00	10,41	11,76	12,91	14,21	18,14	24,37*	27,37	28,97	35,47	42,18	48,71			
323,8 x 12,5	96,00	122,00	13,15	14,89	16,40	18,12	23,02	29,85*	33,17	34,97	42,92	50,22	58,02			
323,8 x 14,2	108,00	138,00	16,63	18,88	20,85	23,07	29,04	36,56*	41,45	43,55	53,08	62,44	72,44			
323,8 x 16,0	121,00	155,00	20,74	23,60	26,10	28,87	35,94	44,24*	50,72	53,92	65,37	77,37	88,53			
323,8 x 17,5	132,00	168,00	24,49	27,90	30,86	34,11	42,09	51,09*	58,01	62,11	75,61	89,61	102,21			
323,8 x 20,0	150,00	191,00	31,38	35,79	39,56	43,61	53,13	63,41*	71,95	76,65	92,65	110,20				
323,8 x 25,0	184,00	235,00	47,44	54,02	59,52	65,25	78,08	91,39*	105,97	113,57	140,54	162,80				
355,6 x 8,8	75,30	95,90	6,72	7,51	8,15	8,82	10,51	13,87	15,73*	16,93	20,63	24,92	29,92			
355,6 x 10,0	85,20	109,00	8,46	9,47	10,29	11,16	13,44	17,66	19,60*	2						

Cálculo do g para e=0																Ângulo	60°
Diagonais di																	
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6		
33,4	-19,3																
38,1	-16,6	-22,0															
42,2	-14,2	-19,6	-24,4														
48,3	-10,7	-16,1	-20,8	-27,9													
60,3	-3,8	-9,2	-13,9	-21,0	-34,8												
73	3,6	-1,8	-6,6	-13,6	-27,5	-42,1											
88,9	12,8	7,3	2,6	-4,4	-18,3	-33,0	-51,3										
101,6	20,1	14,7	9,9	2,9	-11,0	-25,6	-44,0	-58,7									
114,3	27,4	22,0	17,3	10,2	-3,6	-18,3	-36,7	-51,3	-66,0								
141,3	43,0	37,6	32,9	25,8	12,0	-2,7	-21,1	-35,7	-50,4	-81,6							
168,3	58,6	53,2	48,4	41,4	27,5	12,9	-5,5	-20,1	-34,8	-66,0	-97,2						
219,1				70,7	56,9	42,2	23,8	9,2	-5,5	-36,7	-67,8	-126,5					
273					88,0	73,3	55,0	40,3	25,6	-5,5	-36,7	-95,4	-157,6				
323,8						102,7	84,3	69,6	55,0	23,8	-7,4	-66,0	-128,3	-186,9			
355,6						121,0	102,7	88,0	73,3	42,1	11,0	-47,7	-109,9	-168,6	-205,3		

Ligação K - Valores de Fk																Ângulo	60°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortados não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,31														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,80														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,18	2,44													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,63	2,94													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,51	2,81	3,07												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,97	3,33	3,65												
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,60	4,03	4,40												
48,3 x 4,0	4,59	5,84	4,28	4,79	5,23												
48,3 x 4,5	5,34	6,80	4,01	4,48	4,89	5,49											
60,3 x 3,6	5,90	7,51	4,83	5,40	5,89	6,61											
60,3 x 4,0	6,53	8,31	5,88	6,57	7,16	8,04											
60,3 x 4,5	8,39	10,70	5,28	5,89	6,41	7,18	8,68										
60,3 x 5,0	9,32	11,90	6,45	7,17	7,81	8,74	10,57										
60,3 x 5,6	10,30	13,10	7,88	8,76	9,53	10,66	12,89										
60,3 x 6,3	11,20	14,20	9,26	10,29	11,19	12,52	15,12										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	4,95	5,24	5,47	5,79	6,37	3,96									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	5,31	5,62	5,89	6,26	6,93	4,62									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	5,79	6,15	6,45	6,89	7,40	5,52									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	6,30	6,71	7,06	7,57	8,16	6,49									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	6,98	7,45	7,86	8,45	9,14	7,75									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	7,83	8,39	8,87	9,58	10,44	9,34									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	8,89	9,55	10,13	10,98	11,99	11,33									
73,0 x 8,0	12,80	16,30	10,20	10,99	11,66	12,52	13,59	13,76									
73,0 x 9,0	13,90	17,70	11,85	12,77	13,56	14,57	15,74	16,10									
73,0 x 10,0	15,50	19,80	13,81	14,93	15,91	17,12	18,52	19,93									
73,0 x 11,0	16,80	21,40	15,37	16,68	17,83	19,23	20,87	23,39									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	5,66	6,06	6,40	6,79	7,34	4,42									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	6,00	6,42	6,76	7,17	7,76	5,14									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	6,56	7,01	7,36	7,84	8,47	6,10									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	7,24	7,73	8,09	8,61	9,28	7,13									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	8,00	8,54	8,93	9,48	10,21	8,47									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	8,96	9,55	10,06	10,73	11,57	10,15									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	10,13	10,82	11,44	12,19	13,09	12,25									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	11,59	12,39	13,12	13,99	15,00	14,82									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	13,13	13,98	14,73	15,64	16,74	17,29									
88,9 x 10,0	19,50	24,80	15,00	15,96	16,83	17,86	19,07	21,30									
88,9 x 11,0	21,10	26,90	17,13	18,17	19,14	20,27	21,56	24,94									
88,9 x 12,0	23,60	30,00	19,50	20,68	21,73	23,00	24,44	30,87									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	6,77	7,19	7,56	8,00	8,57	5,55									
101,6 x 4,5	10,80	13,70	7,36	7,83	8,21	8,71	9,34	6,56									
101,6 x 5,0	11,90	15,20	8,00	8,52	8,94	9,48	10,16	7,64									
101,6 x 5,6	13,30	16,90	8,88	9,45	9,93	10,55	11,24	9,04									
101,6 x 6,3	14,80	18,90	9,90	10,52	11,09	11,74	12,49	10,80									
101,6 x 7,1	16,50	21,10	11,16	11,83	12,47	13,19	14,00	12,98									
101,6 x 8,0	18,50	23,50	12,60	13,34	14,04	14,84	15,74	15,65									
101,6 x 8,8	20,10	25,70	14,24	15,03	15,78	16,64	17,60	18,21									
101,6 x 10,0	22,60	28,80	16,20	17,07	17,89	18,84	19,95	22,37									
101,6 x 11,0	24,60	31,30	18,48	19,44	20,33	21,36	22,54	26,13									
101,6 x 12,0	27,50	35,00	21,00	22,04	23,01	24,12	25,37	32,27									
114,3 x 4,0	10,90	13,90	7,83	8,31	8,74	9,24	9,82	5,98									
114,3 x 4,5	12,20	15,50	8,52	9,04	9,51	10,04	10,64	7,03									
114,3 x 5,0	13,50	17,20	9,36	9,93	10,45	11,03	11,68	8,16									
114,3 x 5,6	15,00	19,10	10,36	10,98	11,56	12,21	12,93	9,61									
114,3 x 6,3	16,80	21,40	11,52	12,20	12,84	13,54	14,33	11,44									
114,3 x 7,1	18,80	23,90	12,96	13,71	14,43	15,21	16,07	13,70									
114,3 x 8,0	21,00	26,70	14,64	15,45	16,23	17,08	18,00	16,46									
114,3 x 8,8	22,90	29,20	16,56	17,43	18,28	19,19	20,16	19,11									
114,3 x 10,0	25,70	32,80	18,72	19,68	20,61	21,60	22,64	23,42									

Ligação K - Valores de Fk													Ângulo	60°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 11,0	28,00	35,70	10,13	11,12	12,00	13,32	15,93	19,66	22,03	24,68	27,30						
<del>114,3 x 10,8</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	<del>12,66</del>	<del>13,87</del>	<del>14,93</del>	<del>16,53</del>	<del>19,66</del>	<del>23,41</del>	<del>27,14</del>	<del>30,39</del>	<del>33,62</del>						
<del>114,3 x 10,6</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	<del>15,81</del>	<del>17,29</del>	<del>18,59</del>	<del>20,53</del>	<del>24,38</del>	<del>28,44</del>	<del>33,50</del>	<del>37,51</del>	<del>41,50</del>						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,12	2,33	2,55	2,92	3,94	5,13	6,28	7,04	7,76	9,27					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,63	2,90	3,16	3,62	4,75	6,02	7,33	8,22	9,07	10,84					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,28	3,62	3,94	4,49	5,76	7,14	8,65	9,71	10,71	12,81					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	4,11	4,53	4,93	5,57	7,00	8,54	10,28	11,53	12,74	15,24					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	5,13	5,65	6,13	6,89	8,51	10,24	12,26	13,76	15,20	18,20					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	6,12	6,73	7,28	8,15	9,95	11,87	14,16	15,89	17,56	21,02					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	7,74	8,48	9,15	10,18	12,28	14,55	17,25	19,34	21,37	25,60					
141,3 x 11,0	35,30	45,00	9,20	10,06	10,83	12,01	14,39	16,93	20,04	22,45	24,81	29,72					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	11,57	12,63	13,56	14,97	17,81	20,83	24,57	27,51	30,39	36,43					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	14,52	15,81	16,94	18,65	22,06	25,70	30,23	33,80	37,34	44,76					
<del>141,3 x 15,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>17,94</del>	<del>19,49</del>	<del>20,86</del>	<del>22,92</del>	<del>27,00</del>	<del>31,35</del>	<del>36,79</del>	<del>41,11</del>	<del>45,39</del>	<del>54,41</del>					
<del>141,3 x 15,8</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>21,01</del>	<del>22,81</del>	<del>24,39</del>	<del>26,75</del>	<del>31,45</del>	<del>36,45</del>	<del>42,71</del>	<del>47,69</del>	<del>52,65</del>	<del>63,10</del>					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,96	2,11	2,26	2,50	3,15	4,31*	5,90	6,81	7,55	9,00	10,42				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,41	2,61	2,79	3,10	3,91	5,18*	6,86	7,90	8,76	10,45	12,10				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,00	3,25	3,49	3,88	4,87	6,28*	8,08	9,25	10,27	12,26	14,21				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,75	4,07	4,37	4,87	6,06	7,61*	9,57	10,92	12,13	14,49	16,79				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,69	5,10	5,48	6,09	7,51	9,23*	11,40	12,95	14,38	17,20	19,93				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,60	6,10	6,55	7,27	8,88	10,78*	13,15	14,89	16,52	19,77	22,92				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	7,11	7,74	8,30	9,19	11,10	13,27*	15,98	18,04	19,99	23,93	27,76				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	8,49	9,22	9,89	10,92	13,09	15,51*	18,94	20,87	23,11	27,67	32,11				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	10,74	11,65	12,47	13,73	16,31	19,14*	22,70	25,47	28,18	33,74	39,16				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	13,55	14,68	15,68	17,20	20,30	23,65*	27,87	31,20	34,47	41,26	47,91				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	16,80	18,17	19,39	21,22	24,91	28,88*	33,87	37,84	41,76	49,97	58,03				
<del>168,3 x 17,0</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>19,73</del>	<del>21,32</del>	<del>22,72</del>	<del>24,83</del>	<del>29,05</del>	<del>33,58</del>	<del>39,28</del>	<del>43,88</del>	<del>48,33</del>	<del>58,79</del>	<del>67,12</del>				
<del>168,3 x 18,0</del>	<del>73,10</del>	<del>92,20</del>	<del>25,02</del>	<del>27,00</del>	<del>28,74</del>	<del>31,35</del>	<del>36,54</del>	<del>42,10</del>	<del>49,09</del>	<del>54,68</del>	<del>60,24</del>	<del>71,98</del>	<del>83,60</del>				
219,1 x 6,3	33,10	42,10	3,32	3,85	4,58	6,11	7,83*	9,42	11,75	13,59	15,93	16,93					
219,1 x 7,1	37,10	47,30	4,14	4,83	5,77	7,56	9,36*	11,05	13,72	15,89	19,80						
219,1 x 8,0	41,60	53,10	5,17	6,06	7,25	9,30	11,22*	12,93	16,09	18,66	23,27						
219,1 x 8,8	45,60	58,10	6,18	7,26	8,67	10,94	12,98*	14,91	18,35	21,29	26,56						
219,1 x 10,0	51,60	65,70	7,86	9,24	10,98	13,58	15,81*	17,96	21,97	25,51	31,85						
219,1 x 11,0	56,50	71,90	9,40	11,05	13,06	15,93	18,35*	20,70	25,22	29,29	36,59						
219,1 x 12,5	63,70	81,10	11,94	14,00	16,41	19,72	22,46*	26,44	30,47	35,40	44,25						
219,1 x 14,2	71,80	91,40	15,13	17,66	20,55	24,40	27,55*	30,66	36,98	42,94	53,72						
219,1 x 16,0	80,10	102,00	18,83	21,89	25,32	29,79	33,42*	37,03	44,49	51,64	64,64						
219,1 x 17,5	87,00	111,00	22,16	25,69	29,58	34,62	38,70*	42,77	51,24	59,44	74,43						
219,1 x 20,0	98,20	125,00	28,18	32,54	37,28	43,35	48,25*	53,15	63,46	73,55	92,11						
<del>219,1 x 21,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>	<del>41,92</del>	<del>48,14</del>	<del>54,83</del>	<del>63,30</del>	<del>70,12</del>	<del>76,95</del>	<del>91,44</del>	<del>105,80</del>	<del>132,48</del>						
273,0 x 6,3	41,40	52,80	3,45	3,88	4,53	6,78	8,53	10,94	13,36	16,61	19,96						
273,0 x 7,1	46,60	59,30	4,29	4,84	5,71	6,77	8,42	10,70	12,45	15,25	18,93						
273,0 x 8,0	52,30	66,60	5,34	6,06	7,20	8,52	10,38	12,84	14,96	18,11	22,41	26,94					
273,0 x 8,8	57,30	73,00	6,37	7,26	8,65	10,20	12,23	14,87	16,92	20,39	25,39	30,53					
273,0 x 10,0	64,90	82,60	8,09	9,25	11,05	12,92	15,17	17,13	19,40	23,17	28,17	34,28					
273,0 x 11,0	71,10	90,50	9,67	11,08	13,23	15,34	17,78	20,06	22,48	26,43	32,43	41,42					
273,0 x 12,5	80,30	102,00	12,30	14,11	16,77	19,25	21,97	24,79	27,92	32,92	41,28	49,68					
273,0 x 14,2	90,60	115,00	15,62	17,91	21,15	24,04	27,10	30,64	34,63	40,70	49,70	59,85					
273,0 x 16,0	101,00	129,00	19,52	22,33	26,20	29,53	33,00	36,99	41,45	48,38	59,38	71,55					
273,0 x 17,5	110,00	140,00	23,04	26,31	30,71	34,43	38,27	42,45	47,28	54,63	68,03	82,01					
273,0 x 20,0	125,00	159,00	29,44	33,49	38,82	43,25	47,76	52,40	58,79	68,63	83,63	100,86					
273,0 x 25,0	153,00	195,00	44,05	49,82	57,23	63,27	69,37	76,42	84,55	119,12	143,74						
<del>273,0 x 26,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>	<del>60,96</del>	<del>68,67</del>	<del>78,48</del>	<del>86,41</del>	<del>94,40</del>	<del>102,48</del>	<del>110,52</del>	<del>160,22</del>	<del>193,34</del>						
323,8 x 7,1	55,50	70,60	4,47	5,06	5,59	6,31	6,31	9,68*	11,55	13,12	15,89	19,80	26,41				
323,8 x 8,0	62,30	79,40	5,56	6,31	7,02	7,98	8,03	11,87*	13,85	15,59	18,66	23,27	30,53				
323,8 x 8,8	68,40	87,10	6,62	7,54	8,43	9,62	9,67	13,92*	16,03	18,28	22,81	29,81	34,40				
323,8 x 10,0	77,40	98,60	8,38	9,60	10,79	12,32	12,37	17,17*	19,52	22,31	28,11	35,16	40,58				
323,8 x 11,0	84,90	108,00	10,01	11,51	12,96	14,77	14,82	20,04*	22,63	25,55	32,25	39,92	46,07				
323,8 x 12,5	96,00	122,00	12,72	14,68	16,54	18,76	18,81	24,62*	27,66	30,85	38,55	47,54	54,88				
323,8 x 14,2	108,00	138,00	16,17	18,69	21,02	23,67	23,72	30,22*	33,65	37,27	46,09	56,89	65,69				
323,8 x 16,0	121,00	155,00	20,24	23,38	26,20	29,32	29,37	36,63*	40,98	45,12	55,12	67,59	78,08				
323,8 x 17,5	132,00	168,00	23,94	27,62	30,85	34,35	34,40	42,35*	47,37	52,01	64,01	77,14	89,13				
323,8 x 20,0	150,00	191,00	30,68	35,28	39,22	43,37	43,42	52,62*	58,89	65,22	80,29	94,29	109,00				
323,8 x 25,0	184,00	235,00	46,16	52,73	58,17	63,76	63,81	75,93*	83,16	110,50	133,19	154,07					
355,6 x 8,8	75,30	95,90	6,37	7,16	7,86	8,69											

Cálculo do g para e=0													Ângulo	30° - 90°	
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
	-21,2														
	-17,1	-24,2													
	-13,6	-20,6	-26,8												
	-8,3	-15,3	-21,5	-30,6											
	2,1	-4,9	-11,1	-20,2	-38,2										
	13,1	6,1	-0,1	-9,2	-27,2	-46,3									
	26,9	19,8	13,7	4,5	-13,5	-32,5	-56,4								
	37,9	30,8	24,7	15,5	-2,5	-21,5	-45,4	-64,4							
	48,9	41,8	35,7	26,5	8,5	-10,5	-34,4	-53,4	-72,5						
	72,3	65,2	59,1	49,9	31,9	12,9	-11,0	-30,0	-49,1	-89,6					
	95,7	88,6	82,5	73,3	55,3	36,3	12,4	-6,6	-25,7	-66,2	-106,7				
				117,3	99,3	80,2	56,4	37,3	18,3	-22,2	-62,7	-138,9			
					146,0	126,9	103,1	84,0	65,0	24,5	-16,0	-92,2	-173,1		
						170,9	147,1	128,0	109,0	68,5	28,0	-48,2	-129,1	-205,3	
							198,5	174,6	155,6	136,5	96,0	55,5	-20,7	-101,5	-177,7
															-225,4

Ligação N - Valores de Fk													Ângulo	30° - 90°
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	-----------

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	<del>2,43</del>														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	<del>2,70</del>	<del>3,03</del>													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,17	2,43	2,66												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,57	2,88	3,15												
<del>42,2 x 4,4</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	<del>3,12</del>	<del>3,49</del>	<del>3,81</del>												
<del>42,2 x 4,8</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	<del>3,71</del>	<del>4,15</del>	<del>4,53</del>												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,04	2,29	2,50	2,81											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,41	2,71	2,96	3,32											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,92	3,27	3,57	4,01											
<del>48,3 x 5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	<del>3,46</del>	<del>3,83</del>	<del>4,23</del>	<del>4,76</del>											
<del>48,3 x 5,5</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	<del>4,18</del>	<del>4,67</del>	<del>5,10</del>	<del>5,73</del>											
<del>48,3 x 6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	<del>5,08</del>	<del>5,68</del>	<del>6,20</del>	<del>6,96</del>											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,81	2,08	2,29	2,57	3,11										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,14	2,44	2,69	3,02	3,65										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,60	2,94	3,23	3,65	4,39										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,08	3,48	3,81	4,29	5,18										
60,3 x 5,5	7,55	9,62	3,72	4,18	4,57	5,14	6,21										
<del>60,3 x 6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	<del>4,53</del>	<del>5,07</del>	<del>5,54</del>	<del>6,22</del>	<del>7,52</del>										
<del>60,3 x 6,5</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	<del>5,54</del>	<del>6,15</del>	<del>6,75</del>	<del>7,57</del>	<del>9,16</del>										
<del>60,3 x 7,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	<del>6,78</del>	<del>7,56</del>	<del>8,24</del>	<del>9,23</del>	<del>11,17</del>										
<del>60,3 x 7,5</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	<del>7,98</del>	<del>8,88</del>	<del>9,67</del>	<del>10,84</del>	<del>13,10</del>										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,53	1,82	2,07	2,40	2,92	3,43									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,84	2,16	2,45	2,80	3,41	4,01									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,27	2,62	2,92	3,34	4,07	4,78									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,72	3,12	3,45	3,93	4,78	5,63									
73,0 x 5,5	9,31	11,90	3,31	3,76	4,14	4,70	5,70	6,72									
73,0 x 6,0	10,40	13,20	4,06	4,57	5,02	5,67	6,87	8,10									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	4,99	5,59	6,11	6,88	8,33	9,81									
<del>73,0 x 8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	<del>6,13</del>	<del>6,84</del>	<del>7,46</del>	<del>8,37</del>	<del>10,12</del>	<del>11,93</del>									
<del>73,0 x 9,0</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	<del>7,22</del>	<del>8,04</del>	<del>8,75</del>	<del>9,81</del>	<del>11,84</del>	<del>13,95</del>									
<del>73,0 x 10,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	<del>9,01</del>	<del>10,00</del>	<del>10,87</del>	<del>12,15</del>	<del>14,66</del>	<del>17,27</del>									
<del>73,0 x 11,0</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	<del>10,63</del>	<del>11,78</del>	<del>12,79</del>	<del>14,28</del>	<del>17,21</del>	<del>20,27</del>									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,26	1,45	1,67	2,09	2,75	3,33									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,53	1,76	2,02	2,46	3,19	3,77	4,45								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,91	2,19	2,49	2,96	3,78	4,47	5,28								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,33	2,66	2,99	3,50	4,42	5,23	6,18								
88,9 x 5,5	11,50	14,70	2,87	3,26	3,63	4,20	5,24	6,20	7,33								
88,9 x 6,0	12,80	16,30	3,56	4,02	4,44	5,09	6,29	7,43	8,80								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,42	4,96	5,45	6,19	7,59	8,97	10,61								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,47	6,11	6,68	7,54	9,19	10,84	12,84								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,49	7,22	7,87	8,84	10,73	12,65	14,98								
<del>88,9 x 10,0</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	<del>8,13</del>	<del>9,01</del>	<del>9,79</del>	<del>10,96</del>	<del>13,24</del>	<del>15,59</del>	<del>18,46</del>								
<del>88,9 x 11,0</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	<del>9,62</del>	<del>10,64</del>	<del>11,54</del>	<del>12,88</del>	<del>15,51</del>	<del>18,25</del>	<del>21,61</del>								
<del>88,9 x 12,0</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	<del>12,04</del>	<del>13,29</del>	<del>14,38</del>	<del>16,02</del>	<del>19,23</del>	<del>22,59</del>	<del>26,75</del>								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,39	1,55	1,73	2,08	2,98	3,64	4,30	4,81							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,73	1,94	2,16	2,57	3,53	4,29	5,08	5,68							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,11	2,36	2,63	3,10	4,12	4,99	5,91	6,62							
101,6 x 5,5	13,30	16,90	2,61	2,92	3,24	3,77	4,90	5,90	6,99	7,83							
101,6 x 6,0	14,80	18,90	3,25	3,63	4,01	4,62	5,87	7,04	8,35	9,35							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,05	4,53	4,97	5,67	7,09	8,46	10,03	11,24							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,05	5,62	6,14	6,96	8,58	10,20	12,09	13,56							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,01	6,67	7,27	8,19	10,02	11,87	14,07	15,77							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	7,57	8,37	9,09	10,19	12,36	14,59	17,28	19,38							
<del>101,6 x 11,0</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	<del>8,98</del>	<del>9,91</del>	<del>10,74</del>	<del>12,00</del>	<del>14,48</del>	<del>17,05</del>	<del>20,19</del>	<del>22,64</del>							
<del>101,6 x 12,0</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	<del>11,28</del>	<del>12,42</del>	<del>13,43</del>	<del>14,94</del>	<del>17,94</del>	<del>21,07</del>	<del>24,93</del>	<del>27,96</del>							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,31	1,43	1,55	1,78	2,60*	3,57	4,19	4,69	5,18						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,62	1,78	1,94	2,23	3,15*	4,11	4,93	5,51	6,09						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	1,97	2,17	2,36	2,72	3,73*	4,77	5,71	6,39	7,06						

Ligação N - Valores de Fk											Ângulo	30°- 90°					
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonal Di com θ = 90°														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	10,0	25,70	32,80	7,10	7,82	8,48	9,50	11,58*	13,76	16,35	18,34	20,29					
114,3 x	11,0	28,00	35,70	8,45	9,30	10,06	11,23	13,59*	16,07	19,06	21,38	23,65					
114,3 x	12,5	31,40	40,00	10,65	11,69	12,62	14,03	16,85*	20,44	23,48	26,33	29,14					
114,3 x	14,2	35,10	44,70	13,39	14,67	15,81	17,52	20,93*	24,54	29,00	32,50	35,96					
141,3 x	5,0	16,80	21,40	1,79	1,94	2,07	2,28	2,81	3,88*	5,34	6,08	6,72	8,03				
141,3 x	5,6	18,70	23,90	2,20	2,38	2,55	2,81	3,49	4,69*	6,24	7,10	7,86	9,39				
141,3 x	6,3	21,00	26,70	2,72	2,96	3,16	3,50	4,36	5,70*	7,37	8,38	9,28	11,09				
141,3 x	7,1	23,50	29,90	3,39	3,68	3,95	4,38	5,44	7,07*	9,36	10,63	11,99	13,20				
141,3 x	8,0	26,30	33,50	4,22	4,59	4,93	5,48	6,77	8,44*	10,48	11,88	13,16	15,76				
141,3 x	8,8	28,80	36,60	5,03	5,48	5,89	6,54	8,03	9,87*	12,12	13,72	15,20	18,21				
141,3 x	10,0	32,40	41,20	6,37	6,94	7,46	8,28	10,09	12,20*	14,79	16,70	18,50	22,18				
141,3 x	11,0	35,30	45,00	7,60	8,28	8,90	9,86	11,93	14,29*	17,20	19,39	21,48	25,75				
141,3 x	12,5	39,70	50,60	9,61	10,47	11,25	12,44	14,93	17,70*	21,13	23,77	26,51	31,56				
141,3 x	14,2	44,50	56,70	12,14	13,22	14,18	15,65	18,65	21,93*	26,03	29,21	32,33	38,78				
141,3 x	16,0	49,40	63,00	15,09	16,42	17,59	19,36	22,96	26,85*	31,71	35,54	39,30	47,15				
141,3 x	18,0	53,40	68,10	17,76	19,29	20,65	22,71	26,83	31,27*	36,84	41,22	45,38	54,68				
168,3 x	5,0	20,10	25,70	1,68	1,81	1,92	2,08	2,42	2,91	4,33*	5,69	6,41	7,79	9,02			
168,3 x	5,6	22,50	28,60	2,06	2,22	2,35	2,56	2,99	3,63	5,21*	6,61	7,55	9,05	10,48			
168,3 x	6,3	25,20	32,10	2,55	2,74	2,91	3,17	3,72	4,54	6,30*	7,77	8,84	10,62	12,30			
168,3 x	7,1	28,20	36,00	3,17	3,41	3,62	3,95	4,66	5,69	7,64*	9,21	10,44	12,55	14,54			
168,3 x	8,0	31,60	40,30	3,93	4,24	4,50	4,92	5,83	7,10	9,26*	10,96	12,57	14,89	17,26			
168,3 x	8,8	34,60	44,10	4,68	5,04	5,37	5,87	6,97	8,46	10,80*	12,63	14,27	17,12	19,86			
168,3 x	10,0	39,00	49,70	5,91	6,38	6,79	7,44	8,85	10,65	13,29*	15,35	17,21	20,73	24,05			
168,3 x	11,0	42,70	54,40	7,04	7,60	8,10	8,87	10,56	12,63	15,53*	17,80	19,91	23,97	27,82			
168,3 x	12,5	48,00	61,20	8,91	9,62	10,26	11,24	13,34	15,82	19,16*	21,79	24,28	29,22	33,93			
168,3 x	14,2	54,00	68,70	11,26	12,17	12,98	14,22	16,82	19,78	23,67*	26,75	29,73	35,73	41,51			
168,3 x	16,0	60,10	76,60	14,03	15,16	16,16	17,69	20,84	24,35	28,89*	32,50	36,04	43,27	50,28			
168,3 x	18,0	65,10	82,90	16,53	17,86	19,03	20,81	24,45	28,46	33,59*	37,69	41,72	50,05	58,16			
168,3 x	20,0	73,10	93,20	21,10	22,77	24,25	26,48	30,99	35,89	42,11*	47,09	52,03	62,54	72,44			
219,1 x	6,3	33,10	42,10	2,85	3,24	3,67	4,30	5,14	6,17	8,23*	10,05	11,76	14,66				
219,1 x	7,1	37,10	47,30	3,53	4,02	4,57	5,39	6,47	7,81	10,02*	11,73	13,75	17,15				
219,1 x	8,0	41,60	53,10	4,38	5,00	5,69	6,77	8,10	9,66	12,43*	14,76	16,15	20,15				
219,1 x	8,8	45,60	58,10	5,20	5,95	6,79	8,12	9,66	11,47*	13,80	15,69	18,47	23,00				
219,1 x	10,0	51,60	65,70	6,56	7,52	8,62	10,33	12,19	14,43*	17,00	19,08	22,08	27,59				
219,1 x	11,0	56,50	71,90	7,81	8,96	10,30	12,35	14,45	16,86*	19,60	22,55	26,35	31,69				
219,1 x	12,5	63,70	81,10	9,87	11,35	13,08	15,64	18,10	20,77*	23,72	27,12	30,62	38,33				
219,1 x	14,2	71,80	91,40	12,48	14,38	16,58	19,73	22,59	25,61*	28,74	32,55	36,73	46,53				
219,1 x	16,0	80,10	102,00	15,55	17,94	20,66	24,46	27,77	31,19*	34,23	38,08	42,88	56,00				
219,1 x	17,5	87,00	111,00	18,35	21,16	24,35	28,69	32,40	36,19*	40,07	44,43	49,48	64,48				
219,1 x	20,0	98,20	125,00	23,46	27,04	31,04	36,34	40,75	45,24*	50,04	55,03	60,33	79,80				
273,0 x	6,3	41,40	52,80	2,98	3,32	3,76	4,13	4,55	5,14	6,96*	8,46	9,88	12,79				
273,0 x	7,1	46,60	59,30	3,69	4,12	4,67	5,14	5,70	6,41	8,61*	10,02	11,67	15,03				
273,0 x	8,0	52,30	66,60	4,58	5,12	5,81	6,41	7,15	8,05	10,59*	12,14	13,91	17,83				
273,0 x	8,8	57,30	73,00	5,43	6,08	6,91	7,65	8,59	9,66	12,45*	14,15	16,09	20,44				
273,0 x	10,0	64,90	82,60	6,85	7,66	8,74	9,72	10,96	12,35	15,41*	17,38	19,53	24,32				
273,0 x	11,0	71,10	90,50	8,14	9,12	10,43	11,63	13,14	14,80	18,05*	20,27	22,61	28,37				
273,0 x	12,5	80,30	102,00	10,26	11,52	13,22	14,80	16,72	18,92	22,27*	24,95	27,74	34,03				
273,0 x	14,2	90,60	115,00	12,95	14,57	16,78	18,80	21,18	23,87	27,45*	30,73	34,03	42,18				
273,0 x	16,0	101,00	129,00	16,12	18,17	20,96	23,48	26,35	29,58	33,40*	36,40	40,41	50,19				
273,0 x	17,5	110,00	140,00	19,01	21,45	24,76	27,71	30,98	34,61	38,72*	42,59	46,90	58,00				
273,0 x	20,0	125,00	159,00	24,32	27,47	31,70	35,37	39,32	43,30	48,30*	52,21	56,40	69,37				
273,0 x	25,0	153,00	195,00	36,68	41,42	47,64	52,85	58,25	63,05	70,12*	77,54	84,94	104,12	124,54			
273,0 x	30,0	180,00	229,00	51,21	57,72	66,14	73,05	80,11	88,11	95,39*	106,68	116,71	144,53	167,53			
323,8 x	7,1	55,50	70,60	3,86	4,33	4,71	5,10	5,67	6,07	8,05*	9,05	10,82	13,82	22,87			
323,8 x	8,0	62,30	79,40	4,79	5,37	5,85	6,33	7,62	8,11	10,51*	11,21	13,06	16,67	20,03			
323,8 x	8,8	68,40	87,10	5,69	6,38	6,95	7,53	9,16	9,66	12,43*	13,24	15,62	19,79	23,33			
323,8 x	10,0	77,40	98,60	7,16	8,04	8,76	9,53	11,72	12,22	15,41*	16,45	19,45	24,32	28,33			
323,8 x	11,0	84,90	108,00	8,50	9,56	10,43	11,37	14,08	14,58	18,05*	19,29	22,57	28,37	33,90			
323,8 x	12,5	96,00	122,00	10,71	12,06	13,19	14,42	17,96	18,46	22,83*	24,03	27,17	33,90	40,53			
323,8 x	14,2	108,00	138,00	13,50	15,23	16,70	18,31	22,82	23,32	28,37*	29,67	33,27	41,17	49,53			
323,8 x	16,0	121,00	155,00	16,79	18,97	20,84	22,91	28,44	28,94	35,70*	37,29	41,54	50,19	60,09			
323,8 x	17,5	132,00	168,00	19,78	22,39	24,63	27,09	33,48	33,98	41,34*	43,09	48,00	57,70	69,37			
323,8 x	20,0	150,00	191,00	25,28	28,68	31,59	34,75	42,54	43,04	51,47*	53,35	59,66	71,04	85,42			
323,8 x	25,0	184,00	235,00	38,16	43,35	47,73	52,36	63,05	63,55	74,45*	76,23	84,35	100,12	120,54			
355,6 x	8,8	75,30	95,90	5,50	6,15	6,66	7,18	8,39	8,89	10,51*	10,75	12,05	14,55	17,52	21,95		
355,6 x	10,0	85,20	109,00	6,93	7,74	8,39	9,06	10,65	11,15	12,43*	12,67	14,37	17,37	21,33	26,33		
355,6 x	11,0	93,50	119,00	8,22	9,19</												

Cálculo do g para e=0														Ângulo	35° - 90°
Diagonais di															
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4	-22,0														
38,1	-18,6	-25,1													
42,2	-15,7	-22,1	-27,8												
48,3	-11,3	-17,8	-23,4	-31,8											
60,3	-2,8	-9,2	-14,8	-23,2	-39,7										
73	6,3	-0,1	-5,8	-14,1	-30,6	-48,0									
88,9	17,7	11,2	5,6	-2,8	-19,2	-36,7	-58,5								
101,6	26,7	20,3	14,7	6,3	-10,2	-27,6	-49,4	-66,8							
114,3	35,8	29,4	23,7	15,4	-1,1	-18,5	-40,3	-57,7	-75,2						
141,3	55,1	48,6	43,0	34,6	18,2	0,8	-21,0	-38,5	-55,9	-92,9					
168,3	74,4	67,9	62,3	53,9	37,5	20,0	-1,8	-19,2	-36,6	-73,6	-110,7				
219,1				90,2	73,7	56,3	34,5	17,1	-0,3	-37,4	-74,4	-144,1			
273					112,2	94,8	73,0	55,6	38,2	1,1	-35,9	-105,6	-179,5		
323,8						131,1	109,3	91,9	74,4	37,4	0,4	-69,3	-143,3	-212,9	
355,6						153,8	132,0	114,6	97,1	60,1	23,1	-46,6	-120,6	-190,2	-233,9

**Ligação N - Valores de Fk** Ângulo 35° - 90°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,58	2,88	3,15												
48,3 x 4,0	4,18	5,33	3,12	3,49	3,81												
48,3 x 4,5	4,59	5,84	3,71	4,15	4,53												
48,3 x 5,0	5,00	6,35	4,30	4,74	5,12												
48,3 x 5,6	5,84	7,40	5,12	5,61	6,09												
60,3 x 3,6	5,34	6,80	3,48	3,89	4,24	4,76											
60,3 x 4,0	5,75	7,21	3,89	4,24	4,76	5,12											
60,3 x 4,5	6,16	7,62	4,24	4,76	5,12	5,58											
60,3 x 5,0	6,57	8,03	4,65	5,12	5,58	6,04											
60,3 x 5,6	7,40	9,14	5,12	5,58	6,04	6,50											
73,0 x 3,6	6,81	8,67	3,89	4,24	4,76	5,12	5,58										
73,0 x 4,0	7,22	9,08	4,24	4,76	5,12	5,58	6,04										
73,0 x 4,5	7,63	9,49	4,65	5,12	5,58	6,04	6,50										
73,0 x 5,0	8,04	9,90	5,06	5,58	6,04	6,50	7,00										
73,0 x 5,6	8,87	10,91	5,58	6,04	6,50	7,00	7,50										
88,9 x 3,6	8,28	10,32	4,65	5,12	5,58	6,04	6,50										
88,9 x 4,0	8,69	10,73	5,06	5,58	6,04	6,50	7,00										
88,9 x 4,5	9,10	11,14	5,47	6,04	6,50	7,00	7,50										
88,9 x 5,0	9,51	11,55	5,88	6,50	7,00	7,50	8,00										
88,9 x 5,6	10,34	12,56	6,40	7,00	7,50	8,00	8,50										
101,6 x 3,6	9,65	11,86	5,47	6,04	6,50	7,00	7,50										
101,6 x 4,0	10,06	12,27	5,88	6,50	7,00	7,50	8,00										
101,6 x 4,5	10,47	12,68	6,29	7,00	7,50	8,00	8,50										
101,6 x 5,0	10,88	13,09	6,70	7,50	8,00	8,50	9,00										
101,6 x 5,6	11,71	14,10	7,22	8,00	8,50	9,00	9,50										
114,3 x 4,0	10,90	13,90	6,29	6,70	7,20	7,70	8,20										
114,3 x 4,5	11,31	14,31	6,70	7,20	7,70	8,20	8,70										
114,3 x 5,0	11,72	14,72	7,11	7,60	8,10	8,60	9,10										
114,3 x 5,6	12,55	15,55	7,63	8,10	8,60	9,10	9,60										
114,3 x 7,1	18,80	23,90	11,22	11,71	12,20	12,69	13,18										
114,3 x 8,0	21,00	26,70	12,69	13,18	13,67	14,16	14,65										
114,3 x 8,8	22,90	29,20	14,16	14,65	15,14	15,63	16,12										



Ligação N - Valores de Fk

Ângulo 35°- 90°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo		Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
114,3 x	10,0	25,70	32,80	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	11,0	28,00	35,70	7,28	8,04	8,71	9,73	<del>11,76</del>	<del>13,86</del>	16,38	18,35	20,29						
<del>114,3 x</del>	<del>12,0</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	8,64	9,50	10,28	11,44	<del>13,75</del>	<del>16,16</del>	19,10	21,39	23,66						
<del>114,3 x</del>	<del>14,0</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	10,84	11,89	12,83	14,23	<del>17,01</del>	<del>19,93</del>	23,52	26,35	29,14						
141,3 x	5,0	16,80	21,40	13,58	14,87	16,00	17,71	<del>21,08</del>	<del>24,63</del>	29,04	32,52	35,97						
141,3 x	5,6	18,70	23,90	1,80	1,96	2,12	2,38	<del>3,18</del>	<del>4,35</del>	5,44	6,10	6,72	8,03					
141,3 x	6,3	21,00	26,70	2,22	2,43	2,62	2,96	<del>3,89</del>	<del>5,12</del>	6,35	7,13	7,86	9,39					
141,3 x	7,1	23,50	29,90	2,76	3,02	3,27	3,69	<del>4,78</del>	<del>6,10</del>	7,49	8,41	9,28	11,09					
141,3 x	8,0	26,30	33,50	3,45	3,78	4,09	4,62	<del>5,86</del>	<del>7,51</del>	9,30	10,00	11,04	13,20					
141,3 x	8,8	28,80	36,60	4,31	4,73	5,12	5,75	<del>7,18</del>	<del>9,19</del>	10,62	11,93	13,18	15,76					
141,3 x	10,0	32,40	41,20	5,15	5,65	6,10	6,84	<del>8,44</del>	<del>10,71</del>	12,26	13,77	15,22	18,21					
141,3 x	11,0	35,30	45,00	6,53	7,15	7,71	8,60	<del>10,47</del>	<del>12,51</del>	14,44	16,16	17,66	21,18					
141,3 x	12,5	39,70	50,60	7,78	8,51	9,17	10,19	<del>12,30</del>	<del>14,59</del>	17,35	19,46	21,51	25,75					
141,3 x	14,2	44,50	56,70	9,83	10,73	11,54	12,77	<del>15,28</del>	<del>17,97</del>	21,28	23,84	26,35	31,56					
<del>141,3 x</del>	<del>16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	12,38	13,49	14,48	15,97	<del>18,98</del>	<del>22,19</del>	26,18	29,30	32,37	38,79					
<del>141,3 x</del>	<del>18,0</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	15,34	16,69	17,88	19,67	<del>23,26</del>	<del>27,09</del>	31,86	35,63	39,35	47,16					
168,3 x	5,0	20,10	25,70	18,01	19,57	20,94	23,00	27,12	<del>32,51</del>	<del>38,99</del>	44,93	45,64	54,69					
168,3 x	5,6	22,50	28,60	1,68	1,81	1,93	2,10	2,54	<del>3,39</del>	4,30	4,89	5,35	7,79	9,02				
168,3 x	6,3	25,20	32,10	2,07	2,23	2,37	2,60	3,16	<del>4,16</del>	5,34	6,03	6,59	9,05	10,48				
168,3 x	7,1	28,20	36,00	2,56	2,76	2,95	3,24	3,95	<del>5,12</del>	6,59	7,60	8,30	10,62	12,30				
168,3 x	8,0	31,60	40,30	3,19	3,45	3,68	4,05	4,96	<del>6,30</del>	8,19	9,45	10,21	12,56	14,54				
168,3 x	8,8	34,60	44,10	3,97	4,30	4,59	5,07	6,19	<del>7,72</del>	10,17	11,71	12,46	14,90	17,26				
168,3 x	10,0	39,00	49,70	4,74	5,13	5,49	6,06	7,38	<del>9,07</del>	11,29	12,88	14,32	17,13	19,86				
168,3 x	11,0	42,70	54,40	6,01	6,51	6,97	7,69	9,30	<del>11,24</del>	13,75	15,61	17,33	20,74	24,05				
168,3 x	12,5	48,00	61,20	7,17	7,77	8,32	9,18	11,03	<del>13,20</del>	15,96	18,06	20,03	23,99	27,82				
168,3 x	14,2	54,00	68,70	9,08	9,85	10,53	11,59	13,83	<del>16,36</del>	19,57	22,04	24,42	29,24	33,93				
168,3 x	16,0	60,10	76,60	11,49	12,44	13,30	14,60	17,30	<del>20,28</del>	24,05	27,00	29,87	35,77	41,51				
<del>168,3 x</del>	<del>18,0</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	14,29	15,47	16,51	18,09	21,31	<del>24,82</del>	29,26	32,75	36,19	43,32	50,29				
<del>168,3 x</del>	<del>20,0</del>	<del>71,00</del>	<del>91,00</del>	16,82	18,19	19,39	21,22	24,91	<del>28,90</del>	33,94	37,93	41,88	50,10	58,17				
219,1 x	6,3	33,10	42,10	21,41	23,11	24,62	26,89	31,42	36,30	<del>42,44</del>	<del>47,93</del>	<del>52,19</del>	62,39	72,45				
219,1 x	7,1	37,10	47,30	2,85	3,26	3,76	4,78	6,07	7,72	9,81	11,77	14,18	17,15	20,15				
219,1 x	8,0	41,60	53,10	3,54	4,07	4,72	6,00	7,50	<del>9,26*</del>	11,08	12,94	16,17	20,15					
219,1 x	8,8	45,60	58,10	4,41	5,08	5,93	7,50	9,72	<del>11,81*</del>	13,72	15,90	18,44	23,00					
219,1 x	10,0	51,60	65,70	5,25	6,07	7,11	8,92	11,22	<del>13,30*</del>	15,96	19,04	22,11	27,59					
219,1 x	11,0	56,50	71,90	6,65	7,71	9,05	11,22	13,28	<del>15,52*</del>	17,74	21,85	25,39	31,69					
219,1 x	12,5	63,70	81,10	7,93	9,22	10,81	13,28	16,59	<del>19,11*</del>	21,60	26,40	30,68	38,33					
219,1 x	14,2	71,80	91,40	10,06	11,71	13,70	16,59	20,67	<del>23,54*</del>	26,98	32,03	37,23	46,54					
219,1 x	16,0	80,10	102,00	12,75	14,84	17,28	20,67	25,37	<del>28,65*</del>	32,91	39,34	44,77	56,00					
219,1 x	17,5	87,00	111,00	15,90	18,48	21,41	25,37	31,17	<del>33,23*</del>	36,88	44,39	51,53	64,49					
219,1 x	20,0	98,20	125,00	18,76	21,75	25,12	29,58	37,17	<del>41,53*</del>	45,88	54,97	63,76	79,82					
<del>219,1 x</del>	<del>25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>	35,85	41,23	47,06	54,49	60,49*	<del>66,90</del>	<del>79,20</del>	91,71	114,82						
273,0 x	6,3	41,40	52,80	2,98	3,33	3,80	4,28	5,12	<del>6,26*</del>	7,94	10,18	12,77	14,66					
273,0 x	7,1	46,60	59,30	3,69	4,14	4,75	5,39	6,47	<del>7,63*</del>	9,36	11,89	13,76	17,15					
273,0 x	8,0	52,30	66,60	4,59	5,15	5,94	6,80	8,13	<del>9,26*</del>	11,08	12,94	16,17	20,15					
273,0 x	8,8	57,30	73,00	5,45	6,13	7,11	8,17	9,72	<del>10,81*</del>	12,72	15,90	18,44	23,00					
273,0 x	10,0	64,90	82,60	6,89	7,77	9,07	10,43	12,27	<del>13,30*</del>	15,96	19,04	22,11	27,59					
273,0 x	11,0	71,10	90,50	8,21	9,28	10,86	12,49	14,55	<del>15,52*</del>	17,74	21,85	25,39	31,69					
273,0 x	12,5	80,30	102,00	10,39	11,79	13,83	15,84	18,22	<del>19,11*</del>	21,60	26,40	30,68	38,33					
273,0 x	14,2	90,60	115,00	13,17	14,97	17,56	19,98	22,72	<del>23,54*</del>	26,98	32,03	37,23	46,54					
273,0 x	16,0	101,00	129,00	16,44	18,71	21,89	24,76	27,87	<del>28,65*</del>	32,91	39,34	44,77	56,00					
273,0 x	17,5	110,00	140,00	19,42	22,10	25,79	29,03	32,47	<del>33,23*</del>	36,88	44,39	51,53	64,49					
273,0 x	20,0	125,00	159,00	24,87	28,26	32,82	36,70	40,74	<del>41,53*</del>	45,88	54,97	63,76	79,82					
273,0 x	25,0	153,00	195,00	37,44	42,38	48,82	54,12	59,53	<del>60,49*</del>	<del>66,90</del>	<del>79,20</del>	91,71	114,82					
<del>273,0 x</del>	<del>30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>	52,08	58,74	67,28	74,24	81,27	<del>86,91</del>	<del>114,28</del>	138,90	167,56						
323,8 x	7,1	55,50	70,60	3,86	4,34	4,74	5,19	6,15	<del>7,18</del>	<del>8,27</del>	9,52	10,93	12,87	15,44				
323,8 x	8,0	62,30	79,40	4,79	5,39	5,90	6,50	7,50	<del>8,61</del>	<del>9,87</del>	11,29	12,87	14,94	17,61				
323,8 x	8,8	68,40	87,10	5,69	6,42	7,04	7,80	9,08	<del>10,30</del>	<del>11,67</del>	13,19	14,86	17,13	20,00				
323,8 x	10,0	77,40	98,60	7,18	8,11	8,95	9,96	11,63	<del>13,07</del>	<del>14,67</del>	16,43	18,35	21,00	24,41				
323,8 x	11,0	84,90	108,00	8,54	9,68	10,70	11,96	13,65	<del>15,16</del>	<del>16,93</del>	18,87	20,97	24,00	28,08				
323,8 x	12,5	96,00	122,00	10,80	12,28	13,63	15,26	17,18	<del>18,40</del>	<del>20,38</del>	22,44	24,67	28,00	33,12				
323,8 x	14,2	108,00	138,00	13,67	15,59	17,35	19,42	21,50	<del>23,10</del>	<del>25,48</del>	27,94	30,57	34,00	40,08				
323,8 x	16,0	121,00	155,00	17,05	19,51	21,72	24,25	26,72	<del>28,97</del>	<del>32,04</del>	35,28	38,69	43,00	50,00				
323,8 x	17,5	132,00	168,00	20,15	23,07	25,68	28,59	31,72	<del>34,22</del>	<del>3</del>								

Cálculo do g para e=0														Ângulo	40° - 90°
Diagonais di															
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4	-22,8														
38,1	-20,0	-26,0													
42,2	-17,5	-23,5	-28,8												
48,3	-13,9	-19,9	-25,1	-32,9											
60,3	-6,7	-12,8	-18,0	-25,8	-41,1										
73	0,8	-5,2	-10,4	-18,2	-33,6	-49,8									
88,9	10,3	4,3	-1,0	-8,7	-24,1	-40,3	-60,6								
101,6	17,9	11,9	6,6	-1,2	-16,5	-32,7	-53,1	-69,3							
114,3	25,4	19,4	14,2	6,4	-8,9	-25,2	-45,5	-61,7	-78,0						
141,3	41,5	35,5	30,3	22,5	7,1	-9,1	-29,4	-45,6	-61,9	-96,4					
168,3	57,6	51,6	46,4	38,6	23,2	7,0	-13,3	-29,5	-45,8	-80,3	-114,8				
219,1				68,8	53,5	37,3	17,0	0,7	-15,5	-50,0	-84,5	-149,4			
273					85,6	69,4	49,1	32,8	16,6	-17,9	-52,4	-117,3	-186,2		
323,8						99,7	79,3	63,1	46,9	12,4	-22,1	-87,0	-155,9	-220,8	
355,6						118,6	98,3	82,1	65,8	31,3	-3,2	-68,1	-137,0	-201,9	-242,5

Ligação N - Valores de Fk														Ângulo	40° - 90°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01													
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43													
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11												
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55												
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03												
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,18	2,44	2,66											
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,58	2,88	3,15											
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,13	3,49	3,81											
48,3 x 3,6	4,59	5,84	3,72	4,15	4,53											
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,06	2,30	2,51	2,81										
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,43	2,72	2,96	3,32										
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,94	3,28	3,57	4,01										
48,3 x 5,6	5,34	6,80	3,48	3,89	4,24	4,76										
48,3 x 5,6	5,90	7,51	4,20	4,68	5,11	5,73										
48,3 x 5,6	6,53	8,31	5,11	5,70	6,21	6,97										
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,89	2,12	2,31	2,58	3,11									
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,22	2,48	2,71	3,03	3,65									
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,67	2,98	3,25	3,64	4,39									
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,16	3,52	3,84	4,30	5,18									
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,79	4,22	4,60	5,15	6,22									
60,3 x 5,6	8,39	10,70	4,59	5,12	5,57	6,23	7,53									
60,3 x 5,6	9,32	11,90	5,60	6,23	6,78	7,59	9,16									
60,3 x 5,6	10,30	13,10	6,84	7,61	8,27	9,25	11,17									
60,3 x 5,6	11,20	14,20	8,04	8,93	9,71	10,86	13,11									
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,73	1,97	2,16	2,43	2,92	3,43								
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,05	2,30	2,55	2,83	3,41	4,01								
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,45	2,76	3,02	3,38	4,07	4,78								
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,89	3,25	3,55	3,98	4,79	5,63								
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,47	3,88	4,24	4,74	5,71	6,72								
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,21	4,69	5,11	5,72	6,89	8,10								
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,13	5,70	6,20	6,93	8,35	9,82								
73,0 x 7,1	12,80	16,30	6,26	6,95	7,54	8,43	10,14	11,93								
73,0 x 7,1	13,90	17,70	7,35	8,14	8,84	9,86	11,86	13,96								
73,0 x 10,4	15,50	19,80	9,12	10,10	10,95	12,21	14,68	17,27								
73,0 x 10,4	16,80	21,40	10,74	11,87	12,87	14,34	17,23	20,27								
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,49	1,76	1,99	2,29	2,77	3,25	3,83							
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,78	2,07	2,32	2,66	3,22	3,77	4,45							
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,17	2,50	2,77	3,15	3,82	4,48	5,28							
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,59	2,95	3,25	3,69	4,46	5,23	6,18							
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,14	3,54	3,88	4,38	5,29	6,21	7,33							
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,82	4,28	4,68	5,26	6,35	7,45	8,80							
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,67	5,21	5,67	6,35	7,65	8,98	10,62							
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,71	6,34	6,89	7,70	9,26	10,87	12,84							
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,72	7,44	8,06	9,00	10,80	12,67	14,98							
88,9 x 10,4	19,50	24,80	8,35	9,22	9,98	11,11	13,31	15,62	18,47							
88,9 x 10,4	21,10	26,90	9,82	10,83	11,71	13,02	15,59	18,28	21,62							
88,9 x 10,4	23,60	30,00	12,23	13,47	14,55	16,16	19,31	22,63	26,76							
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,57	1,85	2,11	2,50	2,97	3,65	4,30	4,81						
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,95	2,26	2,55	2,97	3,67	4,31	5,08	5,68						
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,36	2,70	3,01	3,47	4,27	5,02	5,91	6,62						
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,88	3,27	3,62	4,13	5,05	5,93	6,99	7,83						
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,54	3,98	4,38	4,95	6,03	7,09	8,35	9,35						
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,36	4,87	5,32	5,99	7,25	8,51	10,04	11,24						
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,36	5,95	6,47	7,25	8,74	10,26	12,10	13,56						
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,31	6,99	7,56	8,46	10,16	11,93	14,08	15,78						
101,6 x 10,0	22,60	28,80	7,86	8,67	9,39	10,45	12,51	14,66	17,30	19,39						
101,6 x 10,4	24,60	31,30	9,27	10,20	11,02	12,24	14,63	17,13	20,21	22,65						
101,6 x 10,4	27,50	35,00	11,55	12,69	13,68	15,17	18,09	21,16	24,96	27,97						
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,41	1,62	1,86	2,25	2,61	2,97	4,20	4,65	5,18					
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,76	2,02	2,29	2,73	3,13	3,51	4,93	5,51	6,09					
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,14	2,45	2,75	3,23	3,70	4,16	5,72	6,40	7,06					
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,65	3,00	3,34	3,86	4,43	5,02	6,74	7,53	8,32					
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,28	3,69	4,07	4,66	5,36	6,10	8,02	8,97	9,91					
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,07	4,55	4,98	5,64	6,41	7,25	9,61	10,74	11,87					
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,04	5,59	6,10	6,85	7,81	8,78	11,54	12,91	14,27					
114,3 x 8,8	22,90	29,20	5,96	6,59	7,16	8,01	9,07	10,16	13,39	14,98	16,56					

Ligação N - Valores de Fk												Ângulo	40° - 90°				
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonal Di com $\theta = 90^\circ$														
	(kg/m)	(cm <sup>2</sup> )	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	10,0	25,70	32,80	7,45	8,21	8,88	9,89	11,87	13,91	16,40	18,36	20,29					
114,3 x	11,0	28,00	35,70	8,80	9,67	10,44	11,60	13,86	16,22	19,12	21,40	23,66					
114,3 x	12,0	31,40	40,00	10,99	12,05	12,98	14,37	17,12	19,99	23,55	26,36	29,15					
114,3 x	13,0	35,10	44,70	13,72	15,01	16,14	17,84	21,18	24,70	29,07	32,53	35,98					
141,3 x	5,0	16,80	21,40	1,85	2,04	2,24	2,61	3,39	4,36	5,47	6,11	6,72	8,03				
141,3 x	5,6	18,70	23,90	2,29	2,53	2,78	3,22	4,28	5,34	6,39	7,14	7,86	9,39				
141,3 x	6,3	21,00	26,70	2,86	3,16	3,47	3,98	5,14	6,31	7,44	8,43	9,29	11,09				
141,3 x	7,1	23,50	29,90	3,58	3,96	4,32	4,92	6,20	7,57	8,96	10,02	11,05	13,20				
141,3 x	8,0	26,30	33,50	4,47	4,93	5,37	6,06	7,50	8,99	10,69	11,95	13,19	15,76				
141,3 x	8,8	28,80	36,60	5,33	5,87	6,36	7,14	8,74	10,40	12,34	13,80	15,23	18,21				
141,3 x	10,0	32,40	41,20	6,73	7,39	7,98	8,90	10,75	12,70	15,02	16,80	18,54	22,18				
141,3 x	11,0	35,30	45,00	7,99	8,75	9,44	10,48	12,57	14,77	17,44	19,50	21,52	25,76				
141,3 x	12,5	39,70	50,60	10,05	10,97	11,79	13,04	15,52	18,15	21,37	23,89	26,37	31,57				
141,3 x	14,2	44,50	56,70	12,60	13,73	14,72	16,22	19,20	22,36	26,28	29,35	32,40	38,79				
141,3 x	16,0	49,40	63,00	15,56	16,92	18,11	19,91	23,47	27,25	31,96	35,69	39,39	47,17				
141,3 x	18,0	53,40	68,10	18,22	19,79	21,16	23,23	27,52	32,07	37,09	41,40	45,68	54,70				
168,3 x	5,0	20,10	25,70	1,70	1,83	1,96	2,19	2,86	3,61	4,56	5,55	6,56	7,79	9,02			
168,3 x	5,6	22,50	28,60	2,09	2,27	2,43	2,72	3,53	4,45	5,40	6,40	7,61	9,05	10,48			
168,3 x	6,3	25,20	32,10	2,60	2,83	3,04	3,41	4,37	5,38	6,45	7,69	8,93	10,62	12,30			
168,3 x	7,1	28,20	36,00	3,25	3,54	3,81	4,27	5,40	6,52	7,75	9,05	10,54	12,56	14,54			
168,3 x	8,0	31,60	40,30	4,07	4,43	4,78	5,34	6,65	8,21	10,03	11,92	12,50	14,90	17,26			
168,3 x	8,8	34,60	44,10	4,86	5,30	5,71	6,37	7,84	9,53	11,55	13,00	14,37	17,14	19,86			
168,3 x	10,0	39,00	49,70	6,17	6,72	7,23	8,03	9,75	11,87	14,00	15,74	17,39	20,75	24,05			
168,3 x	11,0	42,70	54,40	7,37	8,02	8,61	9,53	11,47	13,80	16,21	18,20	20,10	24,00	27,82			
168,3 x	12,5	48,00	61,20	9,32	10,12	10,85	11,96	14,25	16,74	19,81	22,19	24,50	29,26	33,93			
168,3 x	14,2	54,00	68,70	11,75	12,74	13,62	14,97	17,69	20,83	24,29	27,16	29,96	35,79	41,52			
168,3 x	16,0	60,10	76,60	14,57	15,77	16,83	18,44	21,68	25,15	29,49	32,91	36,29	43,35	50,29			
168,3 x	18,0	65,10	82,90	17,10	18,49	19,72	21,56	25,26	29,21	34,17	38,10	41,98	50,14	58,18			
168,3 x	20,0	73,10	93,20	21,69	23,41	24,93	27,21	31,74	36,58	42,66	47,50	52,31	62,44	72,46			
219,1 x	6,3	33,10	42,10	2,88	3,36	4,10	5,09	6,38	8,01*	9,94	12,17	14,66					
219,1 x	7,1	37,10	47,30	3,59	4,22	5,15	6,34	7,94*	9,94	12,34	15,04	17,75					
219,1 x	8,0	41,60	53,10	4,49	5,30	6,45	8,03	10,12	12,47	15,07	17,91	20,77					
219,1 x	8,8	45,60	58,10	5,37	6,36	7,70	9,84*	12,67	15,20	18,06	21,16	24,41					
219,1 x	10,0	51,60	65,70	6,83	8,09	9,71	12,10*	14,85	18,84	22,14	25,77	29,59					
219,1 x	11,0	56,50	71,90	8,17	9,66	11,51	14,12*	17,23	21,21	24,97	29,04	33,41					
219,1 x	12,5	63,70	81,10	10,38	12,22	14,41	17,38*	20,77	24,86	29,06	33,54	38,33					
219,1 x	14,2	71,80	91,40	13,14	15,40	17,99	21,41*	24,45	29,83	34,20	39,27	44,53					
219,1 x	16,0	80,10	102,00	16,35	19,07	22,11	26,06*	29,23	34,35	39,72	44,83	50,15					
219,1 x	17,5	87,00	111,00	19,24	22,35	25,79	30,23*	34,79	40,31	44,58	51,60	57,49					
219,1 x	20,0	98,20	125,00	24,45	28,28	32,45	37,77*	42,04	48,29	54,17	63,85	79,83					
219,1 x	25,0	120,00	152,00	36,35	41,78	47,62	55,02*	63,93	74,65	85,43	98,83	114,84					
273,0 x	6,3	41,40	52,80	2,99	3,37	4,02	4,97	6,16*	7,61	9,30	11,23	13,39	17,29				
273,0 x	7,1	46,60	59,30	3,72	4,22	5,08	6,25	8,01*	9,94	12,17	14,66	17,29	20,03				
273,0 x	8,0	52,30	66,60	4,63	5,28	6,41	7,81	9,68*	12,30	15,06	17,91	20,77	23,33				
273,0 x	8,8	57,30	73,00	5,53	6,33	7,70	9,28	11,25*	13,86	16,73	19,84	22,00	26,44				
273,0 x	10,0	64,90	82,60	7,02	8,08	9,81	11,64	13,76*	16,89	20,04	23,14	26,14	31,42				
273,0 x	11,0	71,10	90,50	8,40	9,69	11,72	13,74	15,99*	19,43	22,99	26,84	29,84	35,87				
273,0 x	12,5	80,30	102,00	10,69	12,33	14,80	17,11	19,57*	23,52	28,73	33,58	38,43	43,03				
273,0 x	14,2	90,60	115,00	13,58	15,64	18,61	21,24	23,98*	28,58	34,57	40,10	45,18	51,84				
273,0 x	16,0	101,00	129,00	16,96	19,48	22,97	25,97	29,05*	34,42	41,29	48,15	55,11	61,98				
273,0 x	17,5	110,00	140,00	20,02	22,93	26,87	30,20	33,59*	40,66	47,31	54,02	60,92	71,05				
273,0 x	20,0	125,00	159,00	25,57	29,15	33,88	37,80	41,78*	49,13	58,17	67,56	77,56	87,39				
273,0 x	25,0	153,00	195,00	38,23	43,29	49,80	55,10	60,44*	71,78	82,94	93,77	103,37	124,57				
273,0 x	30,0	180,00	229,00	52,86	59,60	68,18	75,11	82,08*	96,93	114,68	139,03	167,59					
323,8 x	7,1	55,50	70,60	3,88	4,40	4,92	5,72	7,03*	8,61	10,47	12,58	14,84	17,29				
323,8 x	8,0	62,30	79,40	4,82	5,50	6,19	7,25	8,91*	10,79	12,91	15,28	17,80	20,44				
323,8 x	8,8	68,40	87,10	5,74	6,58	7,45	8,72	10,61*	12,73	15,07	17,66	20,37	23,13				
323,8 x	10,0	77,40	98,60	7,28	8,39	9,55	11,13	13,37*	15,77	18,42	21,29	24,37	27,66				
323,8 x	11,0	84,90	108,00	8,69	10,07	11,47	13,29	15,90*	18,43	21,31	24,42	27,76	31,34				
323,8 x	12,5	96,00	122,00	11,06	12,85	14,61	16,77	20,00*	23,18	26,84	30,77	34,99	40,53				
323,8 x	14,2	108,00	138,00	14,06	16,36	18,53	21,03	24,99*	28,55	33,55	38,90	44,59	50,89				
323,8 x	16,0	121,00	155,00	17,60	20,45	23,04	25,91	30,28*	35,27	41,10	47,24	53,78	60,83				
323,8 x	17,5	132,00	168,00	20,81	24,13	27,07	30,26	35,39*	41,25	48,15	55,68	63,66	71,20				
323,8 x	20,0	150,00	191,00	26,67	30,78	34,32	38,05	46,23*	54,21	63,04	72,56	82,56	94,43				
323,8 x	25,0	184,00	235,00	40,09	45,89	50,71	55,65	66,34*	76,94	89,08	102,52	117,52	133,51				
355,6 x	8,8	75,30	95,90	5,02	6,22	6,86	7,70	9,58*	11,63	13,91	16,44	19,19	22,14				
355,6 x	10,0	85,20	109,00	6,98	7,89	8,76	9,88	13,89*	16,08	18,59	21,44	24,54	27,88				
355,6 x																	

Cálculo do g para e=0															Ângulo	45° - 90°
Diagonais di																
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4	-23,6															
38,1	-21,3	-26,9														
42,2	-19,2	-24,9	-29,8													
48,3	-16,2	-21,8	-26,8	-34,2												
60,3	-10,2	-15,8	-20,8	-28,2	-42,6											
73	-3,8	-9,5	-14,4	-21,8	-36,3	-51,6										
88,9	4,1	-1,5	-6,5	-13,9	-28,3	-43,7	-62,9									
101,6	10,5	4,8	-0,1	-7,5	-22,0	-37,3	-56,5	-71,8								
114,3	16,8	11,2	6,2	-1,2	-15,6	-31,0	-50,2	-65,5	-80,8							
141,3	30,3	24,7	19,7	12,3	-2,1	-17,5	-36,7	-52,0	-67,3	-99,9						
168,3	43,8	38,2	33,2	25,8	11,4	-4,0	-23,2	-38,5	-53,8	-86,4	-119,0					
219,1				51,2	36,8	21,4	2,2	-13,1	-28,4	-61,0	-93,6	-154,9				
273					63,7	48,4	29,2	13,9	-1,5	-34,1	-66,7	-128,0	-193,0			
323,8						73,8	54,6	39,3	23,9	-8,7	-41,3	-102,6	-167,6	-229,0		
355,6							89,7	70,5	55,2	39,8	7,2	-25,4	-86,7	-151,7	-213,1	-251,4

Ligação N - Valores de Fk															Ângulo	45° - 90°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,18	2,44	2,66												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,58	2,89	3,15												
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,13	3,49	3,81												
48,3 x 3,6	4,59	5,84	3,72	4,16	4,53												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,06	2,30	2,51	2,81											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,44	2,72	2,96	3,32											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,94	3,28	3,58	4,01											
48,3 x 4,5	5,34	6,80	3,49	3,89	4,24	4,76											
48,3 x 4,5	5,90	7,51	4,20	4,69	5,11	5,73											
48,3 x 4,5	6,53	8,31	5,11	5,70	6,21	6,97											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,90	2,12	2,31	2,58	3,11										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,24	2,49	2,71	3,03	3,65										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,69	2,99	3,25	3,64	4,39										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,17	3,53	3,84	4,30	5,18										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,81	4,24	4,61	5,15	6,22										
60,3 x 5,6	8,39	10,70	4,61	5,13	5,58	6,24	7,53										
60,3 x 5,6	9,32	11,90	5,62	6,25	6,79	7,59	9,16										
60,3 x 5,6	10,30	13,10	6,86	7,62	8,28	9,26	11,17										
60,3 x 5,6	11,20	14,20	8,06	8,94	9,72	10,86	13,11										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,78	2,00	2,18	2,43	2,92	3,43									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,08	2,33	2,54	2,84	3,41	4,01									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,49	2,79	2,99	3,39	4,07	4,79									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,94	3,28	3,57	3,99	4,79	5,63									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,52	3,91	4,26	4,76	5,72	6,72									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,25	4,72	5,15	5,73	6,89	8,10									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,17	5,73	6,22	6,95	8,35	9,82									
73,0 x 7,1	12,80	16,30	6,30	6,98	7,57	8,44	10,15	11,93									
73,0 x 7,1	13,90	17,70	7,38	8,17	8,86	9,88	11,87	13,96									
73,0 x 7,1	15,50	19,80	9,16	10,13	10,99	12,23	14,69	17,28									
73,0 x 7,1	16,80	21,40	10,77	11,90	12,89	14,36	17,24	20,28									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,81	1,86	2,05	2,31	2,78	3,25	3,83								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,89	2,16	2,38	2,69	3,23	3,77	4,45								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,28	2,58	2,85	3,18	3,83	4,48	5,28								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,69	3,03	3,32	3,72	4,47	5,23	6,18								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,23	3,62	3,94	4,42	5,31	6,21	7,34								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,91	4,35	4,74	5,30	6,36	7,45	8,80								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,75	5,28	5,73	6,39	7,67	8,99	10,62								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,79	6,41	6,95	7,74	9,28	10,87	12,85								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,79	7,50	8,12	9,04	10,82	12,68	14,99								
88,9 x 10,0	19,50	24,80	8,41	9,28	10,03	11,15	13,34	15,63	18,47								
88,9 x 11,0	21,10	26,90	9,89	10,89	11,76	13,07	15,62	18,29	21,62								
88,9 x 12,0	23,60	30,00	12,29	13,32	14,00	16,20	19,34	22,65	26,77								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,72	2,01	2,25	2,58	3,13	3,66	4,30	4,81							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,10	2,41	2,68	3,05	3,69	4,32	5,08	5,68							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,50	2,84	3,14	3,55	4,30	5,03	5,91	6,62							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,02	3,40	3,75	4,21	5,08	5,94	6,99	7,83							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,67	4,11	4,48	5,03	6,06	7,09	8,36	9,35							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,48	4,98	5,42	6,06	7,28	8,52	10,04	11,24							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,47	6,06	6,57	7,32	8,78	10,27	12,11	13,56							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,42	7,09	7,67	8,54	10,22	11,95	14,09	15,78							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	7,96	8,77	9,47	10,52	12,56	14,68	17,31	19,39							
101,6 x 11,0	24,60	31,30	9,36	10,29	11,10	12,31	14,68	17,15	20,22	22,66							
101,6 x 12,0	27,50	35,00	11,64	12,77	13,76	15,24	18,13	21,18	24,97	27,98							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,54	1,82	2,06	2,45	2,96	3,58	4,20	4,69	5,18						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,91	2,21	2,50	2,90	3,59	4,21	4,94	5,51	6,09						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,30	2,64	2,94	3,39	4,16	4,88	5,73	6,40	7,06						
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,81	3,18	3,52	4,01	4,89	5,74	6,74	7,54	8,32						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,45	3,87	4,24	4,80	5,82	6,83	8,03	8,97	9,91						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,23	4,72	5,14	5,78	6,97	8,17	9,61	10,74	11,87						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,19	5,75	6,24	6,98	8,38	9,81	11,55	12,91	14,27						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	6,10	6,74	7,30	8,13	9,74	11,39	13,40	14,99	16,56						

Ligação N - Valores de Fk		Ângulo	45°- 90°														
Banzo	Peso		Diagonal Di com θ = 90°														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	10,0	32,80	7,59	8,35	9,01	10,01	11,94	13,95	16,42	18,36	20,30						
114,3 x	11,0	35,70	8,93	9,80	10,57	11,70	13,93	16,27	19,14	21,41	23,66						
114,3 x	12,0	40,00	11,11	12,17	13,10	14,48	17,19	20,04	23,57	26,37	29,15						
114,3 x	13,0	44,70	13,83	15,12	16,25	17,95	21,25	24,74	29,09	32,55	35,98						
141,3 x	5,0	16,80	1,95	2,20	2,47	2,92	3,85	4,85	5,49	6,11	6,72	8,03					
141,3 x	5,6	18,70	2,41	2,72	3,02	3,52	4,53	5,43	6,41	7,14	7,86	9,39					
141,3 x	6,3	21,00	3,01	3,37	3,72	4,27	5,37	6,41	7,56	8,43	9,29	11,09					
141,3 x	7,1	23,50	3,75	4,18	4,58	5,20	6,42	7,67	8,99	10,03	11,05	13,20					
141,3 x	8,0	26,30	4,66	5,16	5,62	6,32	7,71	9,10	10,73	11,97	13,19	15,76					
141,3 x	8,8	28,80	5,53	6,10	6,61	7,39	8,94	10,51	12,38	13,82	15,24	18,21					
141,3 x	10,0	32,40	6,93	7,61	8,22	9,13	10,94	12,81	15,07	16,83	18,55	22,18					
141,3 x	11,0	35,30	8,20	8,97	9,66	10,70	12,75	14,89	17,49	19,53	21,54	25,76					
141,3 x	12,5	39,70	10,25	11,18	12,01	13,24	15,69	18,27	21,44	23,93	26,39	31,57					
141,3 x	14,2	44,50	12,79	13,92	14,92	16,41	19,36	22,48	26,34	29,40	32,42	38,80					
141,3 x	16,0	49,40	15,74	17,10	18,30	20,08	23,62	27,57	32,04	35,74	39,41	47,17					
141,3 x	17,5	53,40	18,39	19,96	21,34	23,39	27,46	31,78	37,17	41,45	45,71	54,71					
168,3 x	5,0	20,10	1,74	1,91	2,08	2,41	3,33	4,39	5,35	5,97	6,56	7,79	9,02				
168,3 x	5,6	22,50	2,15	2,37	2,59	2,98	4,00	5,11	6,20	6,93	7,62	9,05	10,48				
168,3 x	6,3	25,20	2,69	2,97	3,24	3,71	4,82	6,02	7,27	8,12	8,94	10,63	12,30				
168,3 x	7,1	28,20	3,38	3,72	4,05	4,60	5,83	7,14	8,58	9,59	10,56	12,56	14,54				
168,3 x	8,0	31,60	4,23	4,65	5,05	5,68	7,06	8,51	10,17	11,37	12,52	14,91	17,26				
168,3 x	8,8	34,60	5,05	5,54	6,00	6,72	8,22	9,82	11,69	13,07	14,40	17,14	19,86				
168,3 x	10,0	39,00	6,39	6,99	7,53	8,38	10,11	11,95	14,15	15,81	17,42	20,76	24,05				
168,3 x	11,0	42,70	7,60	8,29	8,92	9,87	11,81	13,87	16,36	18,28	20,14	24,01	27,82				
168,3 x	12,5	48,00	9,57	10,40	11,15	12,28	14,56	16,99	19,97	22,28	24,55	29,27	33,94				
168,3 x	14,2	54,00	12,01	13,02	13,92	15,27	17,99	20,87	24,45	27,26	30,02	35,81	41,52				
168,3 x	16,0	60,10	14,82	16,04	17,11	18,73	21,95	25,38	29,65	33,02	36,36	43,37	50,30				
168,3 x	17,5	65,10	17,35	18,75	19,98	21,84	25,51	29,43	34,33	38,21	42,06	50,16	58,19				
168,3 x	19,0	73,10	21,92	23,66	25,18	27,46	31,98	36,79	42,82	47,61	52,39	62,47	72,48				
219,1 x	6,3	33,10	2,97	3,64	4,75	5,93	7,59	9,52	11,69	13,07	14,40	17,14	19,86				
219,1 x	7,1	37,10	3,74	4,58	5,85	7,36	9,14	11,14	13,36	14,81	16,18	19,15	22,15				
219,1 x	8,0	41,60	4,70	5,74	7,17	8,71	10,51	12,55	14,84	16,37	17,78	21,00	24,15				
219,1 x	8,8	45,60	5,63	6,84	8,41	10,17	12,35	14,77	17,42	19,19	21,11	25,19	29,59				
219,1 x	10,0	51,60	7,16	8,62	10,40	12,79	15,47	18,47	21,81	24,47	26,38	31,70	37,39				
219,1 x	11,0	56,50	8,55	10,22	12,18	14,86	17,93	21,41	25,35	29,69	34,47	41,52	49,03				
219,1 x	12,5	63,70	10,80	12,79	15,05	17,93	21,77	26,17	31,12	36,57	42,52	51,19	60,63				
219,1 x	14,2	71,80	13,60	15,96	18,59	22,92	28,34	34,34	41,09	47,50	54,50	65,50	78,50				
219,1 x	16,0	80,10	16,82	19,61	22,67	27,80	34,09	41,55	49,37	57,57	66,18	80,19	95,84				
219,1 x	17,5	87,00	19,70	22,88	26,32	32,89	40,69	49,49	58,77	68,54	78,80	95,84	114,86				
219,1 x	20,0	98,20	24,91	28,77	32,94	40,69	50,40	60,88	72,41	83,20	95,31	114,86	139,13				
219,1 x	22,5	120,00	36,77	42,22	48,05	55,40	64,28	74,16	85,40	97,16	109,59	131,66	154,86				
273,0 x	6,3	41,40	3,04	3,56	4,74	5,93	7,59	9,52	11,69	13,07	14,40	17,14	19,86				
273,0 x	7,1	46,60	3,82	4,50	5,93	7,36	9,14	11,14	13,36	14,81	16,18	19,15	22,15				
273,0 x	8,0	52,30	4,79	5,68	7,36	8,71	10,55	12,55	14,84	16,37	17,78	21,00	24,15				
273,0 x	8,8	57,30	5,75	6,83	8,71	10,87	12,85	15,14	17,78	19,63	21,11	25,19	29,59				
273,0 x	10,0	64,90	7,35	8,70	10,87	13,11	15,86	19,07	22,77	25,92	28,53	34,47	41,52				
273,0 x	11,0	71,10	8,81	10,39	12,79	15,47	18,79	22,61	26,91	30,79	34,27	41,79	49,84				
273,0 x	12,5	80,30	11,20	13,11	15,86	19,07	22,61	26,91	31,68	36,05	40,01	48,84	58,84				
273,0 x	14,2	90,60	14,19	16,48	19,63	23,54	28,60	34,15	40,69	47,33	54,06	65,00	78,19				
273,0 x	16,0	101,00	17,64	20,34	23,95	29,09	35,40	42,40	50,37	58,80	67,80	82,19	99,84				
273,0 x	17,5	110,00	20,73	23,78	27,80	34,09	41,55	49,97	59,37	69,84	81,37	98,84	119,84				
273,0 x	20,0	125,00	26,29	29,98	34,75	42,40	51,40	61,40	72,71	84,60	97,16	118,19	143,84				
273,0 x	25,0	153,00	38,93	44,05	50,56	58,40	68,40	80,40	94,21	109,00	124,84	152,84	184,84				
273,0 x	28,0	180,00	53,53	60,29	68,86	79,75	92,67	107,56	124,41	143,30	163,19	195,19	232,19				
323,8 x	7,1	55,50	3,94	4,67	6,34	7,99	9,92	12,14	14,67	16,52	18,51	22,47	27,39				
323,8 x	8,0	62,30	4,94	5,90	7,71	9,52	11,69	14,22	17,14	19,41	21,84	26,66	32,47				
323,8 x	8,8	68,40	5,93	7,11	8,52	10,40	12,55	15,14	18,18	20,57	23,21	28,00	34,84				
323,8 x	10,0	77,40	7,57	9,11	10,78	12,99	15,67	18,92	22,67	26,01	28,94	35,19	43,19				
323,8 x	11,0	84,90	9,09	10,92	12,79	15,47	18,79	22,61	26,91	31,68	36,05	43,79	53,19				
323,8 x	12,5	96,00	11,61	13,86	16,02	19,07	22,61	26,91	32,16	37,57	43,14	52,19	63,19				
323,8 x	14,2	108,00	14,76	17,49	19,96	23,54	28,60	34,15	40,69	47,33	54,06	65,00	78,19				
323,8 x	16,0	121,00	18,43	21,65	24,46	29,09	35,40	42,40	50,37	58,80	67,80	82,19	99,84				
323,8 x	17,5	132,00	21,73	25,36	28,47	34,09	41,55	49,97	59,37	69,84	81,37	98,84	119,84				
323,8 x	20,0	150,00	27,67	32,01	35,65	42,40	51,40	61,40	72,71	84,60	97,16	118,19	143,84				
323,8 x	25,0	184,00	41,13	47,05	51,90	59,40	69,40	81,40	95,21	110,00	125,84	152,84	184,84				
355,6 x	8,8	75,30	5,61	6,50	7,49	8,97	10,90	13,14	15,77	17,81	20,06	24,19	29,39				
355,6 x	10,0	85,20	7,14	8,32	9,61	11,36	13,59	16,22	19,36	22,01	24,86	29,99	36,19				
355,6 x	11,0	93,50	8,56	10,01	11,54	13,49	16,02	19,16	22,81	26,06	29,01	35,19	42,47				
355,6 x	12,5	106,00															

Cálculo do g para e=0													Ângulo	50° - 90°		
Diagonais di																
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4	-24,5															
38,1	-22,5	-27,9														
42,2	-20,8	-26,2	-30,9													
48,3	-18,2	-23,7	-28,4	-35,4												
60,3	-13,2	-18,6	-23,3	-30,4	-44,2											
73	-7,9	-13,3	-18,0	-25,0	-38,9	-53,5										
88,9	-1,2	-6,6	-11,3	-18,4	-32,2	-46,8	-65,2									
101,6	4,1	-1,3	-6,0	-13,0	-26,9	-41,5	-59,8	-74,5								
114,3	9,5	4,0	-0,7	-7,7	-21,6	-36,2	-54,5	-69,2	-83,8							
141,3	20,8	15,4	10,6	3,6	-10,2	-24,9	-43,2	-57,8	-72,5	-103,6						
168,3	32,1	26,7	22,0	14,9	1,1	-13,5	-31,9	-46,5	-61,1	-92,3	-123,4					
219,1				36,2	22,4	7,8	-10,6	-25,2	-39,8	-71,0	-102,1	-160,6				
273					45,0	30,4	12,1	-2,6	-17,2	-48,3	-79,5	-138,0	-200,2			
323,8						51,7	33,4	18,7	4,1	-27,0	-58,1	-116,7	-178,8	-237,4		
355,6							65,0	46,7	32,1	17,4	-13,7	-44,8	-103,4	-165,5	-224,1	-260,7

Ligação N - Valores de Fk													Ângulo	50° - 90°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,58	2,89	3,15												
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,13	3,50	3,81												
48,3 x 4,0	4,59	5,84	3,72	4,16	4,54												
48,3 x 4,5	5,34	6,80	4,21	4,69	5,11	5,73											
60,3 x 3,6	5,90	7,51	4,21	4,69	5,11	5,73											
60,3 x 4,0	6,53	8,31	5,12	5,70	6,21	6,97											
60,3 x 4,5	7,55	9,62	5,12	5,70	6,21	6,97											
60,3 x 5,0	8,39	10,70	4,63	5,14	5,58	6,24	7,53										
60,3 x 5,6	9,32	11,90	5,63	6,26	6,80	7,60	9,16										
73,0 x 3,6	10,30	13,10	6,87	7,63	8,29	9,26	11,18										
73,0 x 4,0	11,20	14,20	8,07	8,95	9,73	10,87	13,11										
73,0 x 4,5	12,80	16,30	8,07	8,95	9,73	10,87	13,11										
73,0 x 5,0	13,90	17,70	7,41	8,19	8,88	9,89	11,88	13,96									
73,0 x 5,6	15,50	19,80	9,45	10,15	10,99	12,24	14,70	17,28									
73,0 x 6,3	16,80	21,40	10,80	11,93	12,91	14,38	17,25	20,28									
73,0 x 7,1	18,00	23,20	12,30	13,60	14,70	16,30	19,80	23,50									
88,9 x 3,6	12,80	16,30	6,32	7,00	7,58	8,45	10,15	11,93									
88,9 x 4,0	13,90	17,70	7,41	8,19	8,88	9,89	11,88	13,96									
88,9 x 4,5	15,50	19,80	9,45	10,15	10,99	12,24	14,70	17,28									
88,9 x 5,0	16,80	21,40	10,80	11,93	12,91	14,38	17,25	20,28									
88,9 x 5,6	18,00	23,20	12,30	13,60	14,70	16,30	19,80	23,50									
88,9 x 6,3	19,50	24,80	14,10	15,60	16,80	18,60	22,80	27,60									
88,9 x 7,1	21,00	26,90	16,20	17,90	19,30	21,30	26,10	31,50									
88,9 x 8,0	23,60	30,00	18,60	20,60	22,30	24,60	30,60	37,20									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,85	2,12	2,33	2,62	3,14	3,66	4,30	4,81							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,22	2,51	2,75	3,09	3,70	4,32	5,08	5,68							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,62	2,94	3,21	3,60	4,31	5,03	5,91	6,62							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,15	3,49	3,80	4,25	5,09	5,95	6,99	7,83							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,77	4,19	4,56	5,08	6,08	7,10	8,36	9,35							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,57	5,06	5,49	6,11	7,30	8,53	10,05	11,25							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,56	6,13	6,64	7,37	8,80	10,28	12,11	13,56							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,50	7,16	7,71	8,59	10,24	11,96	14,09	15,78							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	8,04	8,84	9,53	10,57	12,59	14,70	17,32	19,39							
114,3 x 4,0	24,60	31,30	9,43	10,36	11,16	12,36	14,71	17,17	20,23	22,66							
114,3 x 4,5	27,50	35,00	11,71	12,83	13,82	15,29	18,17	21,20	24,98	27,98							
114,3 x 5,0	30,00	38,90	14,30	15,60	16,70	18,40	22,20	26,40	31,50	35,80							
114,3 x 5,6	33,00	43,00	17,20	18,70	20,00	22,10	27,00	32,70	39,60	45,80							
114,3 x 6,3	36,00	47,30	20,40	22,20	23,70	26,10	32,40	39,60	48,00	55,80							
114,3 x 7,1	39,00	51,90	24,00	26,10	27,80	30,60	38,40	47,10	57,00	66,30							
114,3 x 8,0	42,00	56,80	28,00	30,40	32,30	35,40	44,40	54,60	66,00	76,80							
114,3 x 8,8	45,00	62,00	32,40	35,10	37,20	40,60	50,40	61,80	74,40	86,40							

Ligação N - Valores de Fk

Ângulo

50°- 90°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com $\theta = 90^\circ$														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x 10,0	25,70	32,80	7,70	8,45	9,11	10,09	11,99	13,98	16,43	18,37	20,30						
114,3 x 11,0	28,00	35,70	9,03	9,90	10,66	11,78	13,99	16,29	19,15	21,41	23,67						
114,3 x 12,0	31,40	40,00	11,21	12,26	13,18	14,55	17,24	20,07	23,59	26,38	29,16						
114,3 x 13,0	35,10	44,70	13,92	15,21	16,53	18,01	21,30	24,78	29,11	32,56	35,99						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,12	2,43	2,73	3,18	3,99	4,69	5,49	6,11	6,72	8,03					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,60	2,95	3,28	3,77	4,66	5,48	6,42	7,14	7,86	9,39					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,21	3,60	3,96	4,50	5,51	6,47	7,58	8,44	9,29	11,09					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,95	4,40	4,81	5,41	6,56	7,68	9,01	10,03	11,05	13,20					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	4,86	5,37	5,83	6,52	7,84	9,17	10,75	11,98	13,19	15,76					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	5,72	6,30	6,81	7,58	9,07	10,58	12,41	13,83	15,24	18,21					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	7,12	7,80	8,40	9,30	11,07	12,89	15,11	16,84	18,56	22,18					
141,3 x 11,0	35,30	45,00	8,37	9,15	9,84	10,86	12,87	14,96	17,53	19,55	21,55	25,76					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	10,41	11,35	12,17	13,40	15,81	18,35	21,48	23,95	26,40	31,58					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	12,95	14,08	15,07	16,55	19,48	22,56	26,39	29,43	32,44	38,80					
141,3 x 16,0	49,40	63,00	15,88	17,24	18,44	20,27	23,74	27,46	32,09	35,77	39,44	47,18					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,84	2,07	2,32	2,76	3,71	4,56	5,38	5,98	6,56	7,79	9,02				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,29	2,57	2,86	3,34	4,35	5,28	6,24	6,94	7,62	9,05	10,48				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	2,86	3,20	3,53	4,06	5,15	6,20	7,32	8,14	8,94	10,63	12,30				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,58	3,98	4,35	4,94	6,14	7,37	8,64	9,61	10,57	12,56	14,54				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,45	4,92	5,35	6,01	7,35	8,69	10,24	11,40	12,54	14,91	17,26				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,29	5,82	6,30	7,03	8,50	10,00	11,76	13,10	14,41	17,14	19,86				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	6,64	7,26	7,82	8,67	10,37	12,13	14,24	15,86	17,44	20,76	24,05				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	7,85	8,56	9,19	10,15	12,05	14,04	16,46	18,33	20,17	24,01	27,82				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	9,81	10,66	11,41	12,54	14,79	17,16	20,07	22,34	24,59	29,28	33,94				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	12,24	13,26	14,16	15,51	18,20	21,04	24,56	27,33	30,07	35,82	41,53				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	15,04	16,26	17,34	18,95	22,15	25,54	29,76	33,10	36,41	43,39	50,31				
168,3 x 18,0	65,10	82,90	17,56	18,96	20,20	22,05	25,71	29,53	34,44	38,29	42,12	50,19	58,20				
168,3 x 20,0	73,10	93,20	22,12	23,85	25,38	27,66	32,16	36,94	42,93	47,70	52,45	62,50	72,49				
219,1 x 6,3	33,10	42,10	3,21	4,17	5,46*	6,94*	8,71*	10,80*	13,26*	15,06*	16,66*	20,23	21,77	14,66			
219,1 x 7,1	37,10	47,30	4,04	5,14	6,52*	8,12*	9,98*	12,10*	14,54*	16,34*	17,94*	21,61	23,17	17,15			
219,1 x 8,0	41,60	53,10	5,06	6,31	7,79*	9,44*	11,30*	13,40*	15,84*	17,64*	19,24*	23,01	24,61	18,18			
219,1 x 8,8	45,60	58,10	6,03	7,41	9,00*	10,90*	13,00*	15,30*	17,90*	19,80*	21,50*	25,37	27,07	19,25			
219,1 x 10,0	51,60	65,70	7,59	9,18	10,95*	13,10*	15,60*	18,30*	21,30*	23,40*	25,30*	29,27	31,07	20,34			
219,1 x 11,0	56,50	71,90	8,99	10,76	12,70*	15,08*	17,68*	20,68*	24,08*	26,28*	28,08*	32,05	34,05	21,43			
219,1 x 12,5	63,70	81,10	11,26	13,30	15,53*	18,29*	21,29*	24,69*	28,49*	30,69*	32,49*	36,46	38,46	22,52			
219,1 x 14,2	71,80	91,40	14,04	16,44	19,03*	22,26*	25,79*	29,79*	34,19*	36,39*	38,19*	42,16	44,16	23,61			
219,1 x 16,0	80,10	102,00	17,25	20,06	23,08*	26,87*	30,87*	35,27*	39,67*	41,87*	43,67*	47,64	49,64	24,70			
219,1 x 17,5	87,00	111,00	20,12	23,30	26,72*	31,01*	35,40*	39,79*	44,19*	46,39*	48,19*	52,16	54,16	25,79			
219,1 x 20,0	98,20	125,00	25,30	29,16	33,30*	38,50*	42,64*	46,76*	50,88*	52,98*	54,78*	58,75	60,75	26,88			
273,0 x 6,3	41,40	52,80	3,25	4,13	5,90*	7,36*	8,97*	10,74*	12,76*	14,03*	15,06*	18,13	19,17	14,39			
273,0 x 7,1	46,60	59,30	4,11	5,18	7,06*	8,57*	10,18*	12,00*	14,03*	15,30*	16,23*	19,30	20,34	15,48			
273,0 x 8,0	52,30	66,60	5,19	6,44	8,45*	10,04*	11,73*	13,62*	15,72*	17,00*	17,83*	20,90	21,94	16,57			
273,0 x 8,8	57,30	73,00	6,22	7,64	9,76*	11,43*	13,20*	15,19*	17,39*	18,66*	19,49*	22,56	23,60	17,66			
273,0 x 10,0	64,90	82,60	7,91	9,55	11,86*	13,67*	15,53*	17,64*	19,94*	21,22*	21,94*	25,01	26,05	18,75			
273,0 x 11,0	71,10	90,50	9,43	11,24	13,72*	15,68*	17,50*	19,59*	22,08*	23,36*	24,08*	27,15	28,19	19,84			
273,0 x 12,5	80,30	102,00	11,87	13,96	16,73*	18,92*	21,01*	23,30*	25,99*	27,27*	27,99*	31,06	32,10	20,93			
273,0 x 14,2	90,60	115,00	14,89	17,30	20,43*	22,93*	25,35*	28,04*	30,94*	32,22*	32,94*	36,01	37,05	22,02			
273,0 x 16,0	101,00	129,00	18,34	21,12	24,70*	27,55*	30,36*	33,43*	36,67*	37,95*	38,67*	41,74	42,78	23,11			
273,0 x 17,5	110,00	140,00	21,42	24,53	28,52*	31,70*	34,85*	38,27*	41,87*	43,15*	43,87*	46,94	47,98	24,20			
273,0 x 20,0	125,00	159,00	26,96	30,68	35,41*	39,20*	42,97*	46,94*	51,00*	52,28*	52,99*	56,06	57,10	25,29			
273,0 x 25,0	153,00	195,00	39,54	44,66	51,14*	56,34*	61,53*	66,72*	72,00*	73,28*	73,99*	77,06	78,10	26,38			
323,8 x 7,1	55,50	70,60	4,22	5,51	7,13*	8,93*	10,80*	12,84*	15,06*	16,34*	17,06*	20,13	21,17	15,48			
323,8 x 8,0	62,30	79,40	5,34	6,89	8,63*	10,47*	12,47*	14,64*	16,98*	18,26*	18,98*	22,05	23,09	16,57			
323,8 x 8,8	68,40	87,10	6,43	8,20	10,04*	11,93*	13,98*	16,19*	18,56*	19,84*	20,56*	23,63	24,67	17,66			
323,8 x 10,0	77,40	98,60	8,23	10,29	12,26*	14,25*	16,35*	18,56*	20,94*	22,22*	22,94*	26,01	27,05	18,75			
323,8 x 11,0	84,90	108,00	9,86	12,15	14,23*	16,32*	18,52*	20,90*	23,48*	24,76*	25,48*	28,55	29,59	19,84			
323,8 x 12,5	96,00	122,00	12,49	15,10	17,38*	19,66*	22,06*	24,64*	27,32*	28,60*	29,32*	32,39	33,43	20,93			
323,8 x 14,2	108,00	138,00	15,72	18,71	21,24*	23,76*	26,49*	29,32*	32,26*	33,54*	34,26*	37,33	38,37	22,02			
323,8 x 16,0	121,00	155,00	19,43	22,83	25,66*	28,48*	31,43*	34,50*	37,68*	38,96*	39,68*	42,75	43,79	23,11			
323,8 x 17,5	132,00	168,00	22,74	26,50	29,60*	32,70*	35,90*	39,20*	42,60*	43,88*	44,60*	47,67	48,71	24,20			
323,8 x 20,0	150,00	191,00	28,66	33,09	36,69*	40,31*	44,17*	48,17*	52,30*	53,58*	54,30*	57,37	58,41	25,29			
323,8 x 25,0	184,00	235,00	42,05	48,00	52,82*	57,65*	62,48*	67,32*	72,17*	73,45*	74,17*	77,24	78,28	26,38			
355,6 x 8,8	75,30	95,90	5,92	7,29	8,89	10,88*	13,08*	15,48*	18,08*	19,36*	20,08*	23,15	24,19	17,57			
355,6 x 10,0	85,20	109,00	7,59	9,31	11,13	13,23*	15,53*	18,03*	20,73*	22,01*	22,73*	25,80	26,84	18,66			
355,6 x 11,0	93,50	119,00	9,13	11,12	13,10	15,30*	17,68*	20,28*	23,08*	24,36*	25,08*	28,15	29,19	19,75			
355,6 x 12,5	106,00	135,00	11,66	14,03	16,25	18,61*	21,18*	23,98*	26,88*	28,16*	28,88*	31,95	32,99	20,84			
355,6 x 14,2	120,00	152,00	14,81	17,60	20,08	22,66*	25,46*	28,46*	31,56*	32,84*	33,56*	36,63	37,67	21,93			
355,6 x 16,0	134,00	171,00	18,44	21,66	24,44	27,28*	30,38*	33,68*	37,18*	38,46*	39,18*	42,25	43,29	23,02			
355,6 x 17,5	146,00	186,00	21,69	25,28	28,31	31,41*	34,81*	38,41*	42,11*	43,39*	44,11*	47,18	48,22	24,11			
355,6 x 20,0	166,00	211,00	27,51	31,74	35,26	38,82*	42,62*	46,62*	50,62*	51,90*	52,62*	55,69	56,73	25,20			
355,6 x 25,0	204,00	260,00	40,65	46,33	50,96	55,63*	60,43*	65,33*	70,23*	71,51*	72,23*	75,30	76,34	26,29			

Cálculo do g para e=0														Ângulo	55° - 90°
Diagonais di															
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4	-25,4														
38,1	-23,7	-29,0													
42,2	-22,3	-27,5	-32,1												
48,3	-20,2	-25,4	-29,9	-36,7											
60,3	-16,0	-21,2	-25,7	-32,5	-45,8										
73	-11,5	-16,7	-21,3	-28,1	-41,4	-55,5									
88,9	-6,0	-11,2	-15,7	-22,5	-35,8	-49,9	-67,6								
101,6	-1,5	-6,7	-11,3	-18,1	-31,4	-45,5	-63,1	-77,2							
114,3	2,9	-2,3	-6,8	-13,6	-26,9	-41,0	-58,7	-72,8	-86,9						
141,3	12,4	7,2	2,6	-4,2	-17,5	-31,6	-49,2	-63,3	-77,4	-107,4					
168,3	21,8	16,6	12,1	5,3	-8,0	-22,1	-39,8	-53,9	-68,0	-98,0	-128,0				
219,1				23,1	9,8	-4,4	-22,0	-36,1	-50,2	-80,2	-110,2	-166,6			
273					28,6	14,5	-3,1	-17,2	-31,3	-61,3	-91,3	-147,7	-207,6		
323,8						32,3	14,7	0,5	-13,6	-43,5	-73,5	-129,9	-189,8	-246,2	
355,6						43,4	25,8	11,7	-2,4	-32,4	-62,4	-118,8	-178,6	-235,0	-270,4

Ligação N - Valores de Fk														Ângulo	55° - 90°		
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,18	2,44	2,66												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,59	2,89	3,15												
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,13	3,50	3,81												
48,3 x 3,6	4,59	5,84	3,72	4,16	4,54												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,07	2,30	2,51	2,81											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,44	2,72	2,96	3,32											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,95	3,29	3,58	4,01											
48,3 x 5,6	5,34	6,80	3,50	3,90	4,24	4,76											
48,3 x 5,6	5,90	7,51	4,21	4,69	5,11	5,73											
48,3 x 5,6	6,53	8,31	5,12	5,71	6,22	6,97											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,92	2,13	2,31	2,58	3,11										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,25	2,50	2,72	3,03	3,65										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,70	3,00	3,26	3,64	4,39										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,19	3,55	3,85	4,30	5,19										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,83	4,25	4,62	5,16	6,22										
60,3 x 5,6	8,39	10,70	4,64	5,15	5,59	6,25	7,53										
60,3 x 5,6	9,32	11,90	5,64	6,26	6,80	7,60	9,17										
60,3 x 5,6	10,30	13,10	6,88	7,64	8,29	9,27	11,18										
60,3 x 5,6	11,20	14,20	8,08	8,96	9,73	10,87	13,11										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,82	2,02	2,19	2,44	2,92	3,43									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,13	2,36	2,56	2,85	3,41	4,01									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,54	2,82	3,05	3,40	4,08	4,79									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,98	3,31	3,59	4,00	4,79	5,63									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,56	3,95	4,28	4,77	5,72	6,72									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,30	4,76	5,16	5,75	6,90	8,10									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,22	5,77	6,25	6,97	8,36	9,82									
73,0 x 7,1	12,80	16,30	6,34	7,01	7,60	8,46	10,15	11,93									
73,0 x 7,1	13,90	17,70	7,43	8,21	8,89	9,90	11,88	13,97									
73,0 x 7,1	15,50	19,80	9,21	10,17	11,01	12,26	14,70	17,28									
73,0 x 7,1	16,80	21,40	10,82	11,94	12,93	14,39	17,26	20,29									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,74	1,94	2,10	2,33	2,78	3,25	3,83								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,02	2,25	2,44	2,71	3,23	3,77	4,45								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,40	2,66	2,89	3,21	3,83	4,48	5,28								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,81	3,11	3,38	3,75	4,48	5,24	6,18								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,34	3,70	4,01	4,45	5,32	6,22	7,34								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	4,01	4,44	4,80	5,34	6,38	7,46	8,80								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,85	5,36	5,80	6,44	7,69	9,00	10,62								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,89	6,49	7,01	7,79	9,30	10,88	12,85								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,88	7,58	8,19	9,09	10,85	12,69	14,99								
88,9 x 8,8	19,50	24,80	8,50	9,36	10,10	11,20	13,37	15,64	18,48								
88,9 x 8,8	21,10	26,90	9,97	10,97	11,83	13,12	15,65	18,31	21,63								
88,9 x 8,8	23,60	30,00	12,37	13,60	14,66	16,25	19,37	22,67	26,78								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,94	2,18	2,37	2,64	3,14	3,66	4,30	4,81							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,30	2,57	2,80	3,12	3,71	4,32	5,08	5,68							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,70	3,00	3,26	3,62	4,32	5,03	5,91	6,62							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,20	3,55	3,85	4,28	5,10	5,95	7,00	7,83							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,84	4,25	4,60	5,11	6,09	7,10	8,36	9,35							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,64	5,12	5,54	6,15	7,32	8,54	10,05	11,25							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,62	6,19	6,68	7,41	8,82	10,29	12,11	13,56							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,56	7,22	7,76	8,63	10,26	11,97	14,10	15,78							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	8,10	8,89	9,58	10,61	12,61	14,71	17,32	19,40							
101,6 x 10,0	24,60	31,30	9,49	10,41	11,21	12,40	14,73	17,18	20,24	22,66							
101,6 x 10,0	27,50	35,00	11,76	12,88	13,87	15,33	18,19	21,22	24,99	27,99							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,85	2,11	2,31	2,59	3,09	3,58	4,20	4,69	5,18						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,21	2,49	2,72	3,04	3,63	4,21	4,94	5,51	6,09						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,59	2,90	3,16	3,53	4,20	4,89	5,73	6,40	7,06						
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,08	3,43	3,72	4,15	4,95	5,76	6,75	7,54	8,32						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,70	4,10	4,44	4,94	5,88	6,85	8,03	8,97	9,91						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,47	4,95	5,33	5,92	7,04	8,20	9,62	10,75	11,87						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,41	5,95	6,42	7,12	8,46	9,85	11,56	12,92	14,27						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	6,51	6,93	7,47	8,27	9,82	11,43	13,42	14,99	16,57						



Ligação N - Valores de Fk												Ângulo	55° - 90°					
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com $\theta = 90^\circ$														
				33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	10,0	25,70	32,80	7,78	8,53	9,18	10,14	12,03	14,00	16,44	18,37	20,30						
114,3 x	11,0	28,00	35,70	9,11	9,97	10,72	11,84	14,02	16,32	19,16	21,42	23,67						
114,3 x	12,0	31,40	40,00	11,28	12,33	13,25	14,61	17,28	20,10	23,60	26,38	29,16						
114,3 x	13,0	35,10	44,70	13,99	15,27	16,59	18,06	21,34	24,81	29,13	32,57	36,00						
141,3 x	5,0	16,80	21,40	2,33	2,65*	2,94	3,35	4,05	4,71	5,49	6,11	6,73	8,03					
141,3 x	5,6	18,70	23,90	2,81	3,16*	3,47	3,92	4,73	5,50	6,42	7,14	7,86	9,39					
141,3 x	6,3	21,00	26,70	3,40	3,80*	4,15	4,65	5,58	6,49	7,59	8,44	9,29	11,09					
141,3 x	7,1	23,50	29,90	4,14	4,59*	4,98	5,55	6,65	7,72	9,02	10,04	11,05	13,20					
141,3 x	8,0	26,30	33,50	5,03	5,55*	5,99	6,65	7,97	9,21	10,76	11,98	13,20	15,76					
141,3 x	8,8	28,80	36,60	5,89	6,46*	6,97	7,71	9,15	10,63	12,43	13,84	15,25	18,21					
141,3 x	10,0	32,40	41,20	7,27	7,95*	8,55	9,43	11,15	12,94	15,13	16,85	18,57	22,18					
141,3 x	11,0	35,30	45,00	8,52	9,29*	9,97	10,98	12,96	15,02	17,56	19,56	21,56	25,76					
141,3 x	12,5	39,70	50,60	10,55	11,48*	12,29	13,51	15,90	18,41	21,51	23,97	26,41	31,58					
141,3 x	14,2	44,50	56,70	13,07	14,20*	15,19	16,66	19,56	22,62	26,43	29,45	32,45	38,81					
141,3 x	16,0	49,40	63,00	16,00	17,36*	18,55	20,32	23,82	27,52	32,13	35,80	39,46	47,19					
168,3 x	5,0	20,10	25,70	2,04	2,34	2,64	2,92	3,50	4,63	5,39	5,98	6,56	7,79	9,02				
168,3 x	5,6	22,50	28,60	2,51	2,85	3,17	3,66	4,36	5,36	6,26	6,95	7,62	9,05	10,48				
168,3 x	6,3	25,20	32,10	3,10	3,48	3,83	4,36	5,35	6,28	7,34	8,15	8,94	10,63	12,30				
168,3 x	7,1	28,20	36,00	3,82	4,25	4,64	5,22	6,34	7,42	8,67	9,63	10,57	12,56	14,54				
168,3 x	8,0	31,60	40,30	4,70	5,18	5,62	6,27	7,54	8,80	10,28	11,42	12,54	14,91	17,26				
168,3 x	8,8	34,60	44,10	5,53	6,07	6,55	7,28	8,68	10,11	11,81	13,13	14,42	17,15	19,86				
168,3 x	10,0	39,00	49,70	6,87	7,50	8,06	8,90	10,55	12,24	14,29	15,89	17,46	20,77	24,05				
168,3 x	11,0	42,70	54,40	8,07	8,79	9,42	10,37	12,23	14,16	16,52	18,36	20,19	24,02	27,82				
168,3 x	12,5	48,00	61,20	10,02	10,87	11,62	12,74	14,96	17,28	20,14	22,39	24,61	29,29	33,94				
168,3 x	14,2	54,00	68,70	12,43	13,46	14,36	15,70	18,36	21,16	24,63	27,38	30,10	35,83	41,53				
168,3 x	16,0	60,10	76,60	15,22	16,45	17,52	19,13	22,30	25,66	29,84	33,15	36,45	43,40	50,31				
168,3 x	18,0	65,10	82,90	17,73	19,14	20,37	22,21	26,85	29,71	34,52	38,35	42,16	50,21	58,21				
168,3 x	20,0	73,10	93,20	22,27	24,01	25,54	27,81	32,50	37,06	43,02	47,77	52,51	62,53	72,50				
219,1 x	6,3	33,10	42,10	3,64	4,76*	5,93	7,12	7,93	8,68	10,23	11,77	14,66						
219,1 x	7,1	37,10	47,30	4,49	5,70*	6,96	8,31	9,26	10,15	11,97	13,77	17,15						
219,1 x	8,0	41,60	53,10	5,52	6,83*	8,21	9,75	10,86	11,91	14,06	16,18	20,15						
219,1 x	8,8	45,60	58,10	6,49	7,91*	9,40	11,12	12,38	13,58	16,04	18,46	23,00						
219,1 x	10,0	51,60	65,70	8,04	9,64*	11,33	13,32	14,83	16,27	19,23	22,14	27,59						
219,1 x	11,0	56,50	71,90	9,43	11,19*	13,06	15,30	17,02	18,67	22,09	25,44	31,70						
219,1 x	12,5	63,70	81,10	11,67	13,71*	15,87	18,51	20,56	22,56	26,70	30,76	38,34						
219,1 x	14,2	71,80	91,40	14,43	16,82*	19,55	22,49	24,95	27,37	32,39	37,34	46,55						
219,1 x	16,0	80,10	102,00	17,61	20,41*	23,59	27,10	30,02	32,91	38,96	44,92	56,02						
219,1 x	17,5	87,00	111,00	20,46	23,63*	27,01	31,23	34,58	37,89	44,85	51,71	64,51						
219,1 x	20,0	98,20	125,00	25,61	29,47*	34,58	39,73	42,82	46,90	55,49	63,99	79,85						
273,0 x	6,3	41,40	52,80	3,78	5,06	6,36	7,81	8,65	10,19	11,65	14,39	17,29						
273,0 x	7,1	46,60	59,30	4,72	6,10	7,57	9,03	10,00	11,80	13,50	16,67	20,03						
273,0 x	8,0	52,30	66,60	5,85	7,34	8,91	10,50	11,62	13,73	15,72	19,41	23,33						
273,0 x	8,8	57,30	73,00	6,92	8,50	10,18	11,89	13,15	15,55	17,81	22,00	26,44						
273,0 x	10,0	64,90	82,60	8,63	10,36	12,53	14,73	16,60	18,46	21,16	26,15	31,42						
273,0 x	11,0	71,10	90,50	10,14	12,02	14,37	16,73	17,79	21,05	24,14	29,85	35,87						
273,0 x	12,5	80,30	102,00	12,57	14,69	17,33	19,37	21,31	25,22	28,94	35,80	43,03						
273,0 x	14,2	90,60	115,00	15,55	17,97	21,00	23,37	25,67	30,35	34,85	43,13	51,85						
273,0 x	16,0	101,00	129,00	18,97	21,74	25,23	27,98	30,68	36,24	41,63	51,56	61,99						
273,0 x	17,5	110,00	140,00	22,02	25,12	29,03	32,13	35,18	41,52	47,70	59,09	71,06						
273,0 x	20,0	125,00	159,00	27,52	31,22	35,89	39,61	42,30	51,04	58,63	72,67	87,41						
273,0 x	25,0	153,00	195,00	40,03	45,14	51,57	56,72	61,87	72,74	83,51	103,55	124,62						
273,0 x	30,0	180,00	229,00	54,51	61,27	69,78	76,60	83,43	97,91	112,33	139,28	167,67						
323,8 x	7,1	55,50	70,60	4,97	6,88*	8,49	9,81	11,84	13,52	16,58	19,82	22,87						
323,8 x	8,0	62,30	79,40	6,21	8,24*	9,90	11,33	13,66	15,63	19,17	22,91	26,44						
323,8 x	8,8	68,40	87,10	7,37	9,51*	11,24	12,76	15,37	17,60	21,60	25,82	29,79						
323,8 x	10,0	77,40	98,60	9,24	11,54*	13,58	15,06	18,09	20,74	25,48	30,46	35,14						
323,8 x	11,0	84,90	108,00	10,88	13,34*	15,29	17,11	20,51	23,53	28,93	34,58	39,90						
323,8 x	12,5	96,00	122,00	13,52	16,22*	18,37	20,42	24,39	28,00	34,45	41,19	47,53						
323,8 x	14,2	108,00	138,00	16,73	19,75*	22,16	24,49	29,81	33,47	41,22	49,30	56,89						
323,8 x	16,0	121,00	155,00	20,40	23,80*	26,57	29,19	34,61	39,74	48,98	58,60	67,63						
323,8 x	17,5	132,00	168,00	23,67	27,42*	30,42	33,59	39,49	45,33	55,90	66,90	77,21						
323,8 x	20,0	150,00	191,00	29,53	33,93*	37,46	40,97	48,29	55,38	68,33	81,81	94,44						
323,8 x	25,0	184,00	235,00	42,82	48,74*	53,50	58,26	68,31	78,22	96,52	115,64	133,54						
355,6 x	8,8	75,30	95,90	6,68	8,68	10,55*	12,33	15,29	17,58	21,52	25,64	29,52	31,95					
355,6 x	10,0	85,20	109,00	8,51	10,73	12,70*	14,58	17,91	20,62	25,28	30,12	34,68	37,53					
355,6 x	11,0	93,50	119,00	10,14	12,54	14,60*	16,59	20,24	23,32	28,60	34,09	39,25	42,48					
355,6 x	12,5	106,00	135,00	12,75	15,41	17,64*	19,81	23,97	27,62	33,93	40,44	46,57	50,40					
355,6 x	14,2	120,00	152,00	15,94	18,92	21,37*	23,78	28,55	32,88	40,43	48,22	55,53	60,10					
355,6 x	16,0	134,00	171,00	19,57	22,91	25,64*	28,34	33,81	38,89	47,87	57,12	65,78	71,19					
355,6 x	17,5	146,00	186,00	22,80	26,47	29,45*	32,42	38,50	44,25	54,49	65,04	74,91	81,08					
355,6 x	20,0	166,00	211,00	28,58	32,85	36,31*	39,76	46,95	53,88	66,37	79,27	91,32	98,84					
355,6 x	25,0	204,00	260,00	41,61	47,30	51,88*	56,48	66,18	75,73	93,26	111,46	128,46	139,06					

Cálculo do g para e=0														Ângulo	60° - 90°
Diagonais di															
Banzo	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4	-26,3														
38,1	-25,0	-30,0													
42,2	-23,8	-28,9	-33,3												
48,3	-22,0	-27,1	-31,5	-38,1											
60,3	-18,6	-23,6	-28,1	-34,6	-47,6										
73	-14,9	-20,0	-24,4	-31,0	-43,9	-57,6									
88,9	-10,3	-15,4	-19,8	-26,4	-39,3	-53,0	-70,1								
101,6	-6,7	-11,7	-16,1	-22,7	-35,6	-49,3	-66,4	-80,1							
114,3	-3,0	-8,1	-12,5	-19,0	-32,0	-45,7	-62,8	-76,5	-90,1						
141,3	4,8	-0,3	-4,7	-11,2	-24,2	-37,9	-55,0	-68,7	-82,4	-111,4					
168,3	12,6	7,5	3,1	-3,5	-16,4	-30,1	-47,2	-60,9	-74,6	-103,6	-132,7				
219,1				11,2	-1,7	-15,4	-32,5	-46,2	-59,9	-89,0	-118,1	-172,8			
273					13,8	0,2	-17,0	-30,7	-44,3	-73,4	-102,5	-157,2	-215,3		
323,8						14,8	-2,3	-16,0	-29,7	-58,8	-87,8	-142,6	-200,6	-255,4	
355,6						24,0	6,9	-6,8	-20,5	-49,6	-78,7	-133,4	-191,5	-246,2	-280,5

**Ligação N - Valores de Fk**

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em colorido representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonal Di com θ = 90°														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,01														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	2,43														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	1,89	2,11													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,28	2,55													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	2,71	3,03													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,59	2,89	3,15												
48,3 x 3,6	4,18	5,33	3,13	3,50	3,81												
48,3 x 4,0	4,59	5,84	3,73	4,16	4,54												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,95	3,29	3,58	4,01											
60,3 x 3,6	5,34	6,80	3,50	3,90	4,25	4,76											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,26	2,50	2,72	3,03	3,65										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,71	3,01	3,26	3,64	4,39										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,20	3,55	3,85	4,30	5,19										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,83	4,26	4,62	5,16	6,22										
73,0 x 3,6	8,39	10,70	4,64	5,15	5,59	6,25	7,53										
73,0 x 4,0	8,31	11,90	5,65	6,27	6,81	7,60	9,17										
73,0 x 4,5	10,30	13,10	6,89	7,65	8,30	9,27	11,18										
73,0 x 5,0	11,20	14,20	8,09	8,97	9,74	10,88	13,12										
73,0 x 5,6	12,80	16,30	9,22	10,18	11,02	12,27	14,71	17,29									
88,9 x 3,6	13,90	17,70	7,45	8,23	8,90	9,91	11,89	13,97									
88,9 x 4,0	15,50	19,80	9,22	10,18	11,02	12,27	14,71	17,29									
88,9 x 4,5	16,80	21,40	10,83	11,96	12,94	14,40	17,26	20,29									
88,9 x 5,0	17,40	22,10	6,91	7,60	8,21	9,10	10,86	12,70	14,99								
88,9 x 5,6	19,50	24,80	8,53	9,38	10,12	11,22	13,38	15,65	18,48								
88,9 x 6,3	21,10	26,90	10,00	10,99	11,86	13,14	15,66	18,32	21,63								
88,9 x 7,1	23,60	30,00	12,40	13,62	14,69	16,27	19,39	22,68	26,78								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	2,21	2,39	2,65	3,14	3,66	4,30	4,81								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,36	2,61	2,82	3,13	3,71	4,32	5,08	5,68							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,75	3,04	3,28	3,64	4,32	5,03	5,92	6,62							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,25	3,59	3,88	4,30	5,11	5,95	7,00	7,83							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,89	4,29	4,63	5,13	6,10	7,11	8,36	9,35							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,89	5,16	5,57	6,17	7,33	8,54	10,05	11,25							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,67	6,23	6,72	7,44	8,83	10,30	12,12	13,56							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,61	7,26	7,82	8,65	10,28	11,98	14,10	15,78							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	8,14	8,93	9,62	10,63	12,63	14,72	17,33	19,40							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	2,47	2,35	2,61	3,09	3,58	4,20	4,69	5,18							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,29	2,55	2,76	3,07	3,63	4,22	4,94	5,51	6,09						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,87	2,96	3,21	3,55	4,21	4,89	5,73	6,40	7,06						
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,16	3,49	3,77	4,18	4,96	5,76	6,75	7,54	8,32						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,77	4,16	4,49	4,97	5,90	6,85	8,03	8,97	9,91						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,54	4,99	5,38	5,96	7,06	8,21	9,62	10,75	11,87						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,48	6,01	6,47	7,16	8,48	9,86	11,56	12,92	14,27						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	6,38	6,99	7,52	8,31	9,84	11,44	13,42	15,00	16,57						

Ligação N - Valores de Fk												Ângulo	60°- 90°				
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligamentos com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonal Di com θ = 90°														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
114,3 x	10,0	25,70	32,80	7,85	8,59	9,23	10,19	12,05	14,01	16,44	18,38	20,30					
114,3 x	11,0	28,00	35,70	9,18	10,03	10,78	11,88	14,05	16,33	19,17	21,42	23,67					
114,3 x	12,0	31,40	40,00	11,34	12,39	13,30	14,65	17,31	20,12	23,61	26,39	29,16					
114,3 x	14,0	35,10	44,70	14,05	15,33	16,44	18,11	21,38	24,83	29,14	32,58	36,00					
141,3 x	5,0	16,80	21,40	2,51	2,82	3,07	3,44	4,08	4,72	5,50	6,11	6,73	8,03				
141,3 x	5,6	18,70	23,90	2,98	3,32	3,60	4,01	4,77	5,51	6,43	7,15	7,86	9,39				
141,3 x	6,3	21,00	26,70	3,56	3,94	4,27	4,74	5,62	6,51	7,59	8,44	9,29	11,09				
141,3 x	7,1	23,50	29,90	4,25	4,72	5,10	5,64	6,68	7,74	9,03	10,04	11,05	13,20				
141,3 x	8,0	26,30	33,50	5,17	5,67	6,11	6,75	7,97	9,23	10,77	11,99	13,20	15,76				
141,3 x	8,8	28,80	36,60	6,02	6,58	7,08	7,80	9,21	10,66	12,44	13,85	15,25	18,21				
141,3 x	10,0	32,40	41,20	7,39	8,07	8,65	9,52	11,21	12,97	15,14	16,86	18,57	22,19				
141,3 x	11,0	35,30	45,00	8,65	9,40	10,07	11,07	13,02	15,06	17,58	19,58	21,56	25,76				
141,3 x	12,5	39,70	50,60	10,65	11,58	12,39	13,60	15,96	18,45	21,54	23,99	26,42	31,58				
141,3 x	14,2	44,50	56,70	12,17	13,30	14,28	15,75	19,63	22,67	26,46	29,47	32,47	38,81				
141,3 x	16,0	49,40	63,00	14,09	15,45	16,64	18,40	23,89	27,57	32,17	35,82	39,47	47,19				
141,3 x	17,0	53,40	68,10	15,72	17,25	18,65	20,70	27,73	31,99	37,31	41,55	45,78	54,74				
168,3 x	5,0	20,10	25,70	2,30	2,63	2,92	3,32	4,02	4,66	5,40	5,98	6,56	7,79	9,02			
168,3 x	5,6	22,50	28,60	2,77	3,12	3,43	3,87	4,66	5,40	6,27	6,95	7,62	9,05	10,48			
168,3 x	6,3	25,20	32,10	3,35	3,73	4,07	4,56	5,46	6,33	7,35	8,15	8,95	10,63	12,30			
168,3 x	7,1	28,20	36,00	4,06	4,49	4,87	5,42	6,45	7,47	8,69	9,63	10,57	12,56	14,54			
168,3 x	8,0	31,60	40,30	4,92	5,41	5,83	6,46	7,65	8,86	10,30	11,43	12,55	14,91	17,27			
168,3 x	8,8	34,60	44,10	5,74	6,28	6,75	7,45	8,80	10,18	11,84	13,14	14,43	17,15	19,86			
168,3 x	10,0	39,00	49,70	7,07	7,70	8,25	9,07	10,66	12,31	14,33	15,90	17,47	20,77	24,05			
168,3 x	11,0	42,70	54,40	8,26	8,97	9,59	10,53	12,34	14,24	16,56	18,39	20,20	24,02	27,82			
168,3 x	12,5	48,00	61,20	10,19	11,04	11,78	12,90	15,08	17,36	20,19	22,42	24,63	29,30	33,94			
168,3 x	14,2	54,00	68,70	12,59	13,61	14,51	15,84	18,47	21,25	24,69	27,41	30,12	35,84	41,53			
168,3 x	16,0	60,10	76,60	15,37	16,59	17,67	19,26	22,42	25,75	29,90	33,20	36,48	43,42	50,32			
168,3 x	17,0	65,10	82,90	17,87	19,28	20,51	22,35	25,97	29,80	34,59	38,40	42,19	50,22	58,21			
168,3 x	18,0	73,10	93,20	22,40	24,14	25,67	27,93	32,41	37,16	43,09	47,83	52,55	62,55	72,51			
219,1 x	6,3	33,10	42,10	4,12	5,18	5,18	6,16	7,20	7,96	8,69	9,24	10,24	11,77	14,66			
219,1 x	7,1	37,10	47,30	4,95	6,10	6,10	7,19	8,40	9,29	10,16	11,97	13,77	17,15				
219,1 x	8,0	41,60	53,10	5,96	7,21	7,21	8,44	9,85	10,91	11,93	14,06	16,18	20,15				
219,1 x	8,8	45,60	58,10	6,90	8,27	8,27	9,64	11,23	12,44	13,61	16,05	18,47	23,00				
219,1 x	10,0	51,60	65,70	8,43	9,98	9,98	11,56	13,45	14,90	16,31	19,24	22,15	27,59				
219,1 x	11,0	56,50	71,90	9,80	11,51	11,51	13,29	15,44	17,10	18,72	22,10	25,44	31,70				
219,1 x	12,5	63,70	81,10	12,01	14,01	14,01	16,10	18,66	20,66	22,62	26,72	30,77	38,34				
219,1 x	14,2	71,80	91,40	14,74	17,10	17,10	19,58	22,65	25,06	27,44	32,42	37,35	46,55				
219,1 x	16,0	80,10	102,00	17,90	20,67	20,67	23,61	27,26	30,14	33,00	39,00	44,93	56,02				
219,1 x	17,5	87,00	111,00	20,74	23,89	23,89	27,23	31,40	34,70	37,99	44,89	51,73	64,51				
219,1 x	20,0	98,20	125,00	25,87	29,71	29,71	33,79	38,90	42,96	47,00	55,55	64,02	79,86				
273,0 x	6,3	41,40	52,80	4,57	5,85	5,85	7,15	7,97	8,71	10,19	11,65	14,39	17,29				
273,0 x	7,1	46,60	59,30	5,50	6,83	6,83	8,26	9,22	10,08	11,81	13,50	16,67	20,03				
273,0 x	8,0	52,30	66,60	6,60	8,02	8,02	9,61	10,71	11,72	13,75	15,72	19,41	23,33				
273,0 x	8,8	57,30	73,00	7,64	9,15	9,15	10,88	12,11	13,26	15,57	17,81	22,00	26,44				
273,0 x	10,0	64,90	82,60	9,31	10,97	10,97	12,93	14,37	15,74	18,49	21,17	26,15	31,42				
273,0 x	11,0	71,10	90,50	10,79	12,59	12,59	14,76	16,39	17,94	21,10	24,16	29,85	35,87				
273,0 x	12,5	80,30	102,00	13,17	15,22	15,22	17,72	19,64	21,49	25,28	28,97	35,80	43,03				
273,0 x	14,2	90,60	115,00	16,11	18,47	18,47	21,38	23,65	25,86	30,43	34,88	43,14	51,85				
273,0 x	16,0	101,00	129,00	19,49	22,21	22,21	25,61	28,27	30,90	36,34	41,68	51,56	61,99				
273,0 x	17,5	110,00	140,00	22,51	25,97	25,97	29,40	32,42	35,40	41,64	47,75	59,10	71,06				
273,0 x	20,0	125,00	159,00	27,97	31,64	31,64	36,25	39,91	43,54	51,17	58,70	72,68	87,41				
273,0 x	25,0	153,00	195,00	40,42	45,51	45,51	51,91	57,02	62,12	72,91	83,62	103,59	124,63				
273,0 x	26,0	180,00	229,00	54,86	61,62	61,62	70,10	76,89	83,68	98,10	112,46	139,34	167,69				
323,8 x	7,1	55,50	70,60	6,12	7,95	7,95	9,15	10,13	11,89	13,53	16,58	19,82	22,87				
323,8 x	8,0	62,30	79,40	7,33	9,25	9,25	10,56	11,68	13,73	15,64	19,17	22,91	26,44				
323,8 x	8,8	68,40	87,10	8,47	10,47	10,47	11,89	13,13	15,46	17,62	21,60	25,82	29,79				
323,8 x	10,0	77,40	98,60	10,27	12,43	12,43	14,07	15,45	18,21	20,77	25,48	30,46	35,14				
323,8 x	11,0	84,90	108,00	11,88	14,19	14,19	16,02	17,52	20,64	23,57	28,93	34,58	39,90				
323,8 x	12,5	96,00	122,00	14,44	17,01	17,01	19,08	20,85	24,55	28,05	34,46	41,19	47,53				
323,8 x	14,2	108,00	138,00	17,59	20,49	20,49	22,75	24,93	29,34	33,55	41,24	49,31	56,90				
323,8 x	16,0	121,00	155,00	21,20	24,50	24,50	27,10	29,63	34,83	39,84	49,00	58,60	67,63				
323,8 x	17,5	132,00	168,00	24,43	28,09	28,09	30,99	33,84	39,74	45,45	55,93	66,90	77,21				
323,8 x	20,0	150,00	191,00	30,23	34,56	34,56	38,01	41,42	48,56	55,53	68,38	81,82	94,44				
323,8 x	25,0	184,00	235,00	43,43	49,31	49,31	54,01	58,71	68,62	78,42	96,60	115,67	133,54				
355,6 x	8,8	75,30	95,90	7,89	10,05	10,05	11,65	13,04	15,47	17,62	21,52	25,64	29,52	31,95			
355,6 x	10,0	85,20	109,00	9,72	12,01	12,01	13,74	15,29	18,13	20,68	25,28	30,12	34,68	37,53			
355,6 x	11,0	93,50	119,00	11,33	13,75	13,75	15,59										

Ligação Y - Valores de Fk														Ângulo	30°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso	Ao	Diagonais Di														
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x	3,2	2,38	3,04	4,84														
<del>33,4 x</del>	<del>3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	5,99														
38,1 x	3,2	2,75	3,51	4,01	4,97													
38,1 x	3,6	3,06	3,90	4,96	6,15													
<del>38,1 x</del>	<del>4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	6,00	7,43													
42,2 x	3,6	3,43	4,37	4,32	5,31	6,28												
42,2 x	4,0	3,77	4,80	5,22	6,41	7,59												
<del>42,2 x</del>	<del>4,5</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	6,45	7,93	9,38												
<del>42,2 x</del>	<del>5,0</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	7,80	9,59	11,34												
48,3 x	3,6	3,97	5,06	3,64	4,41	5,17	6,45											
48,3 x	4,0	4,37	5,57	4,40	5,33	6,25	7,79											
48,3 x	4,5	4,86	6,19	5,44	6,59	7,73	9,63											
<del>48,3 x</del>	<del>5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	6,57	7,97	9,34	11,65											
<del>48,3 x</del>	<del>5,5</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	8,06	9,78	11,46	14,28											
<del>48,3 x</del>	<del>6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	9,96	12,08	14,17	17,66											
60,3 x	3,6	5,03	6,41	2,84	3,36	3,87	4,72	6,74										
60,3 x	4,0	5,55	7,07	3,43	4,06	4,68	5,71	8,15										
60,3 x	4,5	6,19	7,89	4,24	5,02	5,78	7,06	10,07										
60,3 x	5,0	6,82	8,69	5,13	6,07	6,99	8,53	12,18										
60,3 x	5,6	7,55	9,62	6,29	7,44	8,57	10,46	14,93										
<del>60,3 x</del>	<del>6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	7,77	9,19	10,59	12,93	18,46										
<del>60,3 x</del>	<del>7,0</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	9,64	11,40	13,13	16,04	22,89										
<del>60,3 x</del>	<del>8,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	11,94	14,13	16,28	19,88	28,37										
<del>60,3 x</del>	<del>9,0</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	14,18	16,78	19,33	23,60	33,68										
73,0 x	3,6	6,16	7,85	2,38	2,75	3,11	3,71	5,14	7,00									
73,0 x	4,0	6,81	8,67	2,87	3,32	3,76	4,49	6,22	8,47									
73,0 x	4,5	7,60	9,68	3,55	4,10	4,64	5,55	7,69	10,46									
73,0 x	5,0	8,38	10,70	4,30	4,96	5,61	6,71	9,29	12,65									
73,0 x	5,6	9,31	11,90	5,27	6,08	6,89	8,23	11,40	15,51									
73,0 x	6,3	10,40	13,20	6,51	7,52	8,51	10,17	14,09	19,18									
73,0 x	7,1	11,50	14,70	8,07	9,33	10,55	12,61	17,47	23,78									
<del>73,0 x</del>	<del>8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	10,01	11,56	13,08	15,63	21,66	29,48									
<del>73,0 x</del>	<del>9,0</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	11,88	13,73	15,53	18,56	25,71	35,00									
<del>73,0 x</del>	<del>10,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	14,96	17,28	19,55	23,36	32,36	44,05									
<del>73,0 x</del>	<del>11,0</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	17,76	20,51	23,21	27,73	38,42	52,29									
88,9 x	3,6	7,57	9,65	2,06	2,32	2,57	3,00	4,00	5,30	7,28								
88,9 x	4,0	8,38	10,70	2,49	2,80	3,11	3,62	4,83	6,41	8,81								
88,9 x	4,5	9,37	11,90	3,08	3,46	3,84	4,48	5,98	7,92	10,89								
88,9 x	5,0	10,30	13,20	3,72	4,19	4,64	5,41	7,22	9,58	13,16								
88,9 x	5,6	11,50	14,70	4,56	5,13	5,69	6,64	8,86	11,75	16,14								
88,9 x	6,3	12,80	16,30	5,64	6,35	7,04	8,20	10,95	14,52	19,95								
88,9 x	7,1	14,30	18,20	6,99	7,87	8,73	10,17	13,58	18,01	24,74								
88,9 x	8,0	16,00	20,30	8,67	9,75	10,82	12,61	16,83	22,32	30,66								
88,9 x	8,8	17,40	22,10	10,29	11,58	12,85	14,97	19,98	26,50	36,40								
<del>88,9 x</del>	<del>10,0</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	12,95	14,58	16,17	18,84	25,16	33,35	45,82								
<del>88,9 x</del>	<del>11,0</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	15,37	17,30	19,20	22,37	29,86	39,60	54,40								
<del>88,9 x</del>	<del>12,0</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	19,35	21,78	24,16	28,16	37,59	49,84	68,47								
101,6 x	4,0	9,63	12,30	2,31	2,55	2,79	3,20	4,15	5,39	7,27	9,04							
101,6 x	4,5	10,80	13,70	2,85	3,15	3,45	3,95	5,13	6,66	8,99	11,18							
101,6 x	5,0	11,90	15,20	3,45	3,81	4,17	4,78	6,20	8,05	10,87	13,51							
101,6 x	5,6	13,30	16,90	4,23	4,68	5,12	5,86	7,61	9,88	13,33	16,57							
101,6 x	6,3	14,80	18,90	5,22	5,78	6,33	7,24	9,40	12,21	16,48	20,49							
101,6 x	7,1	16,50	21,10	6,48	7,17	7,85	8,98	11,66	15,14	20,43	25,40							
101,6 x	8,0	18,50	23,50	8,03	8,89	9,73	11,13	14,45	18,77	25,33	31,49							
101,6 x	8,8	20,10	25,70	9,53	10,55	11,55	13,22	17,16	22,28	30,07	37,39							
101,6 x	10,0	22,60	28,80	12,00	13,28	14,53	16,63	21,60	28,04	37,85	47,06							
<del>101,6 x</del>	<del>11,0</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	14,24	15,76	17,25	19,75	25,64	33,29	44,93	55,87							
<del>101,6 x</del>	<del>12,0</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	17,93	19,84	21,72	24,86	32,27	41,91	56,55	70,32							
114,3 x	4,0	10,90	13,90	2,19	2,38	2,58	2,91	3,68	4,68	6,20	7,64	9,26						
114,3 x	4,5	12,20	15,50	2,70	2,95	3,19	3,59	4,55	5,79	7,67	9,44	11,45						
114,3 x	5,0	13,50	17,20	3,27	3,56	3,85	4,34	5,50	6,99	9,27	11,41	13,84						
114,3 x	5,6	15,00	19,10	4,00	4,37	4,73	5,33	6,74	8,58	11,37	13,99	16,97						
114,3 x	6,3	16,80	21,40	4,95	5,40	5,84	6,58	8,33	10,60	14,05	17,30	20,97						
114,3 x	7,1	18,80	23,90	6,14	6,70	7,25	8,16	10,33	13,15	17,43	21,45	26,01						
114,3 x	8,0	21,00	26,70	7,61	8,30	8,98	10,12	12,81	16,30	21,60	26,59	32,24						
114,3 x	8,8	22,90	29,20	9,03	9,86	10,66	12,01	15,20	19,35	25,65	31,57	38,28						
114,3 x	10,0	25,70	32,80	11,37	12,41	13,42	15,12	19,14	24,35	32,28	39,74	48,18						
114,3 x	11,0	28,00	35,70	13,50	14,73	15,93	17,95	22,72	28,91	38,32	47,17	57,20						
<del>114,3 x</del>	<del>12,0</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	16,99	18,54	20,06	22,60	28,60	36,39	48,24	59,38	72,00						
<del>114,3 x</del>	<del>13,0</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	21,38	23,32	25,23	28,43	35,97	45,78	60,68	74,70	90,57						
141,3 x	5,0	16,80	21,40	3,05	3,25	3,45	3,79	4,57	5,60	7,15	8,61	10,27	14,44					
141,3 x	5,6	18,70	23,90	3,74	3,99	4,23	4,64	5,61	6,86	8,77	10,56	12,59	17,70					
141,3 x	6,3	21,00	26,70	4,63	4,93	5,23	5,74	6,93	8,48	10,84	13,05	15,57	21,88					
141,3 x																		

Ligação Y - Valores de Fk													Ângulo	30°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x 11,0	35,30	45,00	12,61	13,45	14,28	15,65	18,91	23,13	29,56	35,60	42,45	59,68					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	15,88	16,93	17,97	19,70	23,80	29,12	37,21	44,81	53,43	75,12					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	19,97	21,30	22,60	24,79	29,94	36,63	46,81	56,37	67,21	94,50					
X	X	X	24,76	26,41	28,02	30,73	37,11	45,41	58,03	69,88	83,32	117,14					
X	X	X	29,10	31,03	32,93	36,11	43,61	53,36	68,18	82,12	97,91	137,65					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,95	3,10	3,25	3,49	4,07	4,81	5,95	7,01	8,22	11,26	14,95				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,62	3,80	3,98	4,28	4,99	5,90	7,29	8,60	10,08	13,81	18,33				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	4,48	4,70	4,92	5,29	6,16	7,29	9,01	10,63	12,46	17,08	22,66				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	5,55	5,83	6,10	6,56	7,64	9,05	11,18	13,18	15,46	21,18	28,10				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,88	7,23	7,57	8,13	9,47	11,21	13,86	16,34	19,16	26,25	34,84				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	8,17	8,58	8,98	9,66	11,25	13,31	16,45	19,40	22,75	31,16	41,36				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	10,29	10,80	11,31	12,16	14,16	16,76	20,71	24,42	28,63	39,23	52,06				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	12,21	12,82	13,42	14,43	16,81	19,89	24,58	28,99	33,99	46,57	61,80				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	15,37	16,14	16,90	18,16	21,15	25,04	30,94	36,49	42,78	58,61	77,79				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	19,34	20,31	21,26	22,85	26,61	31,50	38,93	45,91	53,82	73,74	97,86				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	23,97	25,17	26,35	28,33	32,99	39,05	48,25	56,91	66,72	91,41	121,31				
X	X	X	28,17	29,58	30,96	33,29	38,76	45,88	56,70	66,87	78,40	107,41	142,55				
X	X	X	35,82	37,62	39,38	42,33	49,30	58,35	72,11	85,04	99,70	136,59	181,28				
219,1 x 6,3	33,10	42,10					4,90	5,45	6,15	7,22	8,23	9,37	12,23	15,71	23,89		
219,1 x 7,1	37,10	47,30					6,08	6,75	7,63	8,95	10,20	11,61	15,17	19,48	29,63		
219,1 x 8,0	41,60	53,10					7,54	8,37	9,45	11,10	12,65	14,40	18,81	24,15	36,73		
219,1 x 8,8	45,60	58,10					8,95	9,94	11,22	13,18	15,01	17,09	22,33	28,67	43,60		
219,1 x 10,0	51,60	65,70					11,27	12,51	14,13	16,59	18,90	21,51	28,10	36,09	54,88		
219,1 x 11,0	56,50	71,90					13,38	14,85	16,77	19,69	22,43	25,54	33,36	42,84	65,15		
219,1 x 12,5	63,70	81,10					16,84	18,70	21,11	24,78	28,24	32,15	42,00	53,92	82,00		
219,1 x 14,2	71,80	91,40					21,18	23,52	26,56	31,18	35,52	40,44	52,83	67,84	103,16		
219,1 x 16,0	80,10	102,00					26,25	29,15	32,92	38,65	44,03	50,13	65,49	84,09	127,88		
219,1 x 17,5	87,00	111,00					30,85	34,26	38,68	45,41	51,74	58,91	76,95	98,81	150,27		
219,1 x 20,0	98,20	125,00					39,23	43,57	49,19	57,75	65,80	74,92	97,86	125,66	191,10		
X	X	X					58,62	65,10	73,51	86,30	98,32	111,95	146,24	187,77	285,56		
273,0 x 6,3	41,40	52,80					5,13	5,60	6,32	7,00	7,77	9,70	12,04	17,54	24,96		
273,0 x 7,1	46,60	59,30					6,36	6,95	7,84	8,68	9,63	12,03	14,93	21,75	30,96		
273,0 x 8,0	52,30	66,60					7,88	8,61	9,72	10,76	11,94	14,91	18,50	26,97	38,38		
273,0 x 8,8	57,30	73,00					9,36	10,22	11,54	12,77	14,17	17,70	21,97	32,02	45,56		
273,0 x 10,0	64,90	82,60					11,78	12,87	14,52	16,08	17,84	22,28	27,65	40,30	57,35		
273,0 x 11,0	71,10	90,50					13,99	15,28	17,24	19,09	21,18	26,45	32,82	47,84	68,08		
273,0 x 12,5	80,30	102,00					17,61	19,23	21,70	24,03	26,66	33,29	41,32	60,22	85,69		
273,0 x 14,2	90,60	115,00					22,15	24,19	27,30	30,23	33,54	41,88	51,98	75,75	107,80		
273,0 x 16,0	101,00	129,00					27,46	29,99	33,85	37,47	41,58	51,91	64,43	93,91	133,64		
273,0 x 17,5	110,00	140,00					32,26	35,24	39,77	44,03	48,86	61,00	75,71	110,35	157,03		
273,0 x 20,0	125,00	159,00					41,03	44,82	50,58	55,99	62,13	77,57	96,28	140,33	199,69		
273,0 x 25,0	153,00	195,00					61,31	66,97	75,58	83,67	92,84	115,92	143,88	209,69	298,40		
X	X	X					85,12	92,98	104,94	116,17	128,90	160,95	199,76	291,15	414,31		
323,8 x 7,1	55,50	70,60						6,64	7,29	7,91	8,61	10,37	12,50	17,53	24,30	32,03	
323,8 x 8,0	62,30	79,40						8,23	9,04	9,81	10,67	12,86	15,50	21,73	30,12	39,71	
323,8 x 8,8	68,40	87,10						9,77	10,73	11,64	12,67	15,26	18,40	25,79	35,75	47,14	
323,8 x 10,0	77,40	98,60						12,29	13,51	14,65	15,95	19,21	23,16	32,47	45,01	59,34	
323,8 x 11,0	84,90	108,00						14,59	16,04	17,40	18,93	22,81	27,50	38,54	53,43	70,44	
323,8 x 12,5	96,00	122,00						18,37	20,19	21,90	23,83	28,71	34,61	48,51	67,25	88,67	
323,8 x 14,2	108,00	138,00						23,11	25,40	27,55	29,98	36,11	43,54	61,03	84,60	111,54	
323,8 x 16,0	121,00	155,00						28,65	31,48	34,15	37,17	44,77	53,98	75,66	104,88	138,28	
323,8 x 17,5	132,00	168,00						33,66	36,99	40,12	43,67	52,61	63,43	88,90	123,23	162,48	
323,8 x 20,0	150,00	191,00						42,80	47,04	51,02	55,54	66,90	80,66	113,06	156,72	206,62	
323,8 x 25,0	184,00	235,00						63,96	70,30	76,25	82,99	99,97	120,53	168,94	234,18	308,76	
355,6 x 8,8	75,30	95,90						9,60	10,42	11,19	12,06	14,25	16,90	23,14	31,56	41,18	48,03
355,6 x 10,0	85,20	109,00						12,09	13,11	14,08	15,18	17,93	21,27	29,13	39,72	51,83	60,46
355,6 x 11,0	93,50	119,00						14,35	15,57	16,72	18,02	21,29	25,25	34,58	47,16	61,53	71,77
355,6 x 12,5	106,00	135,00						18,06	19,60	21,04	22,68	26,80	31,78	43,53	59,36	77,45	90,34
355,6 x 14,2	120,00	152,00						22,72	24,65	26,47	28,53	33,71	39,98	54,76	74,67	97,43	113,65
355,6 x 16,0	134,00	171,00						28,17	30,56	32,81	35,36	41,79	49,57	67,88	92,57	120,78	140,89
355,6 x 17,5	146,00	186,00						33,10	35,91	38,56	41,55	49,10	58,24	79,76	108,77	141,93	165,55
355,6 x 20,0	166,00	211,00						42,09	45,67	49,03	52,84	62,44	74,07	101,44	138,32	180,49	210,53
355,6 x 25,0	204,00	260,00						62,89	68,24	73,27	78,97	93,31	110,68	151,58	206,70	269,70	314,60

Ligação Y - Valores de Fk															Ângulo	35°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo		Peso	Ao	Diagonais Di													
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
33,4 x	3,2	2,38	3,04	4,22													
<del>33,4 x</del>	<del>3,2</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	5,22													
38,1 x	3,2	2,75	3,51	3,50	4,34												
38,1 x	3,6	3,06	3,90	4,32	5,36												
<del>38,1 x</del>	<del>3,6</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	5,23	6,48												
42,2 x	3,6	3,43	4,37	3,76	4,63	5,47											
42,2 x	4,0	3,77	4,80	4,55	5,59	6,61											
<del>42,2 x</del>	<del>3,6</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	5,62	6,91	8,18											
<del>42,2 x</del>	<del>3,6</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	6,80	8,36	9,88											
48,3 x	3,6	3,97	5,06	3,17	3,85	4,51	5,62										
48,3 x	4,0	4,37	5,57	3,83	4,65	5,45	6,79										
48,3 x	4,5	4,86	6,19	4,74	5,75	6,74	8,40										
<del>48,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	5,73	6,95	8,15	10,15										
<del>48,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	7,02	8,52	9,99	12,45										
<del>48,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	8,68	10,53	12,35	15,39										
60,3 x	3,6	5,03	6,41	2,47	2,93	3,37	4,12	5,88									
60,3 x	4,0	5,55	7,07	2,99	3,54	4,08	4,98	7,10									
60,3 x	4,5	6,19	7,89	3,70	4,37	5,04	6,15	8,78									
60,3 x	5,0	6,82	8,69	4,47	5,29	6,09	7,44	10,61									
60,3 x	5,6	7,55	9,62	5,48	6,48	7,47	9,12	13,02									
<del>60,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	6,77	8,02	9,23	11,27	16,09									
<del>60,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	8,40	9,94	11,45	13,98	19,95									
<del>60,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	10,41	12,32	14,19	17,33	24,73									
<del>60,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	12,36	14,63	16,85	20,57	29,36									
73,0 x	3,6	6,16	7,85	2,07	2,39	2,71	3,24	4,48	6,10								
73,0 x	4,0	6,81	8,67	2,51	2,89	3,28	3,91	5,42	7,38								
73,0 x	4,5	7,60	9,68	3,10	3,58	4,05	4,84	6,70	9,12								
73,0 x	5,0	8,38	10,70	3,74	4,33	4,89	5,85	8,10	11,03								
73,0 x	5,6	9,31	11,90	4,59	5,30	6,00	7,17	9,93	13,52								
73,0 x	6,3	10,40	13,20	5,68	6,56	7,42	8,87	12,28	16,72								
73,0 x	7,1	11,50	14,70	7,04	8,13	9,20	10,99	15,23	20,73								
<del>73,0 x</del>	<del>3,6</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	8,73	10,08	11,41	13,63	18,88	25,70								
<del>73,0 x</del>	<del>3,6</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	10,36	11,97	13,54	16,18	22,41	30,51								
<del>73,0 x</del>	<del>3,6</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	13,04	15,06	17,04	20,37	28,21	38,40								
<del>73,0 x</del>	<del>3,6</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	15,48	17,88	20,23	24,18	33,49	45,59								
88,9 x	3,6	7,57	9,65	1,79	2,02	2,24	2,61	3,49	4,62	6,35							
88,9 x	4,0	8,38	10,70	2,17	2,44	2,71	3,16	4,21	5,59	7,68							
88,9 x	4,5	9,37	11,90	2,68	3,02	3,35	3,90	5,21	6,91	9,49							
88,9 x	5,0	10,30	13,20	3,24	3,65	4,05	4,72	6,30	8,35	11,47							
88,9 x	5,6	11,50	14,70	3,98	4,47	4,96	5,78	7,72	10,24	14,07							
88,9 x	6,3	12,80	16,30	4,91	5,53	6,14	7,15	9,55	12,66	17,39							
88,9 x	7,1	14,30	18,20	6,09	6,86	7,61	8,87	11,84	15,70	21,56							
88,9 x	8,0	16,00	20,30	7,55	8,50	9,43	10,99	14,67	19,46	26,73							
88,9 x	8,8	17,40	22,10	8,97	10,09	11,20	13,05	17,42	23,10	31,73							
<del>88,9 x</del>	<del>3,6</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	11,29	12,71	14,10	16,43	21,93	29,08	39,94							
<del>88,9 x</del>	<del>3,6</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	13,40	15,08	16,73	19,50	26,03	34,52	47,42							
<del>88,9 x</del>	<del>3,6</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	16,87	18,99	21,06	24,55	32,77	43,45	59,69							
101,6 x	4,0	9,63	12,30	2,01	2,22	2,43	2,79	3,62	4,70	6,34	7,88						
101,6 x	4,5	10,80	13,70	2,48	2,75	3,01	3,44	4,47	5,81	7,84	9,75						
101,6 x	5,0	11,90	15,20	3,00	3,32	3,64	4,16	5,41	7,02	9,47	11,78						
101,6 x	5,6	13,30	16,90	3,68	4,08	4,46	5,11	6,63	8,61	11,62	14,45						
101,6 x	6,3	14,80	18,90	4,55	5,04	5,51	6,31	8,20	10,64	14,36	17,86						
101,6 x	7,1	16,50	21,10	5,65	6,25	6,84	7,83	10,16	13,20	17,81	22,15						
101,6 x	8,0	18,50	23,50	7,00	7,75	8,48	9,70	12,60	16,36	22,08	27,45						
101,6 x	8,8	20,10	25,70	8,31	9,20	10,06	11,52	14,96	19,42	26,21	32,59						
101,6 x	10,0	22,60	28,80	10,46	11,58	12,67	14,50	18,83	24,45	32,99	41,02						
<del>101,6 x</del>	<del>3,6</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	12,42	13,74	15,04	17,21	22,35	29,02	39,17	48,70						
<del>101,6 x</del>	<del>3,6</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	15,63	17,30	18,93	21,67	28,13	36,53	49,30	61,30						
114,3 x	4,0	10,90	13,90	1,91	2,08	2,25	2,53	3,21	4,08	5,41	6,66	8,07					
114,3 x	4,5	12,20	15,50	2,36	2,57	2,78	3,13	3,96	5,04	6,69	8,23	9,98					
114,3 x	5,0	13,50	17,20	2,85	3,11	3,36	3,79	4,79	6,10	8,08	9,95	12,06					
114,3 x	5,6	15,00	19,10	3,49	3,81	4,12	4,64	5,87	7,48	9,91	12,20	14,79					
114,3 x	6,3	16,80	21,40	4,32	4,71	5,09	5,74	7,26	9,24	12,25	15,08	18,28					
114,3 x	7,1	18,80	23,90	5,35	5,84	6,32	7,12	9,01	11,46	15,19	18,70	22,67					
114,3 x	8,0	21,00	26,70	6,63	7,24	7,83	8,82	11,16	14,21	18,83	23,18	28,11					
114,3 x	8,8	22,90	29,20	7,88	8,59	9,30	10,47	13,25	16,86	22,36	27,52	33,37					
114,3 x	10,0	25,70	32,80	9,91	10,82	11,70	13,18	16,68	21,23	28,14	34,64	42,00					
114,3 x	11,0	28,00	35,70	11,77	12,84	13,89	15,65	19,80	25,20	33,41	41,12	49,86					
<del>114,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	14,81	16,16	17,48	19,70	24,93	31,72	42,05	51,76	62,76					
<del>114,3 x</del>	<del>3,6</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	18,64	20,33	21,99	24,78	31,36	39,91	52,90	65,11	78,96					
141,3 x	5,0	16,80	21,40	2,66	2,84	3,01	3,30	3,99	4,88	6,23	7,51	8,95	12,58				
141,3 x	5,6	18,70	23,90	3,26	3,48	3,69	4,05	4,89	5,98	7,64	9,21	10,98	15,43				
141,3 x	6,3	21,00	26,70	4,03	4,30	4,56	5,00	6,04	7,39	9,45	11,38	13,57	19,08				
141,3 x	7,1	23,50	29,90	5,00	5,33	5,66	6,21	7,49	9,17	11,72	14,11	16,83	23,66				
141,3 x	8,0	26,30	33,50	6,20	6,61	7,01	7,69	9,29	11,37	14,53	17,49	20,86	29,33				
141,3 x	8,8	28,80	36,60	7,36	7,85	8,33	9,13	11,03	13,50	17,24	20,77	24,76	34,81				
141,3 x	10,0	32,40	41,20	9,26	9,88	10,48	11,49	13,88	16,99	21,71	26,14	31,17	43,82				

Ligação Y - Valores de Fk

Ângulo 35°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso		Diagonais Di															
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
141,3 x 11,0	35,30	45,00	11,00	11,73	12,44	13,65	16,48	20,17	25,77	31,03	37,00	52,02						
141,3 x 12,5	39,70	50,60	13,84	14,76	15,66	17,18	20,75	25,38	32,44	39,06	46,58	65,48						
141,3 x 14,2	44,50	56,70	17,41	18,57	19,71	21,61	26,10	31,93	40,80	49,14	58,59	82,38						
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	21,59	23,02	24,43	26,79	32,35	39,59	50,58	60,92	72,63	102,12						
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	25,36	27,05	28,70	31,47	38,02	46,51	59,44	71,58	85,35	119,99						
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,58	2,70	2,83	3,04	3,54	4,19	5,18	6,11	7,17	9,82	13,03					
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,16	3,32	3,47	3,73	4,35	5,14	6,36	7,50	8,79	12,04	15,98					
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,90	4,10	4,29	4,61	5,37	6,36	7,86	9,27	10,86	14,89	19,76					
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,84	5,08	5,32	5,72	6,66	7,88	9,74	11,49	13,47	18,46	24,50					
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,00	6,30	6,60	7,09	8,26	9,77	12,08	14,25	16,70	22,88	30,37					
168,3 x 8,8	34,60	44,10	7,12	7,48	7,83	8,42	9,80	11,60	14,34	16,91	19,83	27,17	36,05					
168,3 x 10,0	39,00	49,70	8,97	9,42	9,86	10,60	12,34	14,61	18,05	21,29	24,96	34,19	45,38					
168,3 x 11,0	42,70	54,40	10,65	11,18	11,70	12,58	14,65	17,34	21,43	25,27	29,63	40,59	53,87					
168,3 x 12,5	48,00	61,20	13,40	14,07	14,73	15,83	18,44	21,83	26,97	31,81	37,29	51,10	67,81					
168,3 x 14,2	54,00	68,70	16,86	17,70	18,53	19,92	23,20	27,46	33,93	40,02	46,92	64,28	85,31					
168,3 x 16,0	60,10	76,60	20,90	21,94	22,97	24,69	28,76	34,04	42,06	49,61	58,16	79,68	105,75					
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	24,55	25,79	26,99	29,02	33,79	39,99	49,43	58,29	68,34	93,63	124,26					
<del>168,3 x 18,4</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	31,23	32,79	34,33	36,90	42,97	50,86	62,86	74,13	86,91	119,07	158,02					
219,1 x 6,3	33,10	42,10					4,28	4,75	5,36	6,29	7,17	8,16	10,66	13,69	20,83			
219,1 x 7,1	37,10	47,30					5,30	5,89	6,65	7,81	8,89	10,12	13,23	16,98	25,83			
219,1 x 8,0	41,60	53,10					6,57	7,30	8,24	9,68	11,02	12,55	16,39	21,05	32,01			
219,1 x 8,8	45,60	58,10					7,80	8,66	9,78	11,49	13,09	14,90	19,46	24,99	38,01			
219,1 x 10,0	51,60	65,70					9,82	10,91	12,32	14,46	16,47	18,75	24,50	31,46	47,84			
219,1 x 11,0	56,50	71,90					11,66	12,95	14,62	17,16	19,55	22,26	29,08	37,34	56,79			
219,1 x 12,5	63,70	81,10					14,68	16,30	18,40	21,60	24,61	28,02	36,61	47,01	71,49			
219,1 x 14,2	71,80	91,40					18,46	20,50	23,15	27,18	30,96	35,25	46,05	59,13	89,93			
219,1 x 16,0	80,10	102,00					22,89	25,41	28,70	33,69	38,38	43,70	57,09	73,31	111,48			
219,1 x 17,5	87,00	111,00					26,89	29,86	33,72	39,59	45,10	51,35	67,08	86,14	130,99			
219,1 x 20,0	98,20	125,00					34,20	37,98	42,88	50,35	57,36	65,31	85,31	109,54	166,58			
<del>219,1 x 20,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>					51,10	56,75	64,08	75,23	85,71	97,59	127,48	163,69	248,93			
273,0 x 6,3	41,40	52,80						4,47	4,88	5,51	6,10	6,77	8,45	10,49	15,29	21,76		
273,0 x 7,1	46,60	59,30						5,54	6,06	6,84	7,57	8,40	10,48	13,01	18,96	26,99		
273,0 x 8,0	52,30	66,60						6,87	7,51	8,47	9,38	10,41	13,00	16,13	23,51	33,45		
273,0 x 8,8	57,30	73,00						8,16	8,91	10,06	11,14	12,36	15,43	19,15	27,91	39,71		
273,0 x 10,0	64,90	82,60						10,27	11,22	12,66	14,02	15,55	19,42	24,10	35,13	49,99		
273,0 x 11,0	71,10	90,50						12,19	13,32	15,03	16,64	18,46	23,05	28,61	41,70	59,35		
273,0 x 12,5	80,30	102,00						15,35	16,77	18,92	20,95	23,24	29,02	36,02	52,49	74,70		
273,0 x 14,2	90,60	115,00						19,31	21,09	23,80	26,35	29,24	36,51	45,31	66,04	93,97		
273,0 x 16,0	101,00	129,00						23,93	26,14	29,51	32,66	36,24	45,25	56,17	81,86	116,49		
273,0 x 17,5	110,00	140,00						28,12	30,72	34,67	38,38	42,59	53,18	66,00	96,19	136,88		
273,0 x 20,0	125,00	159,00						35,77	39,07	44,09	48,81	54,16	67,62	83,93	122,33	174,08		
273,0 x 25,0	153,00	195,00						53,44	58,38	65,88	72,94	80,93	101,05	125,42	182,79	260,12		
<del>273,0 x 28,4</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>						74,20	81,06	91,48	101,27	112,37	140,30	174,14	253,80	361,16		
323,8 x 7,1	55,50	70,60							5,78	6,36	6,90	7,51	9,04	10,90	15,28	21,18	27,92	
323,8 x 8,0	62,30	79,40							7,17	7,88	8,55	9,30	11,21	13,51	18,94	26,25	34,62	
323,8 x 8,8	68,40	87,10							8,51	9,36	10,15	11,05	13,30	16,04	22,48	31,17	41,09	
323,8 x 10,0	77,40	98,60							10,72	11,78	12,77	13,90	16,75	20,19	28,30	39,23	51,73	
323,8 x 11,0	84,90	108,00							12,72	13,98	15,16	16,51	19,88	23,97	33,60	46,57	61,41	
323,8 x 12,5	96,00	122,00							16,01	17,60	19,09	20,78	25,03	30,17	42,29	58,62	77,29	
323,8 x 14,2	108,00	138,00							20,14	22,14	24,01	26,14	31,48	37,96	53,20	73,75	97,24	
323,8 x 16,0	121,00	155,00							24,97	27,44	29,77	32,40	39,03	47,05	65,95	91,42	120,54	
323,8 x 17,5	132,00	168,00							29,34	32,25	34,98	38,07	45,86	55,29	77,50	107,43	141,64	
323,8 x 20,0	150,00	191,00							37,31	41,01	44,48	48,41	58,32	70,31	98,55	136,61	180,12	
323,8 x 25,0	184,00	235,00							55,76	61,28	66,47	72,35	87,14	105,07	147,27	204,14	269,15	
355,6 x 8,8	75,30	95,90							8,37	9,08	9,75	10,51	12,42	14,73	20,17	27,51	35,90	41,87
355,6 x 10,0	85,20	109,00							10,54	11,43	12,27	13,23	15,63	18,54	25,39	34,63	45,18	52,70
355,6 x 11,0	93,50	119,00							12,51	13,57	14,57	15,70	18,56	22,01	30,15	41,11	53,64	62,57
355,6 x 12,5	106,00	135,00							15,74	17,08	18,34	19,77	23,36	27,71	37,95	51,74	67,52	78,76
355,6 x 14,2	120,00	152,00							19,81	21,49	23,07	24,87	29,38	34,86	47,74	65,09	84,94	99,07
355,6 x 16,0	134,00	171,00							24,55	26,64	28,60	30,83	36,43	43,21	59,17	80,69	105,29	122,82
355,6 x 17,5	146,00	186,00							28,85	31,30	33,61	36,22	42,80	50,77	69,53	94,82	123,72	144,32
355,6 x 20,0	166,00	211,00							36,69	39,81	42,74	46,07	54,43	64,57	88,42	120,58	157,33	183,53
355,6 x 25,0	204,00	260,00							54,82	59,49	63,87	68,84	81,34	96,48	132,13	180,18	235,10	274,24

Ligação Y - Valores de Fk																	Ângulo	40°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,77															
<del>33,4 x 3,6</del>	2,65	3,37	4,66															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,12	3,87														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,86	4,78														
<del>38,1 x 4,0</del>	3,36	4,29	4,66	5,78														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	3,36	4,13	4,88													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	4,06	4,99	5,90													
<del>42,2 x 4,6</del>	4,18	5,33	5,02	6,17	7,29													
<del>42,2 x 5,0</del>	4,59	5,84	6,07	7,46	8,82													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,83	3,43	4,02	5,02												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,42	4,15	4,86	6,06												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	4,23	5,13	6,01	7,49												
<del>48,3 x 5,0</del>	5,34	6,80	5,11	6,20	7,27	9,06												
<del>48,3 x 5,6</del>	5,90	7,51	6,27	7,60	8,91	11,11												
<del>48,3 x 6,0</del>	6,53	8,31	7,75	9,40	11,02	13,73												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,21	2,61	3,01	3,67	5,24											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,67	3,16	3,64	4,44	6,34											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,30	3,90	4,50	5,49	7,83											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,99	4,72	5,43	6,64	9,47											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,89	5,79	6,66	8,14	11,61											
<del>60,3 x 6,0</del>	8,39	10,70	6,04	7,15	8,24	10,06	14,36											
<del>60,3 x 7,0</del>	9,32	11,90	7,49	8,87	10,22	12,47	17,80											
<del>60,3 x 8,0</del>	10,30	13,10	9,29	10,99	12,66	15,46	22,07											
<del>60,3 x 9,0</del>	11,20	14,20	11,03	13,05	15,03	18,36	26,20											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,85	2,14	2,42	2,89	4,00	5,45										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,24	2,58	2,92	3,49	4,84	6,58										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,76	3,19	3,61	4,32	5,98	8,14										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,34	3,86	4,37	5,22	7,23	9,84										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	4,10	4,73	5,36	6,40	8,86	12,07										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,06	5,85	6,62	7,91	10,96	14,92										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	6,28	7,26	8,21	9,81	13,59	18,50										
<del>73,0 x 8,0</del>	12,80	16,30	7,79	8,99	10,18	12,16	16,85	22,93										
<del>73,0 x 9,0</del>	13,90	17,70	9,24	10,68	12,08	14,44	20,00	27,22										
<del>73,0 x 10,0</del>	15,50	19,80	11,63	13,44	15,21	18,17	25,17	34,26										
<del>73,0 x 11,0</del>	16,80	21,40	13,81	15,96	18,05	21,57	29,88	40,68										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,60	1,80	2,00	2,33	3,11	4,12	5,67									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,94	2,18	2,42	2,82	3,76	4,99	6,85									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,39	2,69	2,99	3,48	4,65	6,16	8,47									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,89	3,26	3,61	4,21	5,62	7,45	10,24									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,55	3,99	4,43	5,16	6,89	9,14	12,55									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	4,38	4,94	5,48	6,38	8,52	11,29	15,52									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	5,44	6,12	6,79	7,91	10,56	14,01	19,24									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	6,74	7,59	8,42	9,81	13,09	17,36	23,85									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	8,00	9,01	9,99	11,65	15,55	20,61	28,32									
<del>88,9 x 10,0</del>	19,50	24,80	10,07	11,34	12,58	14,66	19,57	25,94	35,64									
<del>88,9 x 11,0</del>	21,10	26,90	11,96	13,46	14,93	17,40	23,23	30,80	42,31									
<del>88,9 x 12,0</del>	23,60	30,00	15,05	16,94	18,80	21,90	29,24	38,77	53,26									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,79	1,99	2,17	2,49	3,23	4,19	5,66	7,03								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,22	2,45	2,69	3,07	3,99	5,18	6,99	8,70								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,68	2,97	3,25	3,72	4,82	6,26	8,45	10,51								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,29	3,64	3,98	4,56	5,92	7,68	10,37	12,89								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,06	4,50	4,92	5,63	7,31	9,50	12,82	15,94								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	5,04	5,58	6,10	6,99	9,07	11,78	15,89	19,76								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	6,25	6,91	7,56	8,66	11,24	14,60	19,70	24,50								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	7,42	8,21	8,98	10,28	13,35	17,33	23,39	29,08								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	9,33	10,33	11,30	12,94	16,80	21,81	29,44	36,61								
<del>101,6 x 11,0</del>	24,60	31,30	11,08	12,26	13,42	15,36	19,94	25,90	34,95	43,46								
<del>101,6 x 12,0</del>	27,50	35,00	13,95	15,43	16,89	19,34	25,10	32,60	43,99	54,70								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,70	1,85	2,01	2,26	2,86	3,64	4,83	5,94	7,20							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,10	2,29	2,48	2,79	3,54	4,50	5,97	7,34	8,90							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,54	2,77	3,00	3,38	4,27	5,44	7,21	8,88	10,76							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,12	3,40	3,68	4,14	5,24	6,67	8,84	10,88	13,20							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,85	4,20	4,54	5,12	6,48	8,25	10,93	13,46	16,32							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,78	5,21	5,64	6,35	8,04	10,23	13,56	16,69	20,23							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,92	6,46	6,99	7,87	9,96	12,68	16,80	20,68	25,08							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	7,03	7,67	8,29	9,35	11,83	15,05	19,95	24,56	29,78							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	8,85	9,65	10,44	11,76	14,89	18,94	25,11	30,91	37,48							
114,3 x 11,0	28,00	35,70	10,50	11,46	12,39	13,96	17,67	22,49	29,81	36,69	44,49							
<del>114,3 x 12,0</del>	31,40	40,00	13,22	14,42	15,60	17,58	22,24	28,31	37,52	46,19	56,00							
<del>114,3 x 13,0</del>	35,10	44,70	16,63	18,14	19,63	22,11	27,98	35,61	47,20	58,10	70,45							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,37	2,53	2,69	2,95	3,56	4,35	5,56	6,70	7,99	11,23						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,91	3,10	3,29	3,61	4,36	5,34	6,82	8,21	9,79	13,77						
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,60	3,84	4,07	4,47	5,39	6,60	8,43	10,15	12,11	17,02						
141,3 x 7,1	23,50	29,90	4,46	4,76	5,05	5,54	6,69	8,18	10,46	12,59	15,01	21,11						
141,3 x 8,0	26,30	33,50	5,53	5,90	6,26	6,86	8,29	10,14	12,96	15,61	18,61	26,17						
141,3 x 8,8	28,80	36,60	6,57	7,00	7,43	8,15	9,84	12,04	15,39	18,53	22,10	31,07						
141,3 x 10,0	32,40	41,20	8,27	8,82	9,35	10,26	12,39	15,16	19,37	23,33	27,81	39,10						



Ligação Y - Valores de Fk																Ângulo	40°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam i parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x 11,0	35,30	45,00	9,81	10,46	11,10	12,18	14,71	18,00	22,99	27,69	33,02	46,42					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	12,35	13,17	13,98	15,33	18,51	22,65	28,94	34,86	41,56	58,43					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	15,54	16,57	17,58	19,28	23,29	28,49	36,41	43,85	52,28	73,51					
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	19,26	20,54	21,80	23,90	28,87	35,32	45,14	54,36	64,81	91,12					
<del>141,3 x 17,8</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	22,63	24,14	25,61	28,09	33,92	41,51	53,04	63,87	76,16	107,07					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,30	2,41	2,53	2,72	3,16	3,74	4,63	5,46	6,40	8,76	11,63				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,82	2,96	3,10	3,33	3,88	4,59	5,67	6,69	7,84	10,75	14,26				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,48	3,66	3,83	4,12	4,79	5,67	7,01	8,27	9,69	13,28	17,63				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,32	4,54	4,75	5,10	5,94	7,04	8,70	10,26	12,02	16,47	21,86				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	5,35	5,62	5,89	6,33	7,37	8,72	10,78	12,71	14,90	20,42	27,10				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	6,36	6,68	6,99	7,51	8,75	10,35	12,80	15,09	17,69	24,24	32,17				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	8,00	8,40	8,80	9,46	11,01	13,03	16,11	19,00	22,27	30,51	40,49				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	9,50	9,98	10,44	11,23	13,07	15,47	19,12	22,55	26,44	36,22	48,07				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	11,96	12,56	13,14	14,13	16,45	19,48	24,07	28,39	33,28	45,59	60,51				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	15,04	15,80	16,54	17,77	20,70	24,50	30,28	35,71	41,87	57,36	76,12				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	18,65	19,58	20,50	22,03	25,66	30,37	37,54	44,27	51,90	71,10	94,36				
<del>168,3 x 17,8</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	21,91	23,01	24,09	25,89	30,15	35,69	44,11	52,02	60,98	83,55	110,88				
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	27,86	29,26	30,63	32,93	38,34	45,38	56,09	66,15	77,55	106,25	141,01				
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,82	4,24	4,78	5,62	6,40	7,29	9,52	12,22	18,58			
219,1 x 7,1	37,10	47,30				4,73	5,25	5,93	6,96	7,93	9,03	11,80	15,15	23,04			
219,1 x 8,0	41,60	53,10				5,86	6,51	7,35	8,63	9,84	11,20	14,63	18,78	28,57			
219,1 x 8,8	45,60	58,10				6,96	7,73	8,73	10,25	11,68	13,30	17,37	22,30	33,91			
219,1 x 10,0	51,60	65,70				8,76	9,73	10,99	12,90	14,70	16,73	21,86	28,07	42,69			
219,1 x 11,0	56,50	71,90				10,40	11,55	13,05	15,32	17,45	19,87	25,95	33,32	50,68			
219,1 x 12,5	63,70	81,10				13,10	14,54	16,42	19,28	21,96	25,01	32,67	41,95	63,79			
219,1 x 14,2	71,80	91,40				16,47	18,29	20,66	24,25	27,63	31,46	41,09	52,77	80,25			
219,1 x 16,0	80,10	102,00				20,42	22,68	25,61	30,06	34,25	39,00	50,94	65,41	99,48			
219,1 x 17,5	87,00	111,00				24,00	26,65	30,09	35,33	40,25	45,82	59,86	76,86	116,89			
219,1 x 20,0	98,20	125,00				30,52	33,89	38,27	44,92	51,18	58,27	76,12	97,75	148,65			
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				45,60	50,64	57,18	67,13	76,48	87,08	113,75	146,06	222,12			
273,0 x 6,3	41,40	52,80				3,99	4,36	4,92	5,44	6,04	6,75	7,54	9,36	13,65	19,42		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				4,95	5,40	6,10	6,75	7,49	8,35	11,61	16,92	24,08			
273,0 x 8,0	52,30	66,60				6,13	6,70	7,56	8,37	9,29	11,60	14,39	20,98	29,85			
273,0 x 8,8	57,30	73,00				7,28	7,95	8,98	9,94	11,03	13,77	17,09	24,90	35,44			
273,0 x 10,0	64,90	82,60				9,16	10,01	11,30	12,51	13,88	17,33	21,51	31,35	44,61			
273,0 x 11,0	71,10	90,50				10,88	11,88	13,41	14,85	16,48	20,57	25,53	37,21	52,96			
273,0 x 12,5	80,30	102,00				13,70	14,96	16,88	18,69	20,74	25,89	32,14	46,84	66,66			
273,0 x 14,2	90,60	115,00				17,23	18,82	21,24	23,51	26,09	32,58	40,43	58,93	83,85			
273,0 x 16,0	101,00	129,00				21,36	23,33	26,33	29,15	32,34	40,38	50,12	73,05	103,95			
273,0 x 17,5	110,00	140,00				25,10	27,41	30,94	34,25	38,00	47,45	58,89	85,83	122,15			
273,0 x 20,0	125,00	159,00				31,91	34,86	39,34	43,55	48,33	60,34	74,90	109,16	155,33			
273,0 x 25,0	153,00	195,00				47,69	52,09	58,79	65,08	72,22	90,17	111,92	163,11	232,11			
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				66,21	72,33	81,63	90,36	100,27	125,20	155,39	226,47	322,27			
323,8 x 7,1	55,50	70,60					5,16	5,67	6,15	6,70	7,31	9,73	13,63	18,90	24,92		
323,8 x 8,0	62,30	79,40					6,40	7,03	7,63	8,30	10,00	12,06	16,90	23,43	30,89		
323,8 x 8,8	68,40	87,10					7,60	8,35	9,06	9,86	11,87	14,31	20,06	27,81	36,67		
323,8 x 10,0	77,40	98,60					9,56	10,51	11,40	12,41	14,94	18,02	25,25	35,01	46,16		
323,8 x 11,0	84,90	108,00					11,35	12,48	13,53	14,73	17,74	21,39	29,98	41,56	54,79		
323,8 x 12,5	96,00	122,00					14,29	15,70	17,03	18,54	22,33	26,92	37,74	52,31	68,97		
323,8 x 14,2	108,00	138,00					17,97	19,75	21,43	23,32	28,09	33,87	47,47	65,81	86,77		
323,8 x 16,0	121,00	155,00					22,28	24,49	26,56	28,91	34,82	41,99	58,85	81,58	107,56		
323,8 x 17,5	132,00	168,00					26,18	28,77	31,21	33,97	40,92	49,34	69,15	95,86	126,39		
323,8 x 20,0	150,00	191,00					33,30	36,59	39,69	43,20	52,04	62,74	87,94	121,90	160,73		
323,8 x 25,0	184,00	235,00					49,75	54,68	59,31	64,56	77,76	93,75	131,41	182,16	240,17		
355,6 x 8,8	75,30	95,90					7,47	8,10	8,70	9,38	11,08	13,14	18,00	24,55	32,03	37,36	
355,6 x 10,0	85,20	109,00					9,40	10,20	10,95	11,80	13,95	16,55	22,66	30,90	40,32	47,03	
355,6 x 11,0	93,50	119,00					11,16	12,11	13,00	14,01	16,56	19,64	26,90	36,68	47,86	55,83	
355,6 x 12,5	106,00	135,00					14,05	15,24	16,37	17,64	20,84	24,72	33,86	46,17	60,25	70,28	
355,6 x 14,2	120,00	152,00					17,67	19,18	20,59	22,19	26,22	31,10	42,60	58,09	75,79	88,41	
355,6 x 16,0	134,00	171,00					21,91	23,77	25,52	27,51	32,50	38,56	52,80	72,00	93,95	109,59	
355,6 x 17,5	146,00	186,00					25,74	27,93	29,99	32,32	38,19	45,30	62,05	84,61	110,40	128,78	
355,6 x 20,0	166,00	211,00					32,74	35,52	38,14	41,11	48,57	57,61	78,90	107,60	140,39	163,77	
355,6 x 25,0	204,00	260,00					48,92	53,08	56,99	61,42	72,58	86,09	117,91	160,78	209,79	244,71	

Ligação Y - Valores de Fk																Ângulo	45°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,43														
X 33,4 x 3,2	2,65	3,37	4,23														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,84	3,52													
X 38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,84	3,52													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,51	4,35													
X 38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,51	4,35													
42,2 x 3,6	3,36	4,29	4,24	5,26													
X 42,2 x 3,6	3,36	4,29	4,24	5,26													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,05	3,75	4,44												
X 42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,05	3,75	4,44												
42,2 x 4,5	4,18	5,33	3,69	4,54	5,36												
X 42,2 x 4,5	4,18	5,33	3,69	4,54	5,36												
42,2 x 5,0	4,59	5,84	4,56	5,61	6,63												
X 42,2 x 5,0	4,59	5,84	4,56	5,61	6,63												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,57	3,12	3,66	4,56											
X 48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,57	3,12	3,66	4,56											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,11	3,77	4,42	5,51											
X 48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,11	3,77	4,42	5,51											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,84	4,66	5,47	6,81											
X 48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,84	4,66	5,47	6,81											
48,3 x 5,0	5,34	6,80	4,65	5,64	6,61	8,24											
X 48,3 x 5,0	5,34	6,80	4,65	5,64	6,61	8,24											
48,3 x 5,6	5,90	7,51	5,70	6,91	8,10	10,10											
X 48,3 x 5,6	5,90	7,51	5,70	6,91	8,10	10,10											
48,3 x 6,0	6,53	8,31	7,04	8,54	10,02	12,48											
X 48,3 x 6,0	6,53	8,31	7,04	8,54	10,02	12,48											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,01	2,37	2,73	3,34	4,77										
X 60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,01	2,37	2,73	3,34	4,77										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,43	2,87	3,31	4,04	5,76										
X 60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,43	2,87	3,31	4,04	5,76										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,00	3,55	4,09	4,99	7,12										
X 60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,00	3,55	4,09	4,99	7,12										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,62	4,29	4,94	6,03	8,61										
X 60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,62	4,29	4,94	6,03	8,61										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,44	5,26	6,06	7,40	10,56										
X 60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,44	5,26	6,06	7,40	10,56										
60,3 x 6,0	8,39	10,70	5,49	6,50	7,49	9,14	13,05										
X 60,3 x 6,0	8,39	10,70	5,49	6,50	7,49	9,14	13,05										
60,3 x 7,0	9,32	11,90	6,81	8,06	9,29	11,34	16,18										
X 60,3 x 7,0	9,32	11,90	6,81	8,06	9,29	11,34	16,18										
60,3 x 8,0	10,30	13,10	8,45	9,99	11,51	14,06	20,06										
X 60,3 x 8,0	10,30	13,10	8,45	9,99	11,51	14,06	20,06										
60,3 x 9,0	11,20	14,20	10,03	11,87	13,67	16,69	23,82										
X 60,3 x 9,0	11,20	14,20	10,03	11,87	13,67	16,69	23,82										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,68	1,94	2,20	2,63	3,64	4,95									
X 73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,68	1,94	2,20	2,63	3,64	4,95									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,03	2,35	2,66	3,17	4,40	5,99									
X 73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,03	2,35	2,66	3,17	4,40	5,99									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,51	2,90	3,28	3,92	5,44	7,40									
X 73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,51	2,90	3,28	3,92	5,44	7,40									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,04	3,51	3,97	4,74	6,57	8,94									
X 73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,04	3,51	3,97	4,74	6,57	8,94									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,72	4,30	4,87	5,82	8,06	10,97									
X 73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,72	4,30	4,87	5,82	8,06	10,97									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,60	5,32	6,02	7,19	9,96	13,56									
X 73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,60	5,32	6,02	7,19	9,96	13,56									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,71	6,60	7,46	8,92	12,35	16,81									
X 73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,71	6,60	7,46	8,92	12,35	16,81									
73,0 x 8,0	12,80	16,30	7,08	8,18	9,25	11,06	15,31	20,84									
X 73,0 x 8,0	12,80	16,30	7,08	8,18	9,25	11,06	15,31	20,84									
73,0 x 9,0	13,90	17,70	8,40	9,71	10,98	13,12	18,18	24,75									
X 73,0 x 9,0	13,90	17,70	8,40	9,71	10,98	13,12	18,18	24,75									
73,0 x 10,0	15,50	19,80	10,58	12,22	13,82	16,52	22,88	31,15									
X 73,0 x 10,0	15,50	19,80	10,58	12,22	13,82	16,52	22,88	31,15									
73,0 x 11,0	16,80	21,40	12,56	14,50	16,41	19,61	27,16	36,98									
X 73,0 x 11,0	16,80	21,40	12,56	14,50	16,41	19,61	27,16	36,98									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,46	1,64	1,82	2,12	2,83	3,75	5,15								
X 88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,46	1,64	1,82	2,12	2,83	3,75	5,15								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,76	1,98	2,20	2,56	3,42	4,53	6,23								
X 88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,76	1,98	2,20	2,56	3,42	4,53	6,23								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,18	2,45	2,72	3,17	4,23	5,60	7,70								
X 88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,18	2,45	2,72	3,17	4,23	5,60	7,70								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,63	2,96	3,28	3,83	5,11	6,77	9,30								
X 88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,63	2,96	3,28	3,83	5,11	6,77	9,30								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,22	3,63	4,03	4,69	6,26	8,31	11,41								
X 88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,22	3,63	4,03	4,69	6,26	8,31	11,41								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,99	4,49	4,98	5,80	7,74	10,27	14,10								
X 88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,99	4,49	4,98	5,80	7,74	10,27	14,10								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,94	5,56	6,17	7,19	9,60	12,73	17,49								
X 88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,94	5,56	6,17	7,19	9,60	12,73	17,49								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	6,13	6,90	7,65	8,92	11,90	15,78	21,68								
X 88,9 x 8,0	16,00	20,30	6,13	6,90	7,65	8,92	11,90	15,78	21,68								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	7,27	8,19	9,08	10,59	14,13	18,74	25,74								
X 88,9 x 8,8	17,40	22,10	7,27	8,19	9,08	10,59	14,13	18,74	25,74								
88,9 x 9,0	19,50	24,80	9,16	10,31	11,43	13,32	17,79	23,58	32,40								
X 88,9 x 9,0	19,50	24,80	9,16	10,31	11,43	13,32	17,79	23,58	32,40								
88,9 x 10,0	21,10	26,90	10,87	12,24	13,57	15,82	21,12	28,00	38,46								
X 88,9 x 10,0	21,10	26,90	10,87	12,24	13,57	15,82	21,12	28,00	38,46								
88,9 x 10,5	23,60	30,00	13,68	15,40	17,09	19,91	26,58	35,24	48,41								
X 88,9 x 10,5	23,60	30,00	13,68	15,40	17,09	19,91	26,58	35,24	48,41								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,63	1,80	1,97	2,26	2,93	3,81	5,14	6,40							
X 101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,63	1,80	1,97	2,26	2,93	3,81	5,14	6,40							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,02	2,23	2,44	2,79	3,63	4,71	6,36	7,91							
X 101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,02	2,23	2,44	2,79	3,63	4,71	6,36	7,91							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,44	2,70</													

**Ligação Y - Valores de Fk**

Ângulo 45°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
141,3 x 11,0	35,30	45,00	8,92	9,51	10,09	11,07	13,37	16,36	20,90	25,17	30,01	42,20						
141,3 x 12,5	39,70	50,60	11,23	11,97	12,71	13,93	16,83	20,59	26,31	31,69	37,78	53,12						
141,3 x 14,2	44,50	56,70	14,12	15,06	15,98	17,53	21,17	25,90	33,10	39,86	47,53	66,82						
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>17,51</del>	<del>18,67</del>	<del>19,81</del>	<del>21,73</del>	<del>26,24</del>	<del>32,11</del>	<del>41,03</del>	<del>49,42</del>	<del>58,92</del>	<del>82,83</del>						
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>20,57</del>	<del>21,94</del>	<del>23,28</del>	<del>25,53</del>	<del>30,84</del>	<del>37,73</del>	<del>48,21</del>	<del>58,06</del>	<del>69,23</del>	<del>97,33</del>						
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,09	2,19	2,30	2,47	2,87	3,40	4,20	4,96	5,81	7,97	10,57					
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,56	2,69	2,82	3,03	3,53	4,17	5,16	6,08	7,13	9,77	12,96					
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,17	3,33	3,48	3,74	4,36	5,16	6,37	7,52	8,81	12,07	16,02					
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,93	4,12	4,32	4,64	5,40	6,40	7,90	9,32	10,93	14,97	19,87					
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,87	5,11	5,35	5,75	6,70	7,93	9,80	11,56	13,55	18,56	24,63					
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,78	6,07	6,35	6,83	7,95	9,41	11,63	13,72	16,08	22,04	29,24					
168,3 x 10,0	39,00	49,70	7,27	7,64	8,00	8,60	10,01	11,85	14,64	17,27	20,24	27,74	36,81					
168,3 x 11,0	42,70	54,40	8,64	9,07	9,49	10,20	11,88	14,07	17,38	20,50	24,03	32,93	43,70					
168,3 x 12,5	48,00	61,20	10,87	11,41	11,95	12,84	14,96	17,70	21,88	25,80	30,25	41,45	55,01					
168,3 x 14,2	54,00	68,70	13,67	14,36	15,03	16,16	18,82	22,27	27,52	32,46	38,06	52,14	69,20					
168,3 x 16,0	60,10	76,60	16,95	17,80	18,63	20,03	23,33	27,61	34,12	40,24	47,18	64,64	85,78					
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>19,92</del>	<del>20,92</del>	<del>21,90</del>	<del>23,54</del>	<del>27,41</del>	<del>32,44</del>	<del>40,09</del>	<del>47,28</del>	<del>55,44</del>	<del>75,95</del>	<del>100,80</del>					
<del>168,3 x 19,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	<del>25,33</del>	<del>26,60</del>	<del>27,84</del>	<del>29,93</del>	<del>34,86</del>	<del>41,26</del>	<del>50,99</del>	<del>60,13</del>	<del>70,50</del>	<del>96,58</del>	<del>128,18</del>					
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,47	3,85	4,35	5,11	5,82	6,62	8,65	11,11	16,89				
219,1 x 7,1	37,10	47,30				4,30	4,78	5,39	6,33	7,21	8,21	10,73	13,77	20,95				
219,1 x 8,0	41,60	53,10				5,33	5,92	6,69	7,85	8,94	10,18	13,30	17,08	25,97				
219,1 x 8,8	45,60	58,10				6,33	7,03	7,94	9,32	10,61	12,09	15,79	20,27	30,83				
219,1 x 10,0	51,60	65,70				7,97	8,85	9,99	11,73	13,36	15,21	19,87	25,52	38,80				
219,1 x 11,0	56,50	71,90				9,46	10,50	11,86	13,92	15,86	18,06	23,59	30,29	46,07				
219,1 x 12,5	63,70	81,10				11,90	13,22	14,93	17,52	19,97	22,73	29,70	38,13	57,99				
219,1 x 14,2	71,80	91,40				14,98	16,63	18,78	22,05	25,12	28,60	37,36	47,97	72,95				
219,1 x 16,0	80,10	102,00				18,56	20,62	23,28	27,33	31,14	35,45	46,31	59,46	90,43				
219,1 x 17,5	87,00	111,00				21,81	24,22	27,35	32,11	36,59	41,66	54,42	69,87	106,26				
219,1 x 20,0	98,20	125,00				27,74	30,81	34,79	40,84	46,53	52,97	69,20	88,85	135,13				
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				41,45	46,03	51,98	61,02	69,53	79,16	103,41	132,78	201,92				
273,0 x 6,3	41,40	52,80					3,63	3,96	4,47	4,95	5,49	6,86	8,51	12,40	17,65			
273,0 x 7,1	46,60	59,30					4,50	4,91	5,54	6,14	6,81	8,50	10,55	15,38	21,89			
273,0 x 8,0	52,30	66,60					5,58	6,09	6,87	7,61	8,44	10,54	13,08	19,07	27,14			
273,0 x 8,8	57,30	73,00					6,62	7,23	8,16	9,03	10,02	12,51	15,53	22,64	32,22			
273,0 x 10,0	64,90	82,60					8,33	9,10	10,27	11,37	12,62	15,75	19,55	28,50	40,55			
273,0 x 11,0	71,10	90,50					9,89	10,80	12,19	13,50	14,98	18,70	23,21	33,83	48,14			
273,0 x 12,5	80,30	102,00					12,45	13,60	15,35	16,99	18,85	23,54	29,22	42,58	60,59			
273,0 x 14,2	90,60	115,00					15,66	17,11	19,31	21,37	23,72	29,61	36,75	53,57	76,23			
273,0 x 16,0	101,00	129,00					19,41	21,21	23,93	26,50	29,40	36,71	45,56	66,40	94,49			
273,0 x 17,5	110,00	140,00					22,81	24,92	28,12	31,13	34,55	43,13	53,54	78,03	111,03			
273,0 x 20,0	125,00	159,00					29,01	31,69	35,76	39,59	43,93	54,85	68,08	99,23	141,20			
273,0 x 25,0	153,00	195,00					43,35	47,36	53,44	59,16	65,65	81,97	101,74	148,28	211,00			
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>					60,19	65,75	74,20	82,15	91,15	113,81	141,25	205,87	292,96			
323,8 x 7,1	55,50	70,60						4,69	5,16	5,59	6,09	7,33	8,84	12,39	17,18	22,65		
323,8 x 8,0	62,30	79,40						5,82	6,39	6,93	7,55	9,09	10,96	15,36	21,30	28,08		
323,8 x 8,8	68,40	87,10						6,91	7,59	8,23	8,96	10,79	13,01	18,24	25,28	33,33		
323,8 x 10,0	77,40	98,60						8,69	9,55	10,36	11,28	13,58	16,38	22,96	31,82	41,96		
323,8 x 11,0	84,90	108,00						10,32	11,34	12,30	13,39	16,13	19,44	27,25	37,78	49,81		
323,8 x 12,5	96,00	122,00						12,99	14,27	15,48	16,85	20,30	24,48	34,31	47,55	62,70		
323,8 x 14,2	108,00	138,00						16,34	17,96	19,48	21,20	25,54	30,79	43,16	59,82	78,87		
323,8 x 16,0	121,00	155,00						20,26	22,26	24,15	26,28	31,66	38,17	53,50	74,16	97,78		
323,8 x 17,5	132,00	168,00						23,80	26,16	28,37	30,88	37,20	44,85	62,86	87,14	114,89		
323,8 x 20,0	150,00	191,00						30,27	33,26	36,08	39,27	47,30	57,03	79,94	110,82	146,11		
323,8 x 25,0	184,00	235,00						45,23	49,71	53,91	58,68	70,69	85,23	119,46	165,59	218,33		
355,6 x 8,8	75,30	95,90						6,79	7,37	7,91	8,53	10,07	11,95	16,36	22,31	29,12	33,96	
355,6 x 10,0	85,20	109,00						8,55	9,27	9,96	10,73	12,68	15,04	20,60	28,09	36,65	42,75	
355,6 x 11,0	93,50	119,00						10,15	11,01	11,82	12,74	15,05	17,86	24,45	33,35	43,51	50,75	
355,6 x 12,5	106,00	135,00						12,77	13,86	14,88	16,04	18,95	22,47	30,78	41,97	54,77	63,88	
355,6 x 14,2	120,00	152,00						16,07	17,43	18,72	20,17	23,84	28,27	38,72	52,80	68,90	80,37	
355,6 x 16,0	134,00	171,00						19,92	21,61	23,20	25,01	29,55	35,05	48,00	65,46	85,41	99,62	
355,6 x 17,5	146,00	186,00						23,40	25,39	27,26	29,38	34,72	41,18	56,40	76,91	100,36	117,06	
355,6 x 20,0	166,00	211,00						29,76	32,29	34,67	37,37	44,15	52,37	71,73	97,81	127,62	148,87	
355,6 x 25,0	204,00	260,00						44,47	48,25	51,81	55,84	65,98	78,26	107,18	146,16	190,71	222,46	

Ligação Y - Valores de Fk

Ângulo 50°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,16															
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	3,91															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,62	3,25														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,24	4,01														
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	3,91	4,85														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,82	3,46	4,10													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,41	4,19	4,95													
<del>42,2 x 4,4</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	4,21	5,18	6,12													
<del>42,2 x 4,8</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	5,09	6,26	7,40													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,37	2,88	3,38	4,21												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,87	3,48	4,08	5,09												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,55	4,30	5,05	6,29												
<del>48,3 x 5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	4,29	5,20	6,10	7,60												
<del>48,3 x 5,6</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	5,26	6,38	7,48	9,32												
<del>48,3 x 6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	6,50	7,89	9,25	11,52												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,85	2,19	2,52	3,08	4,40											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,24	2,65	3,05	3,73	5,32											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,77	3,28	3,77	4,61	6,57											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,35	3,96	4,56	5,57	7,95											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,10	4,85	5,59	6,83	9,75											
<del>60,3 x 6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	5,07	6,00	6,91	8,44	12,05											
<del>60,3 x 6,4</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	6,29	7,44	8,57	10,47	14,94											
<del>60,3 x 6,8</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	7,80	9,23	10,63	12,97	18,52											
<del>60,3 x 7,2</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	9,26	10,95	12,61	15,40	21,98											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,55	1,79	2,03	2,42	3,36	4,57										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,88	2,17	2,45	2,93	4,06	5,53										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,32	2,68	3,03	3,62	5,02	6,83										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,80	3,24	3,66	4,38	6,07	8,26										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,44	3,97	4,49	5,37	7,44	10,12										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,25	4,91	5,56	6,64	9,19	12,52										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,27	6,09	6,89	8,23	11,40	15,52										
<del>73,0 x 8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	6,53	7,55	8,54	10,20	14,13	19,24										
<del>73,0 x 8,8</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	7,76	8,96	10,14	12,11	16,78	22,84										
<del>73,0 x 9,6</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	9,76	11,28	12,76	15,25	21,12	28,75										
<del>73,0 x 10,4</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	11,59	13,39	15,15	18,10	25,07	34,13										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,34	1,51	1,68	1,96	2,61	3,46	4,75									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,62	1,83	2,03	2,36	3,16	4,18	5,75									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,01	2,26	2,51	2,92	3,90	5,17	7,10									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,43	2,73	3,03	3,53	4,72	6,25	8,59									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,98	3,35	3,72	4,33	5,78	7,67	10,53									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,68	4,14	4,59	5,35	7,15	9,48	13,02									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,56	5,14	5,70	6,64	8,86	11,75	16,14									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,66	6,37	7,06	8,23	10,99	14,57	20,01									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,71	7,56	8,39	9,77	13,04	17,30	23,76									
<del>88,9 x 9,6</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	8,45	9,51	10,55	12,30	16,42	21,77	29,91									
<del>88,9 x 10,4</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	10,03	11,29	12,53	14,60	19,49	25,84	35,50									
<del>88,9 x 10,8</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	12,63	14,22	15,77	18,38	24,53	32,53	44,69									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,51	1,67	1,82	2,09	2,71	3,52	4,75	5,90								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,86	2,06	2,25	2,58	3,35	4,35	5,87	7,30								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,25	2,49	2,72	3,12	4,05	5,26	7,09	8,82								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,76	3,05	3,34	3,82	4,96	6,45	8,70	10,82								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,41	3,77	4,13	4,73	6,14	7,97	10,75	13,37								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,23	4,68	5,12	5,86	7,61	9,88	13,34	16,58								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,24	5,80	6,35	7,27	9,43	12,25	16,53	20,56								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,22	6,89	7,54	8,63	11,20	14,54	19,63	24,40								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	7,83	8,67	9,49	10,86	14,10	18,30	24,70	30,72								
<del>101,6 x 10,4</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	9,30	10,29	11,26	12,89	16,74	21,73	29,33	36,46								
<del>101,6 x 10,8</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	11,70	12,95	14,17	16,22	21,06	27,35	36,91	45,90								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,43	1,56	1,68	1,90	2,40	3,05	4,05	4,98	6,04							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,76	1,92	2,08	2,34	2,97	3,78	5,01	6,16	7,47							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,13	2,33	2,52	2,83	3,59	4,56	6,05	7,45	9,03							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,61	2,85	3,09	3,48	4,40	5,60	7,42	9,13	11,07							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,23	3,53	3,81	4,30	5,44	6,92	9,17	11,29	13,69							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,01	4,37	4,73	5,33	6,74	8,58	11,37	14,00	16,98							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	4,97	5,42	5,86	6,61	8,36	10,64	14,10	17,36	21,05							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	5,90	6,43	6,96	7,84	9,92	12,63	16,74	20,60	24,98							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	7,42	8,10	8,76	9,87	12,49	15,89	21,07	25,94	31,45							
114,3 x 11,0	28,00	35,70	8,81	9,61	10,40	11,72	14,83	18,87	25,01	30,79	37,33							
<del>114,3 x 10,8</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	11,09	12,10	13,09	14,75	18,66	23,75	31,49	38,75	46,99							
<del>114,3 x 10,4</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	13,95	15,22	16,47	18,55	23,48	29,88	39,61	48,75	59,12							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,99	2,12	2,25	2,47	2,99	3,65	4,67	5,62	6,70	9,42						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,44	2,60	2,76	3,03	3,66	4,48	5,72	6,89	8,22	11,55						
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,02	3,22	3,42	3,75	4,53	5,54	7,08	8,52	10,16	14,28						
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,74	3,99	4,24	4,65	5,61	6,87	8,77	10,57	12,60	17,71						
141,3 x 8,0	26,30	33,50	4,64	4,95	5,25	5,76	6,96	8,51	10,88	13,10	15,62	21,96						
141,3 x 8,8	28,80	36,60	5,51	5,88	6,24	6,84	8,26	10,10	12,91	15,55	18,54	26,07						
141,3 x 10,0	32,40	41,20	6,94	7,40	7,85	8,61	10,40	12,72	16,25	19,57	23,34	32,81						

Ligação Y - Valores de Fk														Ângulo	50°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso		Diagonais Di														
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x	11,0	35,30	45,00	8,23	8,78	9,32	10,22	12,34	15,10	19,29	23,24	27,71	38,95					
141,3 x	12,5	39,70	50,60	10,36	11,05	11,73	12,86	15,53	19,01	24,29	29,25	34,87	49,03					
141,3 x	14,2	44,50	56,70	13,04	13,90	14,75	16,18	19,54	23,91	30,55	36,80	43,87	61,68					
<del>168,3 x</del>	<del>5,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	16,16	17,24	18,29	20,06	24,22	29,64	37,87	45,61	54,38	76,46					
<del>168,3 x</del>	<del>5,6</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	18,99	20,25	21,49	23,57	28,46	34,83	44,50	53,60	63,90	89,84					
168,3 x	5,0	20,10	25,70	1,93	2,02	2,12	2,28	2,65	3,14	3,88	4,58	5,37	7,35	9,76				
168,3 x	5,6	22,50	28,60	2,36	2,48	2,60	2,79	3,25	3,85	4,76	5,61	6,58	9,02	11,97				
168,3 x	6,3	25,20	32,10	2,92	3,07	3,21	3,45	4,02	4,76	5,88	6,94	8,14	11,15	14,79				
168,3 x	7,1	28,20	36,00	3,62	3,81	3,98	4,28	4,99	5,90	7,30	8,60	10,09	13,82	18,34				
168,3 x	8,0	31,60	40,30	4,49	4,72	4,94	5,31	6,18	7,32	9,04	10,67	12,51	17,13	22,74				
168,3 x	8,8	34,60	44,10	5,33	5,60	5,86	6,30	7,34	8,69	10,74	12,66	14,85	20,34	26,99				
168,3 x	10,0	39,00	49,70	6,71	7,05	7,38	7,93	9,24	10,94	13,52	15,94	18,69	25,60	33,98				
168,3 x	11,0	42,70	54,40	7,97	8,37	8,76	9,42	10,97	12,98	16,05	18,92	22,18	30,39	40,34				
168,3 x	12,5	48,00	61,20	10,03	10,54	11,03	11,86	13,81	16,34	20,20	23,82	27,92	38,26	50,77				
168,3 x	14,2	54,00	68,70	12,62	13,25	13,87	14,91	17,37	20,56	25,41	29,96	35,13	48,13	63,87				
168,3 x	16,0	60,10	76,60	15,65	16,43	17,20	18,49	21,53	25,48	31,50	37,15	43,55	59,66	79,18				
<del>168,3 x</del>	<del>7,1</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	18,39	19,31	20,21	21,73	25,30	29,95	37,01	43,65	51,17	70,11	93,04				
<del>168,3 x</del>	<del>7,1</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	23,38	24,55	25,70	27,63	32,18	38,08	47,06	55,51	65,07	89,15	118,32				
219,1 x	6,3	33,10	42,10					3,20	3,55	4,01	4,71	5,37	6,11	7,99	10,25	15,59		
219,1 x	7,1	37,10	47,30					3,97	4,41	4,98	5,84	6,66	7,58	9,90	12,72	19,34		
219,1 x	8,0	41,60	53,10					4,92	5,46	6,17	7,24	8,25	9,40	12,28	15,76	23,97		
219,1 x	8,8	45,60	58,10					5,84	6,49	7,33	8,60	9,80	11,16	14,57	18,71	28,46		
219,1 x	10,0	51,60	65,70					7,35	8,17	9,22	10,83	12,33	14,04	18,34	23,55	35,82		
219,1 x	11,0	56,50	71,90					8,73	9,69	10,95	12,85	14,64	16,67	21,78	27,96	42,52		
219,1 x	12,5	63,70	81,10					10,99	12,20	13,78	16,18	18,43	20,98	27,41	35,20	53,52		
219,1 x	14,2	71,80	91,40					13,82	15,35	17,33	20,35	23,18	26,40	34,48	44,28	67,33		
219,1 x	16,0	80,10	102,00					17,14	19,03	21,49	25,23	28,74	32,72	42,75	54,89	83,47		
219,1 x	17,5	87,00	111,00					20,14	22,36	25,25	29,64	33,77	38,45	50,23	64,49	98,08		
219,1 x	20,0	98,20	125,00					25,61	28,44	32,11	37,70	42,95	48,90	63,88	82,02	124,73		
<del>219,1 x</del>	<del>20,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>					38,26	42,49	47,98	56,33	64,18	73,07	95,45	122,56	186,38		
273,0 x	6,3	41,40	52,80					3,35	3,66	4,13	4,57	5,07	6,33	7,86	11,45	16,29		
273,0 x	7,1	46,60	59,30					4,15	4,53	5,12	5,67	6,29	7,85	9,74	14,20	20,21		
273,0 x	8,0	52,30	66,60					5,15	5,62	6,34	7,02	7,79	9,73	12,08	17,60	25,05		
273,0 x	8,8	57,30	73,00					6,11	6,67	7,53	8,34	9,25	11,55	14,34	20,90	29,74		
273,0 x	10,0	64,90	82,60					7,69	8,40	9,48	10,50	11,65	14,54	18,05	26,30	37,43		
273,0 x	11,0	71,10	90,50					9,13	9,97	11,25	12,46	13,83	17,26	21,42	31,23	44,44		
273,0 x	12,5	80,30	102,00					11,49	12,55	14,17	15,68	17,40	21,73	26,97	39,30	55,93		
273,0 x	14,2	90,60	115,00					14,46	15,79	17,82	19,73	21,89	27,33	33,93	49,45	70,36		
273,0 x	16,0	101,00	129,00					17,92	19,58	22,09	24,46	27,14	33,88	42,06	61,29	87,22		
273,0 x	17,5	110,00	140,00					21,06	23,00	25,96	28,74	31,89	39,82	49,42	72,02	102,49		
273,0 x	20,0	125,00	159,00					26,78	29,25	33,01	36,55	40,55	50,63	62,84	91,59	130,34		
273,0 x	25,0	153,00	195,00					40,02	43,71	49,33	54,61	60,60	75,66	93,91	136,87	194,77		
<del>273,0 x</del>	<del>20,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>					55,56	60,69	68,49	75,83	84,14	105,05	130,39	190,03	270,42		
323,8 x	7,1	55,50	70,60					4,33	4,76	5,16	5,62	6,77	8,16	11,44	15,86	20,91		
323,8 x	8,0	62,30	79,40					5,37	5,90	6,40	6,97	8,39	10,12	14,18	19,66	25,92		
323,8 x	8,8	68,40	87,10					6,37	7,01	7,60	8,27	9,96	12,01	16,84	23,34	30,77		
323,8 x	10,0	77,40	98,60					8,02	8,82	9,56	10,41	12,54	15,12	21,19	29,38	38,73		
323,8 x	11,0	84,90	108,00					9,52	10,47	11,35	12,36	14,89	17,95	25,16	34,87	45,98		
323,8 x	12,5	96,00	122,00					11,99	13,18	14,29	15,56	18,74	22,59	31,67	43,90	57,87		
323,8 x	14,2	108,00	138,00					15,08	16,58	17,98	19,57	23,57	28,42	39,84	55,22	72,81		
323,8 x	16,0	121,00	155,00					18,70	20,55	22,29	24,26	29,22	35,23	49,38	68,45	90,25		
323,8 x	17,5	132,00	168,00					21,97	24,14	26,19	28,51	34,34	41,40	58,03	80,44	106,05		
323,8 x	20,0	150,00	191,00					27,94	30,70	33,30	36,25	43,67	52,65	73,79	102,29	134,86		
323,8 x	25,0	184,00	235,00					41,75	45,88	49,77	54,17	65,25	78,67	110,27	152,85	201,53		
355,6 x	8,8	75,30	95,90					6,27	6,80	7,30	7,87	9,30	11,03	15,11	20,60	26,88	31,35	
355,6 x	10,0	85,20	109,00					7,89	8,56	9,19	9,91	11,70	13,88	19,01	25,93	33,83	39,46	
355,6 x	11,0	93,50	119,00					9,37	10,16	10,91	11,76	13,89	16,48	22,57	30,78	40,16	46,85	
355,6 x	12,5	106,00	135,00					11,79	12,79	13,73	14,80	17,49	20,75	28,41	38,74	50,55	58,97	
355,6 x	14,2	120,00	152,00					14,83	16,09	17,28	18,62	22,00	26,10	35,74	48,74	63,60	74,18	
355,6 x	16,0	134,00	171,00					18,38	19,95	21,42	23,08	27,27	32,35	44,31	60,42	78,84	91,96	
355,6 x	17,5	146,00	186,00					21,60	23,44	25,17	27,12	32,05	38,02	52,06	70,99	92,64	108,06	
355,6 x	20,0	166,00	211,00					27,47	29,81	32,00	34,49	40,76	48,34	66,21	90,28	117,80	137,42	
355,6 x	25,0	204,00	260,00					41,05	44,54	47,82	51,54	60,90	72,24	98,93	134,91	176,03	205,34	

Ligação Y - Valores de Fk

Ângulo 55°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,96															
33,4 x 3,6	2,65	3,37	3,66															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,45	3,04														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,03	3,75														
38,1 x 4,0	3,36	4,29	3,66	4,54														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,64	3,24	3,83													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,19	3,92	4,63													
42,2 x 4,4	4,18	5,33	3,94	4,84	5,72													
42,2 x 4,8	4,59	5,84	4,76	5,85	6,92													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,22	2,69	3,16	3,94												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,68	3,26	3,82	4,76												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,32	4,03	4,72	5,88												
48,3 x 5,0	5,34	6,80	4,01	4,87	5,70	7,11												
48,3 x 5,6	5,90	7,51	4,92	5,97	6,99	8,72												
48,3 x 6,0	6,53	8,31	6,08	7,38	8,65	10,78												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,73	2,05	2,36	2,88	4,11											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,09	2,48	2,85	3,48	4,97											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,59	3,06	3,53	4,31	6,15											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,13	3,70	4,26	5,21	7,43											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,84	4,54	5,23	6,39	9,11											
60,3 x 6,0	8,39	10,70	4,74	5,61	6,46	7,89	11,27											
60,3 x 7,0	9,32	11,90	5,88	6,96	8,02	9,79	13,97											
60,3 x 8,0	10,30	13,10	7,29	8,63	9,94	12,13	17,32											
60,3 x 9,0	11,20	14,20	8,66	10,24	11,80	14,40	20,56											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,45	1,68	1,90	2,27	3,14	4,27										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,75	2,03	2,29	2,74	3,80	5,17										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,17	2,51	2,84	3,39	4,69	6,39										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,62	3,03	3,43	4,10	5,67	7,72										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,22	3,71	4,20	5,02	6,96	9,47										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	3,97	4,59	5,20	6,21	8,60	11,70										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	4,93	5,69	6,44	7,70	10,66	14,51										
73,0 x 8,0	12,80	16,30	6,11	7,06	7,99	9,54	13,22	17,99										
73,0 x 9,0	13,90	17,70	7,25	8,38	9,48	11,33	15,69	21,36										
73,0 x 10,0	15,50	19,80	9,13	10,55	11,93	14,26	19,75	26,89										
73,0 x 11,0	16,80	21,40	10,84	12,52	14,17	16,93	23,45	31,92										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,26	1,41	1,57	1,83	2,44	3,24	4,45									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,52	1,71	1,90	2,21	2,95	3,91	5,37									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,88	2,11	2,34	2,73	3,65	4,84	6,64									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,27	2,56	2,83	3,30	4,41	5,85	8,03									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,78	3,13	3,48	4,05	5,41	7,17	9,85									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,44	3,87	4,30	5,01	6,68	8,86	12,18									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,27	4,80	5,33	6,21	8,29	10,99	15,10									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,29	5,95	6,61	7,70	10,28	13,62	18,72									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,28	7,07	7,84	9,14	12,20	16,17	22,22									
88,9 x 10,0	19,50	24,80	7,90	8,90	9,87	11,50	15,35	20,36	27,97									
88,9 x 11,0	21,10	26,90	9,38	10,56	11,72	13,66	18,23	24,17	33,20									
88,9 x 12,0	23,60	30,00	11,81	13,30	14,75	17,19	22,94	30,42	41,79									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,41	1,56	1,70	1,95	2,53	3,29	4,44	5,52								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,74	1,93	2,11	2,41	3,13	4,07	5,49	6,82								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,10	2,33	2,55	2,92	3,79	4,92	6,63	8,25								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,58	2,85	3,12	3,58	4,64	6,03	8,14	10,12								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,19	3,53	3,86	4,42	5,74	7,45	10,06	12,50								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	3,95	4,38	4,79	5,48	7,12	9,24	12,47	15,51								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	4,90	5,42	5,94	6,79	8,82	11,46	15,46	19,22								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	5,82	6,44	7,05	8,07	10,47	13,60	18,35	22,82								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	7,32	8,11	8,87	10,15	13,18	17,12	23,10	28,72								
101,6 x 11,0	24,60	31,30	8,69	9,62	10,53	12,05	15,65	20,32	27,42	34,10								
101,6 x 12,0	27,50	35,00	10,94	12,11	13,26	15,17	19,70	25,58	34,52	42,92								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,33	1,46	1,57	1,77	2,24	2,86	3,79	4,66	5,65							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,65	1,80	1,95	2,19	2,77	3,53	4,68	5,76	6,99							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	1,99	2,17	2,35	2,65	3,35	4,27	5,66	6,97	8,45							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,44	2,67	2,89	3,25	4,11	5,23	6,94	8,54	10,36							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,02	3,30	3,57	4,02	5,09	6,47	8,58	10,56	12,80							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	3,75	4,09	4,42	4,98	6,31	8,02	10,64	13,09	15,88							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	4,65	5,07	5,48	6,18	7,82	9,95	13,19	16,23	19,68							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	5,51	6,02	6,51	7,33	9,28	11,81	15,65	19,27	23,36							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	6,94	7,57	8,19	9,23	11,68	14,86	19,70	24,25	29,41							
114,3 x 11,0	28,00	35,70	8,24	8,99	9,73	10,96	13,87	17,65	23,39	28,79	34,91							
114,3 x 12,0	31,40	40,00	10,37	11,32	12,24	13,79	17,45	22,21	29,44	36,24	43,95							
141,3 x 4,0	35,10	44,70	13,05	14,24	15,40	17,35	21,96	27,94	37,04	45,59	55,28							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,86	1,99	2,11	2,31	2,79	3,42	4,36	5,26	6,27	8,81						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,28	2,44	2,58	2,83	3,42	4,19	5,35	6,45	7,69	10,81						
141,3 x 6,3	21,00	26,70	2,82	3,01	3,20	3,50	4,23	5,18	6,62	7,97	9,50	13,36						
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,50	3,73	3,96	4,34	5,25	6,42	8,21	9,88	11,78	16,56						
141,3 x 8,0	26,30	33,50	4,34	4,63	4,91	5,39	6,51	7,96	10,17	12,25	14,61	20,53						
141,3 x 8,8	28,80	36,60	5,15	5,50	5,83	6,39	7,72	9,45	12,07	14,54	17,34	24,38						
141,3 x 10,0	32,40	41,20	6,49	6,92	7,34	8,05	9,72	11,89	15,20	18,30	21,82	30,68						

**Ligação Y - Valores de Fk**

Ângulo 55°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
141,3 x 11,0	35,30	45,00	7,70	8,21	8,71	9,55	11,54	14,12	18,04	21,73	25,91	36,43						
141,3 x 12,5	39,70	50,60	9,69	10,34	10,97	12,03	14,53	17,77	22,71	27,35	32,61	45,85						
141,3 x 14,2	44,50	56,70	12,19	13,00	13,80	15,13	18,27	22,36	28,57	34,41	41,03	57,68						
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	15,11	16,12	17,10	18,76	22,65	27,72	35,42	42,66	50,86	71,50						
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	17,76	18,94	20,10	22,04	26,62	32,57	41,62	50,12	59,76	84,02						
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,80	1,89	1,98	2,13	2,48	2,94	3,63	4,28	5,02	6,88	9,13					
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,21	2,32	2,43	2,61	3,04	3,60	4,45	5,25	6,15	8,43	11,19					
168,3 x 6,3	25,20	32,10	2,73	2,87	3,00	3,23	3,76	4,45	5,50	6,49	7,61	10,42	13,83					
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,39	3,56	3,73	4,01	4,66	5,52	6,82	8,05	9,43	12,93	17,15					
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,20	4,41	4,62	4,97	5,78	6,84	8,46	9,98	11,69	16,02	21,26					
168,3 x 8,8	34,60	44,10	4,99	5,24	5,48	5,89	6,86	8,13	10,04	11,84	13,88	19,02	25,24					
168,3 x 10,0	39,00	49,70	6,28	6,59	6,90	7,42	8,64	10,23	12,64	14,91	17,48	23,94	31,78					
168,3 x 11,0	42,70	54,40	7,45	7,83	8,19	8,81	10,26	12,14	15,00	17,70	20,75	28,42	37,72					
168,3 x 12,5	48,00	61,20	9,38	9,85	10,31	11,09	12,91	15,28	18,89	22,27	26,11	35,78	47,48					
168,3 x 14,2	54,00	68,70	11,80	12,40	12,98	13,95	16,24	19,23	23,76	28,02	32,85	45,01	59,73					
168,3 x 16,0	60,10	76,60	14,63	15,37	16,08	17,29	20,14	23,83	29,45	34,74	40,72	55,79	74,05					
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	17,19	18,06	18,90	20,32	23,66	28,00	34,61	40,82	47,85	65,56	87,01					
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	21,86	22,96	24,04	25,84	30,09	35,61	44,01	51,91	60,85	83,37	110,65					
219,1 x 6,3	33,10	42,10				2,99	3,32	3,75	4,41	5,02	5,72	7,47	9,59	14,58				
219,1 x 7,1	37,10	47,30				3,71	4,12	4,66	5,47	6,23	7,09	9,26	11,89	18,08				
219,1 x 8,0	41,60	53,10				4,60	5,11	5,77	6,77	7,72	8,79	11,48	14,74	22,42				
219,1 x 8,8	45,60	58,10				5,46	6,07	6,85	8,04	9,16	10,43	13,63	17,50	26,61				
219,1 x 10,0	51,60	65,70				6,88	7,64	8,62	10,12	11,53	13,13	17,15	22,03	33,50				
219,1 x 11,0	56,50	71,90				8,16	9,07	10,24	12,02	13,69	15,59	20,36	26,15	39,77				
219,1 x 12,5	63,70	81,10				10,28	11,41	12,89	15,13	17,23	19,62	25,63	32,91	50,05				
219,1 x 14,2	71,80	91,40				12,93	14,36	16,21	19,03	21,68	24,69	32,25	41,41	62,97				
219,1 x 16,0	80,10	102,00				16,03	17,80	20,09	23,59	26,88	30,60	39,98	51,33	78,06				
219,1 x 17,5	87,00	111,00				18,83	20,91	23,61	27,72	31,58	35,96	46,97	60,31	91,72				
219,1 x 20,0	98,20	125,00				23,95	26,59	30,03	35,25	40,16	45,73	59,73	76,70	116,64				
<del>219,1 x 20,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				35,78	39,74	44,87	52,68	60,02	68,33	89,26	114,61	174,30				
273,0 x 6,3	41,40	52,80					3,13	3,42	3,86	4,27	4,74	5,92	7,35	10,71	15,24			
273,0 x 7,1	46,60	59,30					3,88	4,24	4,79	5,30	5,88	7,34	9,11	13,28	18,90			
273,0 x 8,0	52,30	66,60					4,81	5,26	5,93	6,57	7,29	9,10	11,29	16,46	23,42			
273,0 x 8,8	57,30	73,00					5,71	6,24	7,04	7,80	8,65	10,80	13,41	19,54	27,81			
273,0 x 10,0	64,90	82,60					7,19	7,86	8,87	9,81	10,89	13,60	16,88	24,60	35,00			
273,0 x 11,0	71,10	90,50					8,54	9,33	10,53	11,65	12,93	16,14	20,04	29,20	41,55			
273,0 x 12,5	80,30	102,00					10,75	11,74	13,25	14,67	16,27	20,32	25,22	36,76	52,31			
273,0 x 14,2	90,60	115,00					13,52	14,77	16,67	18,45	20,47	25,56	31,73	46,24	65,80			
273,0 x 16,0	101,00	129,00					16,76	18,31	20,66	22,87	25,38	31,69	39,33	57,32	81,57			
273,0 x 17,5	110,00	140,00					19,69	21,51	24,28	26,88	29,82	37,23	46,21	67,35	95,85			
273,0 x 20,0	125,00	159,00					25,04	27,36	30,87	34,18	37,92	47,35	58,77	85,65	121,89			
273,0 x 25,0	153,00	195,00					37,42	40,88	46,13	51,07	56,67	70,76	87,82	127,99	182,14			
<del>273,0 x 20,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>					51,96	56,76	64,05	70,91	78,68	98,24	121,93	177,71	252,89			
323,8 x 7,1	55,50	70,60						4,05	4,45	4,83	5,26	6,33	7,63	10,70	14,83	19,55		
323,8 x 8,0	62,30	79,40						5,02	5,52	5,99	6,51	7,85	9,46	13,26	18,38	24,24		
323,8 x 8,8	68,40	87,10						5,96	6,55	7,11	7,73	9,32	11,23	15,74	21,82	28,77		
323,8 x 10,0	77,40	98,60						7,50	8,25	8,94	9,74	11,73	14,14	19,82	27,47	36,22		
323,8 x 11,0	84,90	108,00						8,91	9,79	10,62	11,56	13,92	16,78	23,53	32,61	43,00		
323,8 x 12,5	96,00	122,00						11,21	12,32	13,37	14,55	17,52	21,13	29,61	41,05	54,12		
323,8 x 14,2	108,00	138,00						14,10	15,50	16,81	18,30	22,04	26,58	37,25	51,64	68,09		
323,8 x 16,0	121,00	155,00						17,48	19,22	20,84	22,69	27,33	32,95	46,18	64,02	84,40		
323,8 x 17,5	132,00	168,00						20,55	22,58	24,49	26,66	32,11	38,71	54,26	75,22	99,18		
323,8 x 20,0	150,00	191,00						26,13	28,71	31,14	33,90	40,83	49,23	69,01	95,66	126,12		
323,8 x 25,0	184,00	235,00						39,04	42,91	46,54	50,66	61,02	73,57	103,12	142,94	188,46		
355,6 x 8,8	75,30	95,90						5,86	6,36	6,83	7,36	8,70	10,31	14,13	19,26	25,13	29,32	
355,6 x 10,0	85,20	109,00						7,38	8,00	8,59	9,26	10,95	12,98	17,78	24,25	31,64	36,90	
355,6 x 11,0	93,50	119,00						8,76	9,50	10,20	11,00	12,99	15,41	21,11	28,78	37,56	43,81	
355,6 x 12,5	106,00	135,00						11,02	11,96	12,84	13,84	16,36	19,40	26,57	36,23	47,28	55,15	
355,6 x 14,2	120,00	152,00						13,87	15,05	16,16	17,41	20,58	24,41	33,42	45,58	59,47	69,37	
355,6 x 16,0	134,00	171,00						17,19	18,65	20,03	21,59	25,51	30,25	41,43	56,50	73,72	86,00	
355,6 x 17,5	146,00	186,00						20,20	21,92	23,53	25,36	29,97	35,55	48,69	66,39	86,63	101,05	
355,6 x 20,0	166,00	211,00						25,69	27,87	29,93	32,26	38,11	45,21	61,92	84,43	110,17	128,51	
355,6 x 25,0	204,00	260,00						38,39	41,65	44,72	48,20	56,95	67,56	92,52	126,17	164,62	192,03	

Ligação Y - Valores de Fk

Ângulo 60°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,80															
33,4 x 3,6	2,65	3,37	3,46															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,32	2,87														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,86	3,55														
38,1 x 4,5	3,36	4,29	3,46	4,29														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,49	3,06	3,62													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,01	3,70	4,38													
42,2 x 4,5	4,18	5,33	3,72	4,58	5,41													
42,2 x 5,0	4,59	5,84	4,50	5,53	6,55													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,10	2,55	2,99	3,72												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,54	3,08	3,61	4,50												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,14	3,81	4,46	5,56												
48,3 x 5,0	5,34	6,80	3,79	4,60	5,40	6,72												
48,3 x 5,5	5,90	7,51	4,65	5,64	6,62	8,25												
48,3 x 6,0	6,53	8,31	5,75	6,98	8,18	10,19												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,64	1,94	2,23	2,73	3,89											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	1,98	2,34	2,70	3,30	4,70											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,45	2,90	3,34	4,07	5,82											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	2,96	3,50	4,03	4,93	7,03											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,63	4,29	4,95	6,04	8,62											
60,3 x 6,0	8,39	10,70	4,49	5,31	6,11	7,47	10,66											
60,3 x 7,0	9,32	11,90	5,56	6,58	7,58	9,26	13,21											
60,3 x 8,0	10,30	13,10	6,90	8,16	9,40	11,48	16,38											
60,3 x 9,0	11,20	14,20	8,19	9,69	11,16	13,62	19,45											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,37	1,59	1,79	2,14	2,97	4,04										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,66	1,92	2,17	2,59	3,59	4,89										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,05	2,37	2,68	3,20	4,44	6,04										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,48	2,86	3,24	3,87	5,37	7,30										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,04	3,51	3,98	4,75	6,58	8,96										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	3,76	4,34	4,91	5,87	8,13	11,07										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	4,66	5,39	6,09	7,28	10,09	13,73										
73,0 x 8,0	12,80	16,30	5,78	6,68	7,55	9,03	12,50	17,02										
73,0 x 9,0	13,90	17,70	6,86	7,92	8,97	10,72	14,84	20,20										
73,0 x 10,0	15,50	19,80	8,64	9,98	11,29	13,49	18,68	25,43										
73,0 x 11,0	16,80	21,40	10,25	11,84	13,40	16,01	22,18	30,19										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,19	1,34	1,48	1,73	2,31	3,06	4,21									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,44	1,62	1,79	2,09	2,79	3,70	5,08									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,78	2,00	2,22	2,58	3,45	4,57	6,28									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,15	2,42	2,68	3,12	4,17	5,53	7,60									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,63	2,96	3,29	3,83	5,11	6,78	9,32									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,25	3,66	4,06	4,74	6,32	8,38	11,52									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,04	4,54	5,04	5,87	7,84	10,40	14,28									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,00	5,63	6,25	7,28	9,72	12,89	17,70									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	5,94	6,69	7,42	8,64	11,54	15,30	21,02									
88,9 x 9,0	19,50	24,80	7,48	8,42	9,34	10,88	14,52	19,26	26,45									
88,9 x 10,0	21,10	26,90	8,88	9,99	11,08	12,92	17,24	22,86	31,41									
88,9 x 11,0	23,60	30,00	11,17	12,58	13,95	16,26	21,70	28,78	39,53									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,33	1,47	1,61	1,85	2,40	3,11	4,20	5,22								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,65	1,82	1,99	2,28	2,96	3,85	5,19	6,45								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	1,99	2,20	2,41	2,76	3,58	4,65	6,28	7,80								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,44	2,70	2,95	3,38	4,39	5,70	7,70	9,57								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,02	3,34	3,65	4,18	5,43	7,05	9,51	11,83								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	3,74	4,14	4,53	5,18	6,73	8,74	11,80	14,67								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	4,64	5,13	5,61	6,43	8,34	10,84	14,62	18,18								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	5,50	6,09	6,67	7,63	9,91	12,86	17,36	21,59								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	6,93	7,67	8,39	9,60	12,47	16,19	21,85	27,17								
101,6 x 11,0	24,60	31,30	8,22	9,10	9,96	11,40	14,80	19,22	25,94	32,26								
101,6 x 12,0	27,50	35,00	10,35	11,46	12,54	14,35	18,63	24,19	32,65	40,60								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,26	1,38	1,49	1,68	2,12	2,70	3,58	4,41	5,35							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,56	1,70	1,84	2,07	2,62	3,34	4,43	5,45	6,61							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	1,89	2,06	2,23	2,51	3,17	4,04	5,35	6,59	7,99							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,31	2,52	2,73	3,07	3,89	4,95	6,56	8,08	9,80							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	2,86	3,12	3,37	3,80	4,81	6,12	8,11	9,99	12,11							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	3,54	3,87	4,18	4,71	5,96	7,59	10,06	12,38	15,02							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	4,39	4,79	5,19	5,84	7,39	9,41	12,47	15,35	18,62							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	5,22	5,69	6,16	6,94	8,78	11,17	14,81	18,23	22,10							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	6,57	7,16	7,75	8,73	11,05	14,06	18,64	22,94	27,82							
114,3 x 11,0	28,00	35,70	7,79	8,50	9,20	10,36	13,12	16,69	22,13	27,23	33,02							
114,3 x 12,0	31,40	40,00	9,81	10,70	11,58	13,05	16,51	21,01	27,85	34,28	41,57							
114,3 x 13,0	35,10	44,70	12,34	13,47	14,57	16,41	20,77	26,43	35,04	43,13	52,29							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,76	1,88	1,99	2,19	2,64	3,23	4,13	4,97	5,93	8,33						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,16	2,30	2,44	2,68	3,24	3,96	5,06	6,10	7,27	10,22						
141,3 x 6,3	21,00	26,70	2,67	2,85	3,02	3,31	4,00	4,90	6,26	7,54	8,99	12,63						
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,31	3,53	3,75	4,11	4,96	6,07	7,76	9,35	11,14	15,67						
141,3 x 8,0	26,30	33,50	4,11	4,38	4,65	5,09	6,15	7,53	9,62	11,59	13,81	19,42						
141,3 x 8,8	28,80	36,60	4,87	5,20	5,52	6,05	7,31	8,94	11,42	13,76	16,40	23,06						
141,3 x 10,0	32,40	41,20	6,13	6,54	6,94	7,61	9,20	11,25	14,38	17,31	20,64	29,02						



Ligação Y - Valores de Fk													Ângulo	60°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x 11,0	35,30	45,00	7,28	7,77	8,24	9,04	10,92	13,36	17,07	20,55	24,51	34,45					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	9,17	9,78	10,37	11,38	13,74	16,81	21,48	25,87	30,85	43,37					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	11,53	12,30	13,05	14,31	17,29	21,15	27,03	32,55	38,81	54,56					
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	14,30	15,25	16,18	17,74	21,43	26,22	33,50	40,35	48,11	67,63					
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	16,80	17,92	19,01	20,85	25,18	30,81	39,37	47,41	56,53	79,47					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,71	1,79	1,87	2,02	2,35	2,78	3,43	4,05	4,75	6,50	8,63				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,09	2,20	2,30	2,47	2,88	3,41	4,21	4,97	5,82	7,98	10,58				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	2,59	2,72	2,84	3,06	3,56	4,21	5,20	6,14	7,20	9,86	13,08				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,21	3,37	3,52	3,79	4,41	5,22	6,45	7,61	8,92	12,23	16,23				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	3,97	4,17	4,37	4,70	5,47	6,47	8,00	9,44	11,06	15,16	20,11				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	4,72	4,96	5,19	5,58	6,49	7,69	9,50	11,20	13,13	17,99	23,88				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	5,94	6,24	6,53	7,02	8,17	9,67	11,96	14,10	16,53	22,65	30,06				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	7,05	7,40	7,75	8,33	9,70	11,48	14,19	16,74	19,62	26,89	35,68				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	8,87	9,32	9,76	10,49	12,21	14,46	17,86	21,07	24,70	33,84	44,91				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	11,16	11,72	12,27	13,19	15,36	18,18	22,47	26,51	31,07	42,57	56,50				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	13,84	14,53	15,21	16,35	19,05	22,54	27,86	32,86	38,52	52,77	70,04				
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	16,26	17,08	17,88	19,22	22,38	26,49	32,74	38,61	45,26	62,01	82,30				
<del>168,3 x 18,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	20,68	21,72	22,73	24,44	28,46	33,69	41,63	49,10	57,56	78,86	104,66				
219,1 x 6,3	33,10	42,10				2,83	3,14	3,55	4,17	4,75	5,41	7,06	9,07	13,79			
219,1 x 7,1	37,10	47,30				3,51	3,90	4,40	5,17	5,89	6,71	8,76	11,25	17,10			
219,1 x 8,0	41,60	53,10				4,35	4,83	5,46	6,41	7,30	8,31	10,86	13,94	21,20			
219,1 x 8,8	45,60	58,10				5,17	5,74	6,48	7,61	8,67	9,87	12,89	16,55	25,17			
219,1 x 10,0	51,60	65,70				6,50	7,22	8,16	9,58	10,91	12,42	16,23	20,83	31,68			
219,1 x 11,0	56,50	71,90				7,72	8,58	9,68	11,37	12,95	14,75	19,26	24,73	37,61			
219,1 x 12,5	63,70	81,10				9,72	10,79	12,19	14,31	16,30	18,56	24,25	31,13	47,35			
219,1 x 14,2	71,80	91,40				12,23	13,58	15,33	18,00	20,51	23,35	30,50	39,17	59,56			
219,1 x 16,0	80,10	102,00				15,16	16,83	19,01	22,31	25,42	28,95	37,81	48,55	73,83			
219,1 x 17,5	87,00	111,00				17,81	19,78	22,33	26,22	29,87	34,01	44,43	57,05	86,76			
219,1 x 20,0	98,20	125,00				22,65	25,15	28,40	33,34	37,99	43,25	56,50	72,55	110,33			
<del>219,1 x 20,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				33,85	37,59	42,44	49,83	56,77	64,63	84,43	108,41	164,87			
273,0 x 6,3	41,40	52,80					2,96	3,23	3,65	4,04	4,48	5,60	6,95	10,13	14,41		
273,0 x 7,1	46,60	59,30					3,67	4,01	4,53	5,01	5,56	6,94	8,62	12,56	17,87		
273,0 x 8,0	52,30	66,60					4,55	4,97	5,61	6,21	6,89	8,61	10,68	15,57	22,16		
273,0 x 8,8	57,30	73,00					5,40	5,90	6,66	7,38	8,18	10,22	12,68	18,48	26,30		
273,0 x 10,0	64,90	82,60					6,80	7,43	8,39	9,28	10,30	12,86	15,96	23,27	33,11		
273,0 x 11,0	71,10	90,50					8,08	8,82	9,96	11,02	12,23	15,27	18,95	27,62	39,31		
273,0 x 12,5	80,30	102,00					10,16	11,10	12,53	13,87	15,39	19,22	23,85	34,77	49,47		
273,0 x 14,2	90,60	115,00					12,79	13,97	15,76	17,45	19,36	24,18	30,01	43,74	62,24		
273,0 x 16,0	101,00	129,00					15,85	17,32	19,54	21,63	24,00	29,97	37,20	54,22	77,15		
273,0 x 17,5	110,00	140,00					18,63	20,35	22,96	25,42	28,21	35,22	43,71	63,71	90,66		
273,0 x 20,0	125,00	159,00					23,69	25,88	29,20	32,33	35,87	44,79	55,59	81,02	115,29		
273,0 x 25,0	153,00	195,00					35,40	38,67	43,64	48,31	53,60	66,93	83,07	121,07	172,28		
<del>273,0 x 28,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>					49,15	53,68	60,59	67,07	74,42	92,92	115,33	168,09	239,20		
323,8 x 7,1	55,50	70,60						3,83	4,21	4,57	4,97	5,99	7,22	10,12	14,03	18,49	
323,8 x 8,0	62,30	79,40						4,75	5,22	5,66	6,16	7,42	8,95	12,54	17,39	22,93	
323,8 x 8,8	68,40	87,10						5,64	6,20	6,72	7,32	8,81	10,62	14,89	20,64	27,22	
323,8 x 10,0	77,40	98,60						7,10	7,80	8,46	9,21	11,09	13,37	18,74	25,98	34,26	
323,8 x 11,0	84,90	108,00						8,43	9,26	10,04	10,93	13,17	15,88	22,25	30,85	40,67	
323,8 x 12,5	96,00	122,00						10,61	11,65	12,64	13,76	16,57	19,98	28,01	38,83	51,19	
323,8 x 14,2	108,00	138,00						13,34	14,66	15,90	17,31	20,85	25,14	35,24	48,85	64,40	
323,8 x 16,0	121,00	155,00						16,54	18,18	19,71	21,46	25,85	31,16	43,68	60,55	79,83	
323,8 x 17,5	132,00	168,00						19,43	21,36	23,17	25,21	30,37	36,62	51,33	71,15	93,81	
323,8 x 20,0	150,00	191,00						24,71	27,16	29,46	32,07	38,62	46,57	65,27	90,48	119,29	
323,8 x 25,0	184,00	235,00						36,93	40,58	44,02	47,91	57,72	69,59	97,54	135,21	178,26	
355,6 x 8,8	75,30	95,90						5,54	6,02	6,46	6,96	8,22	9,76	13,36	18,22	23,77	27,73
355,6 x 10,0	85,20	109,00						6,98	7,57	8,13	8,76	10,35	12,28	16,82	22,93	29,92	34,91
355,6 x 11,0	93,50	119,00						8,28	8,99	9,65	10,40	12,29	14,58	19,97	27,23	35,53	41,44
355,6 x 12,5	106,00	135,00						10,43	11,31	12,15	13,09	15,47	18,35	25,13	34,27	44,72	52,16
355,6 x 14,2	120,00	152,00						13,12	14,23	15,28	16,47	19,46	23,09	31,62	43,11	56,25	65,62
355,6 x 16,0	134,00	171,00						16,26	17,64	18,94	20,42	24,13	28,62	39,19	53,44	69,73	81,34
355,6 x 17,5	146,00	186,00						19,11	20,73	22,26	23,99	28,35	33,63	46,05	62,80	81,94	95,58
355,6 x 20,0	166,00	211,00						24,30	26,37	28,31	30,51	36,05	42,76	58,56	79,86	104,20	121,55
355,6 x 25,0	204,00	260,00						36,31	39,40	42,30	45,59	53,87	63,90	87,51	119,34	155,71	181,63

Ligação T - Valores de Fk															Ângulo	90°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	Ao (cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	2,42														
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	<del>2,99</del>														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,01	2,49													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,48	3,07													
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	<del>3,00</del>	<del>3,72</del>													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,16	2,65	3,14												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,61	3,21	3,79												
<del>42,2 x 4,6</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	<del>3,23</del>	<del>3,96</del>	<del>4,69</del>												
<del>42,2 x 5,0</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	<del>3,90</del>	<del>4,79</del>	<del>5,67</del>												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	1,82	2,21	2,59	3,22											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,20	2,67	3,13	3,90											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,72	3,30	3,87	4,82											
<del>48,3 x 5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	<del>3,29</del>	<del>3,99</del>	<del>4,67</del>	<del>5,82</del>											
<del>48,3 x 5,6</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	<del>4,03</del>	<del>4,89</del>	<del>5,73</del>	<del>7,14</del>											
<del>48,3 x 6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	<del>4,98</del>	<del>6,04</del>	<del>7,08</del>	<del>8,83</del>											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,42	1,68	1,93	2,36	3,37										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	1,72	2,03	2,34	2,85	4,07										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,12	2,51	2,89	3,53	5,04										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	2,56	3,03	3,49	4,27	6,09										
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,14	3,72	4,28	5,23	7,47										
<del>60,3 x 6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	<del>3,88</del>	<del>4,60</del>	<del>5,30</del>	<del>6,47</del>	<del>9,23</del>										
<del>60,3 x 7,0</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	<del>4,82</del>	<del>5,70</del>	<del>6,57</del>	<del>8,02</del>	<del>11,44</del>										
<del>60,3 x 8,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	<del>5,97</del>	<del>7,07</del>	<del>8,14</del>	<del>9,94</del>	<del>14,19</del>										
<del>60,3 x 9,0</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	<del>7,09</del>	<del>8,39</del>	<del>9,66</del>	<del>11,80</del>	<del>16,84</del>										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,19	1,37	1,55	1,86	2,57	3,50									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,44	1,66	1,88	2,24	3,11	4,23									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	1,78	2,05	2,32	2,78	3,84	5,23									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,15	2,48	2,81	3,35	4,65	6,32									
73,0 x 5,6	9,31	11,90	2,63	3,04	3,44	4,11	5,70	7,76									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	3,26	3,76	4,26	5,09	7,04	9,59									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	4,04	4,66	5,28	6,31	8,73	11,89									
<del>73,0 x 8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	<del>5,00</del>	<del>5,78</del>	<del>6,54</del>	<del>7,82</del>	<del>10,83</del>	<del>14,74</del>									
<del>73,0 x 9,0</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	<del>5,94</del>	<del>6,86</del>	<del>7,77</del>	<del>9,28</del>	<del>12,85</del>	<del>17,50</del>									
<del>73,0 x 10,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	<del>7,48</del>	<del>8,64</del>	<del>9,78</del>	<del>11,68</del>	<del>16,18</del>	<del>22,02</del>									
<del>73,0 x 11,0</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	<del>8,88</del>	<del>10,26</del>	<del>11,60</del>	<del>13,87</del>	<del>19,21</del>	<del>26,15</del>									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,03	1,16	1,29	1,50	2,00	2,65	3,64								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,24	1,40	1,55	1,81	2,42	3,20	4,40								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,54	1,73	1,92	2,24	2,99	3,96	5,44								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	1,86	2,09	2,32	2,71	3,61	4,79	6,58								
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,28	2,57	2,85	3,32	4,43	5,87	8,07								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	2,82	3,17	3,52	4,10	5,48	7,26	9,97								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	3,50	3,93	4,36	5,09	6,79	9,00	12,37								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	4,33	4,88	5,41	6,31	8,42	11,16	15,33								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	5,14	5,79	6,42	7,49	9,99	13,25	18,20								
<del>88,9 x 10,0</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	<del>6,47</del>	<del>7,29</del>	<del>8,09</del>	<del>9,42</del>	<del>12,58</del>	<del>16,68</del>	<del>22,91</del>								
<del>88,9 x 11,0</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	<del>7,69</del>	<del>8,65</del>	<del>9,60</del>	<del>11,19</del>	<del>14,93</del>	<del>19,80</del>	<del>27,20</del>								
<del>88,9 x 12,0</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	<del>9,67</del>	<del>10,89</del>	<del>12,08</del>	<del>14,08</del>	<del>18,79</del>	<del>24,92</del>	<del>34,23</del>								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,15	1,28	1,40	1,60	2,08	2,69	3,64	4,52							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,43	1,58	1,73	1,98	2,57	3,33	4,50	5,59							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	1,72	1,91	2,09	2,39	3,10	4,03	5,43	6,76							
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,11	2,34	2,56	2,93	3,80	4,94	6,66	8,29							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	2,61	2,89	3,16	3,62	4,70	6,10	8,24	10,24							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	3,24	3,58	3,92	4,49	5,83	7,57	10,22	12,70							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	4,01	4,44	4,86	5,57	7,23	9,38	12,66	15,75							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	4,77	5,27	5,77	6,61	8,58	11,14	15,03	18,69							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	6,00	6,64	7,27	8,32	10,80	14,02	18,92	23,53							
<del>101,6 x 11,0</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	<del>7,12</del>	<del>7,88</del>	<del>8,63</del>	<del>9,87</del>	<del>12,82</del>	<del>16,65</del>	<del>22,47</del>	<del>27,93</del>							
<del>101,6 x 12,0</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	<del>8,97</del>	<del>9,92</del>	<del>10,86</del>	<del>12,43</del>	<del>16,14</del>	<del>20,95</del>	<del>28,28</del>	<del>35,16</del>							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,09	1,19	1,29	1,45	1,84	2,34	3,10	3,82	4,63						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,35	1,47	1,59	1,80	2,27	2,89	3,83	4,72	5,72						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	1,63	1,78	1,93	2,17	2,75	3,50	4,64	5,71	6,92						
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,00	2,18	2,36	2,66	3,37	4,29	5,68	7,00	8,48						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	2,48	2,70	2,92	3,29	4,17	5,30	7,03	8,65	10,49						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	3,07	3,35	3,62	4,08	5,17	6,57	8,71	10,73	13,01						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	3,81	4,15	4,49	5,06	6,40	8,15	10,80	13,30	16,12						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	4,52	4,93	5,33	6,01	7,60	9,67	12,82	15,78	19,14						
114,3 x 10,0	25,70	32,80	5,69	6,20	6,71	7,56	9,57	12,18	16,14	19,87	24,09						
114,3 x 11,0	28,00	35,70	6,75	7,36	7,97	8,98	11,36	14,45	19,16	23,59	28,60						
<del>114,3 x 12,0</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	<del>8,50</del>	<del>9,27</del>	<del>10,03</del>	<del>11,30</del>	<del>14,30</del>	<del>18,19</del>	<del>24,12</del>	<del>29,69</del>	<del>36,00</del>						
<del>114,3 x 14,0</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	<del>10,69</del>	<del>11,66</del>	<del>12,62</del>	<del>14,21</del>	<del>17,99</del>	<del>22,89</del>	<del>30,34</del>	<del>37,35</del>	<del>45,29</del>						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,53	1,63	1,73	1,89	2,29	2,80	3,58	4,31	5,13	7,22					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	1,87	2,00	2,12	2,32	2,80	3,43	4,38	5,28	6,30	8,85					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	2,31	2,47	2,62	2,87	3,47	4,24	5,42	6,53	7,78	10,94					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	2,87	3,06	3,25	3,56	4,30	5,26	6,72	8,09	9,65	13,57					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	3,56	3,79	4,02	4,41	5,33	6,52	8,33	10,03	11,96	16,82					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	4,22	4,50	4,78	5,24	6,33	7,74	9,89	11,91	14,20	19,97					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	5,31	5,67	6,01	6,59	7,96	9,74	12,45	14,99	17,88	25,13					

Ligação T - Valores de Fk																Ângulo	90°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam i parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso	Ao	Diagonais Di														
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x	11,0	35,30	45,00	6,31	6,73	7,14	7,83	9,45	11,57	14,78	17,80	21,22	29,84					
141,3 x	12,5	39,70	50,60	7,94	8,47	8,98	9,85	11,90	14,56	18,60	22,41	26,71	37,56					
141,3 x	14,2	44,50	56,70	9,99	10,65	11,30	12,39	14,97	18,32	23,40	28,19	33,61	47,25					
<del>141,3 x</del>	<del>16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	12,38	13,20	14,01	15,36	18,56	22,71	29,01	34,94	41,66	58,57					
<del>141,3 x</del>	<del>17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	14,55	15,52	16,46	18,05	21,81	26,68	34,09	41,06	48,95	68,82					
168,3 x	5,0	20,10	25,70	1,48	1,55	1,62	1,75	2,03	2,41	2,97	3,51	4,11	5,63	7,47				
168,3 x	5,6	22,50	28,60	1,81	1,90	1,99	2,14	2,49	2,95	3,65	4,30	5,04	6,91	9,17				
168,3 x	6,3	25,20	32,10	2,24	2,35	2,46	2,65	3,08	3,65	4,51	5,32	6,23	8,54	11,33				
168,3 x	7,1	28,20	36,00	2,78	2,92	3,05	3,28	3,82	4,52	5,59	6,59	7,73	10,59	14,05				
168,3 x	8,0	31,60	40,30	3,44	3,61	3,78	4,07	4,74	5,61	6,93	8,17	9,58	13,12	17,42				
168,3 x	8,8	34,60	44,10	4,09	4,29	4,49	4,83	5,62	6,66	8,23	9,70	11,37	15,58	20,68				
168,3 x	10,0	39,00	49,70	5,14	5,40	5,65	6,08	7,08	8,38	10,35	12,21	14,32	19,61	26,03				
168,3 x	11,0	42,70	54,40	6,11	6,41	6,71	7,22	8,40	9,95	12,29	14,50	16,99	23,28	30,90				
168,3 x	12,5	48,00	61,20	7,69	8,07	8,45	9,08	10,58	12,52	15,47	18,25	21,39	29,31	38,90				
168,3 x	14,2	54,00	68,70	9,67	10,15	10,63	11,43	13,31	15,75	19,46	22,95	26,91	36,87	48,93				
168,3 x	16,0	60,10	76,60	11,99	12,59	13,18	14,16	16,49	19,52	24,13	28,45	33,36	45,70	60,66				
<del>168,3 x</del>	<del>17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	14,08	14,79	15,48	16,64	19,38	22,94	28,35	33,44	39,20	53,70	71,27				
<del>168,3 x</del>	<del>20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	17,91	18,81	19,69	21,16	24,65	29,17	36,05	42,52	49,85	68,30	90,64				
219,1 x	6,3	33,10	42,10				2,45	2,72	3,08	3,61	4,11	4,68	6,12	7,85	11,94			
219,1 x	7,1	37,10	47,30				3,04	3,38	3,81	4,48	5,10	5,81	7,59	9,74	14,81			
219,1 x	8,0	41,60	53,10				3,77	4,19	4,73	5,55	6,32	7,20	9,40	12,07	18,36			
219,1 x	8,8	45,60	58,10				4,48	4,97	5,61	6,59	7,51	8,55	11,16	14,33	21,80			
219,1 x	10,0	51,60	65,70				5,63	6,26	7,06	8,29	9,45	10,76	14,05	18,04	27,44			
219,1 x	11,0	56,50	71,90				6,69	7,43	8,39	9,84	11,22	12,77	16,68	21,42	32,57			
219,1 x	12,5	63,70	81,10				8,42	9,35	10,56	12,39	14,12	16,07	21,00	26,96	41,00			
219,1 x	14,2	71,80	91,40				10,59	11,76	13,28	15,59	17,76	20,22	26,42	33,92	51,58			
219,1 x	16,0	80,10	102,00				13,13	14,58	16,46	19,32	22,02	25,07	32,75	42,05	63,94			
219,1 x	17,5	87,00	111,00				15,43	17,13	19,34	22,71	25,87	29,46	38,48	49,41	75,13			
219,1 x	20,0	98,20	125,00				19,62	21,78	24,60	28,88	32,90	37,46	48,93	62,83	95,55			
<del>219,1 x</del>	<del>25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				29,31	32,55	36,76	43,15	49,16	55,97	73,12	93,89	142,78			
273,0 x	6,3	41,40	52,80					2,56	2,80	3,16	3,50	3,88	4,85	6,02	8,77	12,48		
273,0 x	7,1	46,60	59,30					3,18	3,47	3,92	4,34	4,82	6,01	7,46	10,88	15,48		
273,0 x	8,0	52,30	66,60					3,94	4,31	4,86	5,38	5,97	7,45	9,25	13,48	19,19		
273,0 x	8,8	57,30	73,00					4,68	5,11	5,77	6,39	7,09	8,85	10,98	16,01	22,78		
273,0 x	10,0	64,90	82,60					5,89	6,44	7,26	8,04	8,92	11,14	13,83	20,15	28,67		
273,0 x	11,0	71,10	90,50					6,99	7,64	8,62	9,54	10,59	13,22	16,41	23,92	34,04		
273,0 x	12,5	80,30	102,00					8,80	9,62	10,85	12,01	13,33	16,64	20,66	30,11	42,85		
273,0 x	14,2	90,60	115,00					11,07	12,10	13,65	15,11	16,77	20,94	25,99	37,88	53,90		
273,0 x	16,0	101,00	129,00					13,73	15,00	16,92	18,74	20,79	25,96	32,22	46,95	66,82		
273,0 x	17,5	110,00	140,00					16,13	17,62	19,89	22,01	24,43	30,50	37,86	55,17	78,51		
273,0 x	20,0	125,00	159,00					20,51	22,41	25,29	28,00	31,06	38,79	48,14	70,16	99,85		
273,0 x	25,0	153,00	195,00					30,65	33,49	37,79	41,84	46,42	57,96	71,94	104,85	149,20		
<del>273,0 x</del>	<del>28,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>					42,56	46,49	52,47	58,09	64,45	80,47	99,88	145,57	207,15		
323,8 x	7,1	55,50	70,60						3,32	3,65	3,96	4,31	5,19	6,25	8,76	12,15	16,02	
323,8 x	8,0	62,30	79,40						4,11	4,52	4,90	5,34	6,43	7,75	10,86	15,06	19,85	
323,8 x	8,8	68,40	87,10						4,88	5,37	5,82	6,34	7,63	9,20	12,90	17,88	23,57	
323,8 x	10,0	77,40	98,60						6,15	6,75	7,33	7,97	9,61	11,58	16,23	22,50	29,67	
323,8 x	11,0	84,90	108,00						7,30	8,02	8,70	9,47	11,40	13,75	19,27	26,71	35,22	
323,8 x	12,5	96,00	122,00						9,18	10,09	10,95	11,92	14,35	17,31	24,26	33,63	44,33	
323,8 x	14,2	108,00	138,00						11,55	12,70	13,77	14,99	18,06	21,77	30,52	42,30	55,77	
323,8 x	16,0	121,00	155,00						14,32	15,74	17,07	18,58	22,38	26,99	37,83	52,44	69,14	
323,8 x	17,5	132,00	168,00						16,83	18,50	20,06	21,84	26,30	31,71	44,45	61,62	81,24	
323,8 x	20,0	150,00	191,00						21,40	23,52	25,51	27,77	33,45	40,33	56,53	78,36	103,31	
323,8 x	25,0	184,00	235,00						31,98	35,15	38,12	41,50	49,98	60,26	84,47	117,09	154,38	
355,6 x	8,8	75,30	95,90						4,80	5,21	5,59	6,03	7,12	8,45	11,57	15,78	20,59	24,02
355,6 x	10,0	85,20	109,00						6,04	6,56	7,04	7,59	8,97	10,64	14,56	19,86	25,92	30,23
355,6 x	11,0	93,50	119,00						7,17	7,78	8,36	9,01	10,64	12,63	17,29	23,58	30,77	35,89
355,6 x	12,5	106,00	135,00						9,03	9,80	10,52	11,34	13,40	15,89	21,76	29,68	38,73	45,17
355,6 x	14,2	120,00	152,00						11,36	12,33	13,23	14,26	16,85	19,99	27,38	37,34	48,72	56,83
355,6 x	16,0	134,00	171,00						14,08	15,28	16,41	17,68	20,89	24,78	33,94	46,28	60,39	70,45
355,6 x	17,5	146,00	186,00						16,55	17,96	19,28	20,78	24,55	29,12	39,88	54,39	70,96	82,78
355,6 x	20,0	166,00	211,00						21,04	22,83	24,52	26,42	31,22	37,03	50,72	69,16	90,24	105,27
355,6 x	25,0	204,00	260,00						31,45	34,12	36,63	39,48	46,65	55,34	75,79	103,35	134,85	157,30

Ligação X - Valores de Fk												Ângulo	30°				
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di														
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	5,61														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	7,09														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,67	5,61													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	4,65	7,09													
38,1 x 4,0	3,36	4,29	5,74	8,76													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	3,76	5,02	7,09												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	4,64	6,19	8,76												
42,2 x 4,5	4,18	5,33	5,87	7,84	11,08												
42,2 x 5,0	4,59	5,84	7,24	9,68	13,68												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	3,06	3,73	4,61	7,09											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,78	4,61	5,69	8,76											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	4,79	5,83	7,20	11,08											
48,3 x 5,0	5,34	6,80	5,91	7,20	8,90	13,68											
48,3 x 5,5	5,90	7,51	7,41	9,03	11,16	17,17											
48,3 x 6,0	6,53	8,31	9,38	11,43	14,12	21,73											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,44	2,76	3,11	3,84	7,09										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	3,02	3,41	3,84	4,74	8,76										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,82	4,31	4,86	6,00	11,08										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	4,72	5,33	6,00	7,40	13,68										
60,3 x 5,5	7,55	9,62	5,92	6,68	7,53	9,29	17,17										
60,3 x 6,0	8,39	10,70	7,49	8,45	9,53	11,75	21,73										
60,3 x 7,0	9,32	11,90	9,51	10,74	12,10	14,93	27,59										
60,3 x 8,0	10,30	13,10	12,07	13,63	15,37	18,95	35,03										
60,3 x 9,0	11,20	14,20	14,61	16,50	18,59	22,93	42,39										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	2,14	2,33	2,53	2,90	4,07	7,09									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,64	2,88	3,13	3,59	5,03	8,76									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	3,35	3,65	3,96	4,54	6,36	11,08									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	4,13	4,50	4,89	5,60	7,86	13,68									
73,0 x 5,5	9,31	11,90	5,18	5,65	6,13	7,03	9,86	17,17									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	6,56	7,15	7,76	8,89	12,47	21,73									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	8,33	9,08	9,86	11,30	15,84	27,59									
73,0 x 8,0	12,80	16,30	10,58	11,53	12,52	14,34	20,11	35,03									
73,0 x 9,0	13,90	17,70	12,80	13,95	15,15	17,35	24,34	42,39									
73,0 x 10,0	15,50	19,80	16,52	18,02	19,56	22,41	31,43	54,74									
73,0 x 11,0	16,80	21,40	19,99	21,80	23,67	27,12	38,03	66,23									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,94	2,06	2,19	2,41	2,99	4,02	7,09								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,39	2,55	2,70	2,97	3,69	4,97	8,76								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	3,03	3,23	3,42	3,76	4,67	6,29	11,08								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	3,74	3,98	4,22	4,64	5,77	7,76	13,68								
88,9 x 5,5	11,50	14,70	4,69	5,00	5,30	5,82	7,24	9,74	17,17								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	5,93	6,32	6,71	7,37	9,16	12,33	21,73								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	7,54	8,03	8,52	9,36	11,64	15,66	27,59								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	9,57	10,20	10,81	11,89	14,77	19,88	35,03								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	11,58	12,34	13,08	14,38	17,87	24,05	42,39								
88,9 x 10,0	19,50	24,80	14,95	15,93	16,90	18,57	23,08	31,06	54,74								
88,9 x 11,0	21,10	26,90	18,09	19,28	20,45	22,47	27,93	37,58	66,23								
88,9 x 12,0	23,60	30,00	23,36	24,89	26,40	29,02	36,06	48,53	85,53								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	2,27	2,39	2,51	2,71	3,20	3,98	5,71	8,76							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,87	3,02	3,17	3,42	4,06	5,04	7,23	11,08							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	3,54	3,73	3,92	4,23	5,01	6,22	8,93	13,68							
101,6 x 5,5	13,30	16,90	4,45	4,68	4,92	5,30	6,28	7,80	11,20	17,17							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	5,63	5,93	6,22	6,71	7,95	9,87	14,17	21,73							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	7,15	7,53	7,90	8,53	10,10	12,54	18,00	27,59							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	9,07	9,56	10,03	10,82	12,82	15,92	22,85	35,03							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	10,98	11,57	12,14	13,10	15,51	19,27	27,65	42,39							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	14,17	14,94	15,67	16,91	20,03	24,88	35,71	54,74							
101,6 x 11,0	24,60	31,30	17,15	18,07	18,96	20,46	24,23	30,10	43,21	66,23							
101,6 x 12,0	27,50	35,00	22,15	23,34	24,49	26,43	31,29	38,87	55,79	85,53							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	2,18	2,28	2,37	2,53	2,91	3,45	4,50	5,94	8,76						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,76	2,88	3,00	3,20	3,68	4,36	5,69	7,52	11,08						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	3,41	3,56	3,71	3,95	4,54	5,39	7,03	9,29	13,68						
114,3 x 5,5	15,00	19,10	4,27	4,47	4,65	4,96	5,70	6,76	8,81	11,65	17,17						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	5,41	5,65	5,89	6,28	7,21	8,55	11,16	14,74	21,73						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	6,87	7,18	7,48	7,97	9,15	10,86	14,17	18,72	27,59						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	8,72	9,12	9,50	10,12	11,62	13,79	17,99	23,77	35,03						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	10,55	11,03	11,49	12,25	14,06	16,69	21,77	28,76	42,39						
114,3 x 10,0	25,70	32,80	13,62	14,25	14,84	15,81	18,16	21,55	28,11	37,14	54,74						
114,3 x 11,0	28,00	35,70	16,49	17,24	17,95	19,13	21,97	26,07	34,01	44,94	66,23						
114,3 x 12,0	31,40	40,00	21,29	22,26	23,18	24,71	28,38	33,67	43,92	58,04	85,53						
114,3 x 14,0	35,10	44,70	27,47	28,73	29,92	31,88	36,62	43,45	56,68	74,89	110,37						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	3,22	3,33	3,43	3,60	3,97	4,47	5,30	6,23	7,54	13,68					
141,3 x 5,6	18,70	23,90	4,03	4,17	4,30	4,51	4,98	5,61	6,65	7,81	9,46	17,17					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	5,11	5,28	5,44	5,71	6,31	7,10	8,42	9,88	11,97	21,73					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	6,48	6,71	6,92	7,25	8,01	9,02	10,69	12,55	15,21	27,59					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	8,23	8,52	8,78	9,20	10,17	11,45	13,57	15,94	19,31	35,03					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	9,96	10,30	10,62	11,14	12,31	13,85	16,42	19,29	23,36	42,39					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	12,86	13,31	13,72	14,38	15,89	17,88	21,21	24,91	30,16	54,74					

Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	30°				
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																			
Banzo		Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
				33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
141,3 x	11,0	35,30	45,00	15,56	16,10	16,60	17,40	19,23	21,64	25,66	30,14	36,50	66,23						
141,3 x	12,5	39,70	50,60	20,10	20,79	21,44	22,47	24,83	27,94	33,14	38,91	47,13	85,53						
141,3 x	14,2	44,50	56,70	25,94	26,83	27,66	29,00	32,05	36,06	42,76	50,22	60,82	110,37						
<del>141,3 x</del>	<del>16,0</del>	49,40	63,00	32,93	34,06	35,12	36,82	40,69	45,78	54,29	63,76	77,22	140,13						
<del>141,3 x</del>	<del>17,5</del>	53,40	68,10	39,39	40,75	42,01	44,05	48,68	54,77	64,95	76,27	92,38	167,63						
168,3 x	5,0	20,10	25,70	3,10	3,18	3,26	3,39	3,66	4,01	4,54	5,09	5,78	8,13	13,68					
168,3 x	5,6	22,50	28,60	3,89	3,99	4,09	4,25	4,59	5,03	5,70	6,38	7,25	10,19	17,17					
168,3 x	6,3	25,20	32,10	4,92	5,05	5,18	5,38	5,82	6,36	7,21	8,08	9,17	12,90	21,73					
168,3 x	7,1	28,20	36,00	6,25	6,42	6,58	6,83	7,39	8,08	9,16	10,26	11,65	16,39	27,59					
168,3 x	8,0	31,60	40,30	7,93	8,15	8,35	8,67	9,38	10,26	11,63	13,03	14,79	20,80	35,03					
168,3 x	8,8	34,60	44,10	9,60	9,86	10,11	10,49	11,35	12,42	14,08	15,76	17,90	25,17	42,39					
168,3 x	10,0	39,00	49,70	12,39	12,74	13,05	13,55	14,65	16,03	18,18	20,35	23,12	32,51	54,74					
168,3 x	11,0	42,70	54,40	14,99	15,41	15,79	16,40	17,73	19,40	21,99	24,63	27,97	39,33	66,23					
168,3 x	12,5	48,00	61,20	19,36	19,90	20,39	21,17	22,89	25,05	28,40	31,80	36,12	50,79	85,53					
168,3 x	14,2	54,00	68,70	24,99	25,68	26,32	27,32	29,54	32,33	36,65	41,04	46,61	65,54	110,37					
168,3 x	16,0	60,10	76,60	31,72	32,60	33,41	34,69	37,51	41,04	46,53	52,10	59,18	83,21	140,13					
<del>168,3 x</del>	<del>17,5</del>	65,10	82,90	37,95	39,00	39,97	41,50	44,87	49,10	55,67	62,33	70,79	99,55	167,63					
<del>168,3 x</del>	<del>19,0</del>	73,10	93,20	49,57	50,94	52,20	54,20	58,61	64,13	72,71	81,41	92,47	130,02	218,95					
219,1 x	6,3	33,10	42,10					5,03	5,31	5,65	6,15	6,61	7,15	8,64	10,93	21,73			
219,1 x	7,1	37,10	47,30					6,38	6,75	7,18	7,81	8,40	9,08	10,98	13,88	27,59			
219,1 x	8,0	41,60	53,10					8,10	8,57	9,12	9,91	10,66	11,53	13,94	17,62	35,03			
219,1 x	8,8	45,60	58,10					9,80	10,36	11,03	12,00	12,90	13,95	16,86	21,32	42,39			
219,1 x	10,0	51,60	65,70					12,66	13,38	14,24	15,49	16,66	18,01	21,77	27,53	54,74			
219,1 x	11,0	56,50	71,90					15,32	16,19	17,24	18,74	20,15	21,79	26,35	33,31	66,23			
219,1 x	12,5	63,70	81,10					19,78	20,91	22,26	24,21	26,03	28,14	34,02	43,01	85,53			
219,1 x	14,2	71,80	91,40					25,53	26,99	28,72	31,24	33,59	36,32	43,91	55,51	110,37			
219,1 x	16,0	80,10	102,00					32,41	34,26	36,47	39,66	42,64	46,11	55,74	70,47	140,13			
219,1 x	17,5	87,00	111,00					38,77	40,99	43,62	47,44	51,01	55,16	66,68	84,30	167,63			
219,1 x	20,0	98,20	125,00					50,64	53,53	56,98	61,97	66,62	72,04	87,10	110,11	218,95			
<del>219,1 x</del>	<del>22,5</del>	120,00	152,00					79,13	83,65	89,03	96,82	104,10	112,57	136,09	172,05	342,11			
273,0 x	6,3	41,40	52,80						5,03	5,27	5,61	5,91	6,25	7,11	8,24	11,80	21,73		
273,0 x	7,1	46,60	59,30						6,38	6,69	7,12	7,51	7,93	9,03	10,47	14,98	27,59		
273,0 x	8,0	52,30	66,60						8,11	8,50	9,04	9,53	10,07	11,46	13,29	19,02	35,03		
273,0 x	8,8	57,30	73,00						9,81	10,28	10,94	11,53	12,19	13,87	16,09	23,02	42,39		
273,0 x	10,0	64,90	82,60						12,67	13,28	14,13	14,89	15,74	17,91	20,77	29,72	54,74		
273,0 x	11,0	71,10	90,50						15,33	16,06	17,09	18,01	19,04	21,67	25,14	35,96	66,23		
273,0 x	12,5	80,30	102,00						19,79	20,74	22,07	23,26	24,59	27,98	32,46	46,44	85,53		
273,0 x	14,2	90,60	115,00						25,54	26,77	28,48	30,02	31,73	36,11	41,89	59,93	110,37		
273,0 x	16,0	101,00	129,00						32,43	33,98	36,16	38,11	40,29	45,84	53,18	76,09	140,13		
273,0 x	17,5	110,00	140,00						38,79	40,66	43,26	45,59	48,19	54,84	63,62	91,02	167,63		
273,0 x	20,0	125,00	159,00						50,66	53,10	56,50	59,55	62,95	71,63	83,09	118,88	218,95		
273,0 x	25,0	153,00	195,00						79,16	82,97	88,29	93,05	98,36	111,92	129,83	185,76	342,11		
<del>273,0 x</del>	<del>28,0</del>	180,00	229,00						114,00	119,48	127,13	133,99	141,63	161,17	186,96	267,49	492,63		
323,8 x	7,1	55,50	70,60							6,41	6,74	7,03	7,34	8,11	9,05	11,60	16,53	27,59	
323,8 x	8,0	62,30	79,40							8,14	8,56	8,92	9,32	10,29	11,50	14,73	20,99	35,03	
323,8 x	8,8	68,40	87,10							9,85	10,36	10,80	11,28	12,46	13,91	17,82	25,40	42,39	
323,8 x	10,0	77,40	98,60							12,72	13,37	13,94	14,56	16,09	17,96	23,01	32,80	54,74	
323,8 x	11,0	84,90	108,00							15,40	16,18	16,87	17,62	19,46	21,73	27,85	39,69	66,23	
323,8 x	12,5	96,00	122,00							19,88	20,90	21,79	22,76	25,13	28,07	35,96	51,25	85,53	
323,8 x	14,2	108,00	138,00							25,66	26,97	28,12	29,37	32,44	36,22	46,40	66,14	110,37	
323,8 x	16,0	121,00	155,00							32,57	34,24	35,70	37,28	41,18	45,98	58,91	83,97	140,13	
323,8 x	17,5	132,00	168,00							38,97	40,96	42,70	44,60	49,26	55,01	70,48	100,45	167,63	
323,8 x	20,0	150,00	191,00							50,89	53,50	55,78	58,26	64,34	71,85	92,05	131,20	218,95	
323,8 x	25,0	184,00	235,00							79,52	83,59	87,15	91,03	100,54	112,26	143,83	205,00	342,11	
355,6 x	8,8	75,30	95,90							9,66	10,10	10,48	10,89	11,88	13,06	16,08	21,30	30,69	42,39
355,6 x	10,0	85,20	109,00							12,47	13,04	13,53	14,06	15,34	16,87	20,76	27,50	39,63	54,74
355,6 x	11,0	93,50	119,00							15,09	15,78	16,37	17,01	18,56	20,41	25,12	33,28	47,95	66,23
355,6 x	12,5	106,00	135,00							19,49	20,38	21,14	21,97	23,96	26,35	32,44	42,97	61,92	85,53
355,6 x	14,2	120,00	152,00							25,15	26,30	27,29	28,35	30,92	34,01	41,86	55,46	79,91	110,37
355,6 x	16,0	134,00	171,00							31,93	33,38	34,64	36,00	39,26	43,18	53,15	70,41	101,45	140,13
355,6 x	17,5	146,00	186,00							38,20	39,94	41,44	43,06	46,97	51,65	63,58	84,23	121,36	167,63
355,6 x	20,0	166,00	211,00							49,90	52,16	54,13	56,24	61,34	67,46	83,05	110,01	158,52	218,95
355,6 x	25,0	204,00	260,00							77,96	81,50	84,57	87,88	95,85	105,41	129,76	171,89	247,68	342,11

Ligação X - Valores de Fk															Ângulo	35°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x 3,2	2,38	3,04	4,89														
33,4 x 3,6	2,65	3,37	6,18														
38,1 x 3,2	2,75	3,51	3,20	4,89													
38,1 x 3,6	3,06	3,90	4,05	6,18													
38,1 x 4,0	3,36	4,29	5,00	7,63													
42,2 x 3,6	3,43	4,37	3,27	4,37	6,18												
42,2 x 4,0	3,77	4,80	4,04	5,40	7,63												
42,2 x 4,5	4,18	5,33	5,12	6,83	9,66												
42,2 x 5,0	4,59	5,84	6,31	8,44	11,93												
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,67	3,25	4,02	6,18											
48,3 x 4,0	4,37	5,57	3,30	4,02	4,96	7,63											
48,3 x 4,5	4,86	6,19	4,17	5,08	6,28	9,66											
48,3 x 5,0	5,34	6,80	5,15	6,28	7,75	11,93											
48,3 x 5,5	5,90	7,51	6,46	7,87	9,73	14,96											
48,3 x 6,0	6,53	8,31	8,18	9,97	12,31	18,94											
60,3 x 3,6	5,03	6,41	2,13	2,41	2,71	3,35	6,18										
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,63	2,97	3,35	4,13	7,63										
60,3 x 4,5	6,19	7,89	3,33	3,76	4,24	5,23	9,66										
60,3 x 5,0	6,82	8,69	4,11	4,64	5,23	6,45	11,93										
60,3 x 5,5	7,55	9,62	5,16	5,82	6,56	8,10	14,96										
60,3 x 6,0	8,39	10,70	6,53	7,37	8,31	10,25	18,94										
60,3 x 7,0	9,32	11,90	8,29	9,36	10,55	13,01	24,05										
60,3 x 8,0	10,30	13,10	10,52	11,88	13,40	16,52	30,54										
60,3 x 9,0	11,20	14,20	12,73	14,38	16,21	19,99	36,95										
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,87	2,04	2,21	2,53	3,55	6,18									
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,30	2,51	2,73	3,13	4,38	7,63									
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,92	3,18	3,45	3,96	5,55	9,66									
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,60	3,93	4,26	4,88	6,85	11,93									
73,0 x 5,5	9,31	11,90	4,52	4,93	5,35	6,13	8,59	14,96									
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,72	6,23	6,77	7,75	10,87	18,94									
73,0 x 7,1	11,50	14,70	7,26	7,92	8,59	9,85	13,81	24,05									
73,0 x 8,0	12,80	16,30	9,22	10,05	10,91	12,50	17,53	30,54									
73,0 x 9,0	13,90	17,70	11,15	12,16	13,20	15,13	21,22	36,95									
73,0 x 10,0	15,50	19,80	14,40	15,71	17,05	19,54	27,40	47,72									
73,0 x 11,0	16,80	21,40	17,43	19,00	20,63	23,64	33,15	57,74									
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,69	1,80	1,91	2,10	2,61	3,51	6,18								
88,9 x 4,0	8,38	10,70	2,09	2,22	2,36	2,59	3,22	4,33	7,63								
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,64	2,81	2,98	3,28	4,07	5,48	9,66								
88,9 x 5,0	10,30	13,20	3,26	3,47	3,68	4,05	5,03	6,77	11,93								
88,9 x 5,5	11,50	14,70	4,09	4,35	4,62	5,08	6,31	8,49	14,96								
88,9 x 6,3	12,80	16,30	5,17	5,51	5,85	6,43	7,99	10,75	18,94								
88,9 x 7,1	14,30	18,20	6,57	7,00	7,43	8,16	10,14	13,65	24,05								
88,9 x 8,0	16,00	20,30	8,34	8,89	9,43	10,36	12,88	17,33	30,54								
88,9 x 8,8	17,40	22,10	10,09	10,75	11,41	12,54	15,58	20,97	36,95								
88,9 x 10,0	19,50	24,80	13,03	13,89	14,73	16,19	20,12	27,07	47,72								
88,9 x 11,0	21,10	26,90	15,77	16,80	17,82	19,59	24,35	32,76	57,74								
88,9 x 12,0	23,60	30,00	20,36	21,70	23,01	25,30	31,44	42,30	74,56								
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,98	2,08	2,19	2,36	2,79	3,47	4,98	7,63							
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,50	2,64	2,77	2,99	3,54	4,39	6,30	9,66							
101,6 x 5,0	11,90	15,20	3,09	3,26	3,42	3,69	4,36	5,42	7,78	11,93							
101,6 x 5,5	13,30	16,90	3,87	4,08	4,28	4,62	5,48	6,80	9,76	14,96							
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,90	5,17	5,42	5,85	6,93	8,61	12,35	18,94							
101,6 x 7,1	16,50	21,10	6,23	6,56	6,89	7,43	8,80	10,93	15,69	24,05							
101,6 x 8,0	18,50	23,50	7,91	8,33	8,74	9,44	11,17	13,88	19,92	30,54							
101,6 x 8,8	20,10	25,70	9,57	10,08	10,58	11,42	13,52	16,80	24,11	36,95							
101,6 x 10,0	22,60	28,80	12,36	13,02	13,66	14,74	17,46	21,69	31,13	47,72							
101,6 x 11,0	24,60	31,30	14,95	15,76	16,53	17,84	21,13	26,24	37,66	57,74							
101,6 x 12,0	27,50	35,00	19,31	20,35	21,35	23,04	27,28	33,89	48,64	74,56							
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,90	1,99	2,07	2,21	2,53	3,01	3,92	5,18	7,63						
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,41	2,51	2,62	2,79	3,21	3,80	4,96	6,56	9,66						
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,97	3,10	3,23	3,45	3,96	4,70	6,13	8,09	11,93						
114,3 x 5,5	15,00	19,10	3,72	3,89	4,06	4,32	4,96	5,89	7,68	10,15	14,96						
114,3 x 6,3	16,80	21,40	4,71	4,93	5,13	5,47	6,28	7,45	9,73	12,85	18,94						
114,3 x 7,1	18,80	23,90	5,99	6,26	6,52	6,95	7,98	9,47	12,35	16,32	24,05						
114,3 x 8,0	21,00	26,70	7,60	7,95	8,28	8,82	10,13	12,02	15,68	20,72	30,54						
114,3 x 8,8	22,90	29,20	9,20	9,62	10,02	10,67	12,26	14,55	18,97	25,07	36,95						
114,3 x 10,0	25,70	32,80	11,88	12,42	12,93	13,78	15,83	18,78	24,50	32,38	47,72						
114,3 x 11,0	28,00	35,70	14,37	15,03	15,65	16,68	19,16	22,73	29,65	39,18	57,74						
114,3 x 12,0	31,40	40,00	18,56	19,40	20,21	21,54	24,74	29,35	38,29	50,59	74,56						
114,3 x 14,0	35,10	44,70	23,95	25,04	26,08	27,79	31,92	37,87	49,41	65,29	96,21						
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,80	2,90	2,99	3,13	3,46	3,90	4,62	5,43	6,57	11,93					
141,3 x 5,5	18,70	23,90	3,52	3,64	3,75	3,93	4,35	4,89	5,80	6,81	8,25	14,96					
141,3 x 6,3	21,00	26,70	4,45	4,60	4,75	4,98	5,50	6,19	7,34	8,62	10,44	18,94					
141,3 x 7,1	23,50	29,90	5,65	5,85	6,03	6,32	6,98	7,86	9,32	10,94	13,26	24,05					
141,3 x 8,0	26,30	33,50	7,18	7,42	7,65	8,02	8,87	9,98	11,83	13,89	16,83	30,54					
141,3 x 8,8	28,80	36,60	8,68	8,98	9,26	9,71	10,73	12,07	14,32	16,81	20,36	36,95					
141,3 x 10,0	32,40	41,20	11,21	11,60	11,96	12,54	13,86	15,59	18,49	21,71	26,30	47,72					

Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	35°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
141,3 x 11,0	35,30	45,00	13,57	14,04	14,47	15,17	16,76	18,86	22,37	26,27	31,82	57,74				
141,3 x 12,5	39,70	50,60	17,52	18,12	18,69	19,59	21,65	24,36	28,89	33,92	41,09	74,56				
141,3 x 14,2	44,50	56,70	22,61	23,39	24,11	25,28	27,94	31,44	37,28	43,78	53,02	96,21				
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>28,70</del>	<del>29,69</del>	<del>30,61</del>	<del>32,10</del>	<del>35,47</del>	<del>39,91</del>	<del>47,33</del>	<del>55,58</del>	<del>67,32</del>	<del>122,15</del>				
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>34,34</del>	<del>35,52</del>	<del>36,62</del>	<del>38,40</del>	<del>42,43</del>	<del>47,74</del>	<del>56,62</del>	<del>66,49</del>	<del>80,53</del>	<del>146,13</del>				
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,70	2,78	2,84	2,95	3,19	3,49	3,96	4,44	5,04	7,08	11,93			
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,39	3,48	3,57	3,70	4,01	4,38	4,97	5,56	6,32	8,89	14,96			
168,3 x 6,3	25,20	32,10	4,29	4,41	4,52	4,69	5,07	5,55	6,29	7,04	8,00	11,25	18,94			
168,3 x 7,1	28,20	36,00	5,45	5,60	5,73	5,95	6,44	7,05	7,99	8,94	10,16	14,28	24,05			
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,91	7,11	7,28	7,56	8,17	8,94	10,14	11,35	12,90	18,13	30,54			
168,3 x 8,8	34,60	44,10	8,37	8,60	8,81	9,15	9,89	10,82	12,27	13,74	15,61	21,94	36,95			
168,3 x 10,0	39,00	49,70	10,80	11,10	11,38	11,81	12,77	13,98	15,85	17,74	20,15	28,34	47,72			
168,3 x 11,0	42,70	54,40	13,07	13,43	13,77	14,29	15,46	16,91	19,17	21,47	24,38	34,29	57,74			
168,3 x 12,5	48,00	61,20	16,88	17,35	17,78	18,46	19,96	21,84	24,76	27,72	31,49	44,27	74,56			
168,3 x 14,2	54,00	68,70	21,78	22,39	22,94	23,82	25,75	28,18	31,95	35,77	40,63	57,14	96,21			
168,3 x 16,0	60,10	76,60	27,65	28,42	29,12	30,24	32,70	35,78	40,56	45,42	51,59	72,54	122,15			
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>33,08</del>	<del>34,00</del>	<del>34,84</del>	<del>36,17</del>	<del>39,12</del>	<del>42,80</del>	<del>48,53</del>	<del>54,33</del>	<del>61,71</del>	<del>86,78</del>	<del>146,13</del>			
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	<del>43,21</del>	<del>44,41</del>	<del>45,51</del>	<del>47,25</del>	<del>51,09</del>	<del>55,91</del>	<del>63,38</del>	<del>70,96</del>	<del>80,61</del>	<del>113,34</del>	<del>190,86</del>			
219,1 x 6,3	33,10	42,10				4,38	4,63	4,93	5,36	5,76	6,23	7,53	9,52	18,94		
219,1 x 7,1	37,10	47,30				5,56	5,88	6,26	6,81	7,32	7,91	9,57	12,10	24,05		
219,1 x 8,0	41,60	53,10				7,06	7,47	7,95	8,64	9,29	10,05	12,15	15,36	30,54		
219,1 x 8,8	45,60	58,10				8,55	9,03	9,62	10,46	11,24	12,16	14,70	18,58	36,95		
219,1 x 10,0	51,60	65,70				11,04	11,67	12,42	13,50	14,52	15,70	18,98	24,00	47,72		
219,1 x 11,0	56,50	71,90				13,35	14,12	15,02	16,34	17,57	19,00	22,97	29,04	57,74		
219,1 x 12,5	63,70	81,10				17,24	18,23	19,40	21,10	22,69	24,53	29,66	37,49	74,56		
219,1 x 14,2	71,80	91,40				22,25	23,52	25,04	27,23	29,28	31,66	38,27	48,39	96,21		
219,1 x 16,0	80,10	102,00				28,25	29,87	31,79	34,57	37,17	40,19	48,59	61,43	122,15		
219,1 x 17,5	87,00	111,00				33,80	35,73	38,03	41,36	44,47	48,08	58,13	73,49	146,13		
219,1 x 20,0	98,20	125,00				44,15	46,67	49,67	54,02	58,08	62,80	75,93	95,99	190,86		
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				<del>68,98</del>	<del>72,92</del>	<del>77,61</del>	<del>84,40</del>	<del>90,75</del>	<del>98,13</del>	<del>118,63</del>	<del>149,98</del>	<del>298,22</del>		
273,0 x 6,3	41,40	52,80				4,38	4,59	4,89	5,15	5,44	6,20	7,19	10,28	18,94		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				5,57	5,83	6,21	6,54	6,92	7,87	9,13	13,06	24,05		
273,0 x 8,0	52,30	66,60				7,07	7,41	7,88	8,31	8,78	9,99	11,59	16,58	30,54		
273,0 x 8,8	57,30	73,00				8,55	8,96	9,54	10,05	10,62	12,09	14,02	20,06	36,95		
273,0 x 10,0	64,90	82,60				11,04	11,57	12,31	12,98	13,72	15,61	18,11	25,91	47,72		
273,0 x 11,0	71,10	90,50				13,36	14,00	14,90	15,70	16,60	18,89	21,91	31,35	57,74		
273,0 x 12,5	80,30	102,00				17,25	18,08	19,24	20,28	21,43	24,39	28,29	40,48	74,56		
273,0 x 14,2	90,60	115,00				22,26	23,33	24,83	26,17	27,66	31,48	36,51	52,24	96,21		
273,0 x 16,0	101,00	129,00				28,27	29,63	31,52	33,22	35,12	39,96	46,36	66,33	122,15		
273,0 x 17,5	110,00	140,00				33,81	35,44	37,71	39,75	42,01	47,81	55,46	79,34	146,13		
273,0 x 20,0	125,00	159,00				44,17	46,29	49,26	51,91	54,87	62,44	72,43	103,63	190,86		
273,0 x 25,0	153,00	195,00				69,01	72,33	76,96	81,11	85,74	97,57	113,18	161,93	298,22		
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				<del>99,37</del>	<del>104,15</del>	<del>110,83</del>	<del>116,80</del>	<del>123,46</del>	<del>140,49</del>	<del>162,98</del>	<del>233,17</del>	<del>429,44</del>		
323,8 x 7,1	55,50	70,60				5,59	5,88	6,13	6,40	7,07	7,89	10,11	14,41	24,05		
323,8 x 8,0	62,30	79,40				7,10	7,46	7,78	8,13	8,97	10,02	12,84	18,30	30,54		
323,8 x 8,8	68,40	87,10				8,59	9,03	9,41	9,83	10,86	12,13	15,54	22,14	36,95		
323,8 x 10,0	77,40	98,60				11,09	11,66	12,16	12,70	14,02	15,66	20,06	28,59	47,72		
323,8 x 11,0	84,90	108,00				13,42	14,11	14,71	15,36	16,97	18,95	24,27	34,60	57,74		
323,8 x 12,5	96,00	122,00				17,33	18,22	18,99	19,84	21,91	24,47	31,35	44,68	74,56		
323,8 x 14,2	108,00	138,00				22,36	23,51	24,51	25,60	28,27	31,57	40,45	57,65	96,21		
323,8 x 16,0	121,00	155,00				28,39	29,85	31,12	32,50	35,90	40,08	51,36	73,20	122,15		
323,8 x 17,5	132,00	168,00				33,97	35,70	37,23	38,88	42,94	47,95	61,44	87,56	146,13		
323,8 x 20,0	150,00	191,00				44,37	46,63	48,62	50,78	56,09	62,63	80,25	114,37	190,86		
323,8 x 25,0	184,00	235,00				69,32	72,87	75,97	79,35	87,64	97,86	125,38	178,70	298,22		
355,6 x 8,8	75,30	95,90				8,42	8,80	9,13	9,49	10,35	11,39	14,02	18,57	26,75	36,95	
355,6 x 10,0	85,20	109,00				10,87	11,37	11,80	12,26	13,37	14,70	18,10	23,97	34,55	47,72	
355,6 x 11,0	93,50	119,00				13,16	13,76	14,27	14,83	16,18	17,79	21,90	29,01	41,80	57,74	
355,6 x 12,5	106,00	135,00				16,99	17,76	18,43	19,15	20,89	22,97	28,28	37,46	53,98	74,56	
355,6 x 14,2	120,00	152,00				21,93	22,92	23,79	24,72	26,96	29,65	36,49	48,34	69,66	96,21	
355,6 x 16,0	134,00	171,00				27,84	29,10	30,20	31,38	34,22	37,64	46,33	61,37	88,44	122,15	
355,6 x 17,5	146,00	186,00				33,30	34,81	36,12	37,54	40,94	45,03	55,43	73,42	105,80	146,13	
355,6 x 20,0	166,00	211,00				43,50	45,47	47,18	49,03	53,48	58,81	72,39	95,90	138,18	190,86	
355,6 x 25,0	204,00	260,00				67,96	71,05	73,72	76,61	83,55	91,89	113,11	149,84	215,91	298,22	

Ligação X - Valores de Fk

Ângulo 40°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	4,36															
<del>33,4 x 3,6</del>	2,65	3,37	5,52															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,86	4,36														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,62	5,52														
<del>38,1 x 4,0</del>	3,36	4,29	4,46	6,81														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,92	3,90	5,52													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,61	4,82	6,81													
<del>42,2 x 4,5</del>	4,18	5,33	4,56	6,10	8,62													
<del>42,2 x 5,0</del>	4,59	5,84	5,63	7,53	10,64													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,38	2,90	3,59	5,52												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,94	3,58	4,43	6,81												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,72	4,54	5,60	8,62												
<del>48,3 x 5,0</del>	5,34	6,80	4,60	5,60	6,92	10,64												
<del>48,3 x 5,5</del>	5,90	7,51	5,77	7,03	8,68	13,35												
<del>48,3 x 6,0</del>	6,53	8,31	7,30	8,89	10,98	16,90												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,90	2,15	2,42	2,99	5,52											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,35	2,65	2,99	3,69	6,81											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,97	3,36	3,78	4,66	8,62											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,67	4,14	4,67	5,76	10,64											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,60	5,20	5,86	7,22	13,35											
<del>60,3 x 6,0</del>	8,39	10,70	5,82	6,58	7,41	9,14	16,90											
<del>60,3 x 7,0</del>	9,32	11,90	7,40	8,35	9,42	11,61	21,46											
<del>60,3 x 8,0</del>	10,30	13,10	9,39	10,60	11,95	14,74	27,25											
<del>60,3 x 9,0</del>	11,20	14,20	11,36	12,83	14,46	17,84	32,97											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,67	1,82	1,97	2,26	3,17	5,52										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	2,06	2,24	2,43	2,79	3,91	6,81										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,60	2,84	3,08	3,53	4,95	8,62										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	3,21	3,50	3,80	4,36	6,11	10,64										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	4,03	4,39	4,77	5,47	7,67	13,35										
73,0 x 6,3	10,40	13,20	5,10	5,56	6,04	6,92	9,70	16,90										
73,0 x 7,1	11,50	14,70	6,48	7,06	7,67	8,79	12,32	21,46										
<del>73,0 x 8,0</del>	12,80	16,30	8,23	8,97	9,74	11,16	15,65	27,25										
<del>73,0 x 9,0</del>	13,90	17,70	9,95	10,85	11,78	13,50	18,93	32,97										
<del>73,0 x 10,0</del>	15,50	19,80	12,85	14,01	15,21	17,43	24,45	42,58										
<del>73,0 x 11,0</del>	16,80	21,40	15,55	16,96	18,41	21,09	29,58	51,52										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,51	1,61	1,70	1,87	2,33	3,13	5,52									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,86	1,98	2,10	2,31	2,87	3,87	6,81									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,35	2,51	2,66	2,93	3,64	4,89	8,62									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,91	3,10	3,29	3,61	4,49	6,04	10,64									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,65	3,89	4,12	4,53	5,63	7,58	13,35									
88,9 x 6,3	12,80	16,30	4,62	4,92	5,22	5,73	7,13	9,59	16,90									
88,9 x 7,1	14,30	18,20	5,86	6,25	6,63	7,28	9,05	12,18	21,46									
88,9 x 8,0	16,00	20,30	7,44	7,93	8,41	9,25	11,49	15,46	27,25									
88,9 x 8,8	17,40	22,10	9,01	9,60	10,18	11,19	13,90	18,71	32,97									
<del>88,9 x 10,0</del>	19,50	24,80	11,63	12,39	13,14	14,45	17,95	24,16	42,58									
<del>88,9 x 11,0</del>	21,10	26,90	14,07	14,99	15,90	17,48	21,72	29,23	51,52									
<del>88,9 x 12,0</del>	23,60	30,00	18,17	19,36	20,54	22,58	28,05	37,75	66,53									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,76	1,86	1,95	2,10	2,49	3,10	4,44	6,81								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,23	2,35	2,47	2,66	3,15	3,92	5,62	8,62								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,76	2,90	3,05	3,29	3,89	4,84	6,94	10,64								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,46	3,64	3,82	4,13	4,89	6,07	8,71	13,35								
101,6 x 6,3	14,80	18,90	4,38	4,61	4,84	5,22	6,18	7,68	11,02	16,90								
101,6 x 7,1	16,50	21,10	5,56	5,86	6,15	6,63	7,85	9,76	14,00	21,46								
101,6 x 8,0	18,50	23,50	7,06	7,44	7,80	8,42	9,97	12,39	17,78	27,25								
101,6 x 8,8	20,10	25,70	8,54	9,00	9,44	10,19	12,06	14,99	21,51	32,97								
101,6 x 10,0	22,60	28,80	11,03	11,62	12,19	13,16	15,58	19,35	27,78	42,58								
<del>101,6 x 11,0</del>	24,60	31,30	13,34	14,06	14,75	15,92	18,85	23,42	33,61	51,52								
<del>101,6 x 12,0</del>	27,50	35,00	17,23	18,15	19,05	20,56	24,34	30,24	43,40	66,53								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,70	1,77	1,85	1,97	2,26	2,68	3,50	4,62	6,81							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	2,15	2,24	2,34	2,49	2,86	3,39	4,43	5,85	8,62							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,65	2,77	2,89	3,07	3,53	4,19	5,47	7,22	10,64							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,32	3,48	3,62	3,86	4,43	5,26	6,86	9,06	13,35							
114,3 x 6,3	16,80	21,40	4,21	4,40	4,58	4,88	5,61	6,65	8,68	11,47	16,90							
114,3 x 7,1	18,80	23,90	5,34	5,59	5,82	6,20	7,12	8,45	11,02	14,56	21,46							
114,3 x 8,0	21,00	26,70	6,78	7,09	7,39	7,87	9,04	10,73	13,99	18,49	27,25							
114,3 x 8,8	22,90	29,20	8,21	8,58	8,94	9,52	10,94	12,98	16,93	22,37	32,97							
114,3 x 10,0	25,70	32,80	10,60	11,08	11,54	12,30	14,13	16,76	21,86	28,89	42,58							
114,3 x 11,0	28,00	35,70	12,82	13,41	13,96	14,88	17,09	20,28	26,46	34,96	51,52							
<del>114,3 x 12,0</del>	31,40	40,00	16,56	17,32	18,03	19,22	22,07	26,19	34,16	45,14	66,53							
<del>114,3 x 13,0</del>	35,10	44,70	21,37	22,35	23,27	24,80	28,48	33,80	44,09	58,26	85,85							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,50	2,59	2,67	2,80	3,09	3,48	4,12	4,84	5,87	10,64						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	3,14	3,25	3,35	3,51	3,88	4,36	5,17	6,08	7,36	13,35						
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,97	4,11	4,24	4,44	4,91	5,52	6,55	7,69	9,31	16,90						
141,3 x 7,1	23,50	29,90	5,04	5,22	5,38	5,64	6,23	7,01	8,32	9,77	11,83	21,46						
141,3 x 8,0	26,30	33,50	6,40	6,62	6,83	7,16	7,91	8,90	10,56	12,40	15,02	27,25						
141,3 x 8,8	28,80	36,60	7,75	8,02	8,26	8,66	9,57	10,77	12,78	15,00	18,17	32,97						
141,3 x 10,0	32,40	41,20	10,01	10,35	10,67	11,19	12,36	13,91	16,50	19,37	23,46	42,58						



Ligação X - Valores de Fk															Ângulo	40°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																	
Banzo	Peso		Diagonais Di														
	(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
141,3 x 11,0	35,30	45,00	12,11	12,52	12,91	13,54	14,96	16,83	19,96	23,44	28,39	51,52					
141,3 x 12,5	39,70	50,60	15,63	16,17	16,67	17,48	19,32	21,74	25,78	30,27	36,66	66,53					
141,3 x 14,2	44,50	56,70	20,18	20,87	21,52	22,56	24,93	28,05	33,26	39,06	47,31	85,85					
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	25,61	26,50	27,32	28,64	31,65	35,61	42,23	49,59	60,07	109,00					
<del>141,3 x 17,8</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	30,64	31,70	32,68	34,26	37,86	42,60	50,52	59,33	71,86	130,39					
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,41	2,48	2,54	2,63	2,85	3,12	3,53	3,96	4,50	6,32	10,64				
168,3 x 5,6	22,50	28,60	3,02	3,11	3,18	3,31	3,57	3,91	4,43	4,96	5,64	7,93	13,35				
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,83	3,93	4,03	4,18	4,52	4,95	5,61	6,28	7,14	10,04	16,90				
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,86	4,99	5,12	5,31	5,75	6,29	7,13	7,98	9,06	12,75	21,46				
168,3 x 8,0	31,60	40,30	6,17	6,34	6,50	6,75	7,29	7,98	9,05	10,13	11,51	16,18	27,25				
168,3 x 8,8	34,60	44,10	7,46	7,67	7,86	8,16	8,83	9,66	10,95	12,26	13,92	19,58	32,97				
168,3 x 10,0	39,00	49,70	9,64	9,91	10,15	10,54	11,40	12,47	14,14	15,83	17,98	25,28	42,58				
168,3 x 11,0	42,70	54,40	11,66	11,99	12,28	12,75	13,79	15,09	17,11	19,16	21,76	30,59	51,52				
168,3 x 12,5	48,00	61,20	15,06	15,48	15,86	16,47	17,81	19,49	22,09	24,74	28,10	39,51	66,53				
168,3 x 14,2	54,00	68,70	19,44	19,97	20,47	21,25	22,98	25,15	28,51	31,92	36,26	50,98	85,85				
168,3 x 16,0	60,10	76,60	24,68	25,36	25,99	26,98	29,18	31,93	36,20	40,53	46,03	64,73	109,00				
<del>168,3 x 17,8</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	29,52	30,34	31,09	32,28	34,90	38,19	43,30	48,48	55,07	77,43	130,39				
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	38,56	39,63	40,61	42,16	45,59	49,89	56,56	63,32	71,93	101,14	170,31				
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,91	4,13	4,40	4,78	5,14	5,56	6,72	8,50	16,90			
219,1 x 7,1	37,10	47,30				4,96	5,25	5,59	6,07	6,53	7,06	8,54	10,79	21,46			
219,1 x 8,0	41,60	53,10				6,30	6,66	7,09	7,71	8,29	8,97	10,84	13,70	27,25			
219,1 x 8,8	45,60	58,10				7,63	8,06	8,58	9,33	10,03	10,85	13,12	16,58	32,97			
219,1 x 10,0	51,60	65,70				9,85	10,41	11,08	12,05	12,96	14,01	16,94	21,41	42,58			
219,1 x 11,0	56,50	71,90				11,92	12,60	13,41	14,58	15,68	16,95	20,49	25,91	51,52			
219,1 x 12,5	63,70	81,10				15,39	16,27	17,31	18,83	20,24	21,89	26,46	33,46	66,53			
219,1 x 14,2	71,80	91,40				19,86	20,99	22,34	24,30	26,12	28,25	34,15	43,18	85,85			
219,1 x 16,0	80,10	102,00				25,21	26,65	28,36	30,85	33,17	35,86	43,36	54,82	109,00			
219,1 x 17,5	87,00	111,00				30,16	31,88	33,93	36,90	39,68	42,90	51,87	65,58	130,39			
219,1 x 20,0	98,20	125,00				39,39	41,64	44,32	48,20	51,83	56,04	67,75	85,65	170,31			
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				61,55	65,07	69,25	75,31	80,98	87,56	105,86	133,83	266,11			
273,0 x 6,3	41,40	52,80				3,91	4,10	4,36	4,60	4,86	5,53	6,41	9,18	16,90			
273,0 x 7,1	46,60	59,30				4,97	5,21	5,54	5,84	6,17	7,02	8,15	11,65	21,46			
273,0 x 8,0	52,30	66,60				6,31	6,61	7,03	7,41	7,83	8,91	10,34	14,80	27,25			
273,0 x 8,8	57,30	73,00				7,63	8,00	8,51	8,97	9,48	10,79	12,51	17,90	32,97			
273,0 x 10,0	64,90	82,60				9,85	10,33	10,99	11,58	12,24	13,93	16,16	23,12	42,58			
273,0 x 11,0	71,10	90,50				11,92	12,49	13,30	14,01	14,81	16,85	19,55	27,97	51,52			
273,0 x 12,5	80,30	102,00				15,39	16,13	17,17	18,10	19,13	21,77	25,25	36,12	66,53			
273,0 x 14,2	90,60	115,00				19,87	20,82	22,16	23,35	24,68	28,09	32,58	46,62	85,85			
273,0 x 16,0	101,00	129,00				25,22	26,44	28,13	29,65	31,34	35,66	41,37	59,18	109,00			
273,0 x 17,5	110,00	140,00				30,17	31,62	33,65	35,47	37,49	42,66	49,49	70,80	130,39			
273,0 x 20,0	125,00	159,00				39,41	41,31	43,95	46,32	48,96	55,72	64,63	92,47	170,31			
273,0 x 25,0	153,00	195,00				61,58	64,54	68,68	72,38	76,51	87,06	100,99	144,49	266,11			
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				88,67	92,94	98,89	104,23	110,17	125,37	145,43	208,07	383,20			
323,8 x 7,1	55,50	70,60					4,99	5,24	5,47	5,71	6,31	7,04	9,02	12,86	21,46		
323,8 x 8,0	62,30	79,40					6,33	6,66	6,94	7,25	8,01	8,94	11,46	16,33	27,25		
323,8 x 8,8	68,40	87,10					7,66	8,06	8,40	8,77	9,69	10,82	13,86	19,76	32,97		
323,8 x 10,0	77,40	98,60					9,90	10,40	10,85	11,33	12,51	13,97	17,90	25,51	42,58		
323,8 x 11,0	84,90	108,00					11,98	12,59	13,12	13,71	15,14	16,91	21,66	30,87	51,52		
323,8 x 12,5	96,00	122,00					15,46	16,26	16,95	17,70	19,55	21,83	27,97	39,86	66,53		
323,8 x 14,2	108,00	138,00					19,96	20,98	21,87	22,84	25,23	28,17	36,10	51,45	85,85		
323,8 x 16,0	121,00	155,00					25,34	26,63	27,77	29,00	32,03	35,77	45,83	65,31	109,00		
323,8 x 17,5	132,00	168,00					30,31	31,86	33,22	34,70	38,32	42,79	54,82	78,13	130,39		
323,8 x 20,0	150,00	191,00					39,59	41,61	43,39	45,32	50,05	55,89	71,60	102,05	170,31		
323,8 x 25,0	184,00	235,00					61,86	65,02	67,79	70,81	78,20	87,33	111,88	159,46	266,11		
355,6 x 8,8	75,30	95,90					7,51	7,86	8,15	8,47	9,24	10,16	12,51	16,57	23,87	32,97	
355,6 x 10,0	85,20	109,00					9,70	10,14	10,53	10,94	11,93	13,12	16,15	21,39	30,83	42,58	
355,6 x 11,0	93,50	119,00					11,74	12,27	12,74	13,23	14,43	15,87	19,54	25,89	37,30	51,52	
355,6 x 12,5	106,00	135,00					15,16	15,85	16,45	17,09	18,64	20,50	25,23	33,43	48,17	66,53	
355,6 x 14,2	120,00	152,00					19,57	20,45	21,22	22,05	24,05	26,45	32,56	43,14	62,16	85,85	
355,6 x 16,0	134,00	171,00					24,84	25,97	26,95	28,00	30,54	33,58	41,34	54,77	78,91	109,00	
355,6 x 17,5	146,00	186,00					29,72	31,07	32,24	33,50	36,53	40,18	49,46	65,52	94,40	130,39	
355,6 x 20,0	166,00	211,00					38,81	40,58	42,10	43,75	47,72	52,48	64,60	85,57	123,30	170,31	
355,6 x 25,0	204,00	260,00					60,65	63,40	65,79	68,36	74,56	81,99	100,94	133,71	192,66	266,11	

Ligação X - Valores de Fk

Ângulo 45°

\*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com \* indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.

Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,96															
33,4 x 3,6	2,65	3,37	5,02															
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,60	3,96														
38,1 x 3,6	3,06	3,90	3,29	5,02														
38,1 x 4,0	3,36	4,29	4,06	6,19														
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,66	3,55	5,02													
42,2 x 4,0	3,77	4,80	3,28	4,38	6,19													
42,2 x 4,5	4,18	5,33	4,15	5,54	7,84													
42,2 x 5,0	4,59	5,84	5,12	6,84	9,68													
48,3 x 3,6	3,97	5,06	2,17	2,64	3,26	5,02												
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,67	3,26	4,03	6,19												
48,3 x 4,5	4,86	6,19	3,39	4,12	5,09	7,84												
48,3 x 5,0	5,34	6,80	4,18	5,09	6,29	9,68												
48,3 x 5,6	5,90	7,51	5,24	6,39	7,89	12,14												
48,3 x 6,0	6,53	8,31	6,64	8,08	9,99	15,36												
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,73	1,95	2,20	2,71	5,02											
60,3 x 4,0	5,55	7,07	2,13	2,41	2,72	3,35	6,19											
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,70	3,05	3,44	4,24	7,84											
60,3 x 5,0	6,82	8,69	3,33	3,77	4,24	5,23	9,68											
60,3 x 5,6	7,55	9,62	4,18	4,72	5,32	6,57	12,14											
60,3 x 6,0	8,39	10,70	5,29	5,98	6,74	8,31	15,36											
60,3 x 6,6	9,32	11,90	6,72	7,59	8,56	10,56	19,51											
60,3 x 7,0	10,30	13,10	8,54	9,64	10,87	13,40	24,77											
60,3 x 7,6	11,20	14,20	10,33	11,66	13,15	16,22	29,97											
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,51	1,65	1,79	2,05	2,88	5,02										
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,87	2,04	2,21	2,54	3,56	6,19										
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,37	2,58	2,80	3,21	4,50	7,84										
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,92	3,18	3,46	3,96	5,56	9,68										
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,66	4,00	4,34	4,97	6,97	12,14										
73,0 x 6,0	10,40	13,20	4,64	5,06	5,49	6,29	8,82	15,36										
73,0 x 6,6	11,50	14,70	5,89	6,42	6,97	7,99	11,20	19,51										
73,0 x 7,0	12,80	16,30	7,48	8,15	8,85	10,14	14,22	24,77										
73,0 x 7,6	13,90	17,70	9,05	9,87	10,71	12,27	17,21	29,97										
73,0 x 8,0	15,50	19,80	11,68	12,74	13,83	15,85	22,22	38,70										
73,0 x 8,6	16,80	21,40	14,14	15,41	16,73	19,17	26,89	46,83										
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,37	1,46	1,55	1,70	2,12	2,85	5,02									
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,69	1,80	1,91	2,10	2,61	3,51	6,19									
88,9 x 4,5	9,37	11,90	2,14	2,28	2,42	2,66	3,30	4,45	7,84									
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,64	2,82	2,99	3,28	4,08	5,49	9,68									
88,9 x 5,6	11,50	14,70	3,32	3,53	3,75	4,12	5,12	6,89	12,14									
88,9 x 6,0	12,80	16,30	4,20	4,47	4,74	5,21	6,48	8,72	15,36									
88,9 x 6,6	14,30	18,20	5,33	5,68	6,02	6,62	8,23	11,07	19,51									
88,9 x 7,0	16,00	20,30	6,77	7,21	7,65	8,41	10,45	14,05	24,77									
88,9 x 7,6	17,40	22,10	8,19	8,72	9,25	10,17	12,64	17,01	29,97									
88,9 x 8,0	19,50	24,80	10,57	11,26	11,95	13,13	16,32	21,96	38,70									
88,9 x 8,6	21,10	26,90	12,79	13,63	14,46	15,89	19,75	26,57	46,83									
88,9 x 9,0	23,60	30,00	16,52	17,60	18,67	20,52	25,50	34,31	60,48									
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,60	1,69	1,77	1,91	2,27	2,81	4,04	6,19								
101,6 x 4,5	10,80	13,70	2,03	2,14	2,24	2,42	2,87	3,56	5,11	7,84								
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,51	2,64	2,77	2,99	3,54	4,40	6,31	9,68								
101,6 x 5,6	13,30	16,90	3,14	3,31	3,48	3,75	4,44	5,52	7,92	12,14								
101,6 x 6,0	14,80	18,90	3,98	4,19	4,40	4,75	5,62	6,98	10,02	15,36								
101,6 x 6,6	16,50	21,10	5,05	5,32	5,59	6,03	7,14	8,87	12,73	19,51								
101,6 x 7,0	18,50	23,50	6,41	6,76	7,09	7,65	9,06	11,26	16,16	24,77								
101,6 x 7,6	20,10	25,70	7,76	8,18	8,58	9,26	10,97	13,62	19,55	29,97								
101,6 x 8,0	22,60	28,80	10,02	10,56	11,08	11,96	14,16	17,59	25,25	38,70								
101,6 x 8,6	24,60	31,30	12,13	12,78	13,41	14,47	17,14	21,29	30,55	46,83								
101,6 x 9,0	27,50	35,00	15,66	16,50	17,32	18,69	22,13	27,49	39,45	60,48								
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,54	1,61	1,68	1,79	2,05	2,44	3,18	4,20	6,19							
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,95	2,04	2,12	2,26	2,60	3,09	4,02	5,32	7,84							
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,41	2,52	2,62	2,80	3,21	3,81	4,97	6,57	9,68							
114,3 x 5,6	15,00	19,10	3,02	3,16	3,29	3,51	4,03	4,78	6,23	8,24	12,14							
114,3 x 6,0	16,80	21,40	3,82	4,00	4,16	4,44	5,10	6,05	7,89	10,42	15,36							
114,3 x 6,6	18,80	23,90	4,86	5,08	5,29	5,64	6,47	7,68	10,02	13,24	19,51							
114,3 x 7,0	21,00	26,70	6,17	6,45	6,71	7,16	8,22	9,75	12,72	16,81	24,77							
114,3 x 7,6	22,90	29,20	7,46	7,80	8,12	8,66	9,94	11,80	15,39	20,34	29,97							
114,3 x 8,0	25,70	32,80	9,63	10,07	10,49	11,18	12,84	15,24	19,88	26,26	38,70							
114,3 x 8,6	28,00	35,70	11,66	12,19	12,69	13,53	15,54	18,44	24,05	31,78	46,83							
114,3 x 9,0	31,40	40,00	15,05	15,74	16,39	17,47	20,06	23,81	31,06	41,04	60,48							
114,3 x 9,6	35,10	44,70	19,43	20,31	21,15	22,55	25,89	30,72	40,08	52,96	78,04							
141,3 x 5,0	16,80	21,40	2,27	2,35	2,43	2,54	2,81	3,16	3,75	4,40	5,33	9,68						
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,85	2,95	3,04	3,19	3,52	3,97	4,70	5,52	6,69	12,14						
141,3 x 6,0	21,00	26,70	3,61	3,73	3,85	4,04	4,46	5,02	5,95	6,99	8,47	15,36						
141,3 x 6,6	23,50	29,90	4,58	4,74	4,89	5,13	5,67	6,37	7,56	8,88	10,75	19,51						
141,3 x 7,0	26,30	33,50	5,82	6,02	6,21	6,51	7,19	8,09	9,60	11,27	13,65	24,77						
141,3 x 7,6	28,80	36,60	7,04	7,29	7,51	7,88	8,70	9,79	11,61	13,64	16,52	29,97						
141,3 x 8,0	32,40	41,20	9,10	9,41	9,70	10,17	11,24	12,65	15,00	17,61	21,33	38,70						

Ligação X - Valores de Fk															Ângulo	45°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
141,3 x 11,0	35,30	45,00	11,01	11,38	11,74	12,31	13,60	15,30	18,15	21,31	25,81	46,83				
141,3 x 12,5	39,70	50,60	14,21	14,70	15,16	15,89	17,56	19,76	23,43	27,52	33,33	60,48				
141,3 x 14,2	44,50	56,70	18,34	18,97	19,56	20,51	22,66	25,50	30,24	35,51	43,01	78,04				
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	<del>23,28</del>	<del>24,09</del>	<del>24,83</del>	<del>26,03</del>	<del>28,77</del>	<del>32,37</del>	<del>38,39</del>	<del>45,08</del>	<del>54,60</del>	<del>99,08</del>				
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	<del>27,85</del>	<del>28,81</del>	<del>29,71</del>	<del>31,14</del>	<del>34,42</del>	<del>38,73</del>	<del>45,93</del>	<del>53,93</del>	<del>65,32</del>	<del>118,53</del>				
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,19	2,25	2,31	2,40	2,59	2,83	3,21	3,60	4,09	5,75	9,68			
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,75	2,82	2,89	3,00	3,25	3,56	4,03	4,51	5,13	7,21	12,14			
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,48	3,57	3,66	3,80	4,11	4,50	5,10	5,71	6,49	9,12	15,36			
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,42	4,54	4,65	4,83	5,22	5,71	6,48	7,25	8,24	11,59	19,51			
168,3 x 8,0	31,60	40,30	5,61	5,76	5,91	6,13	6,63	7,26	8,23	9,21	10,46	14,71	24,77			
168,3 x 8,8	34,60	44,10	6,79	6,97	7,15	7,42	8,02	8,78	9,95	11,14	12,66	17,80	29,97			
168,3 x 10,0	39,00	49,70	8,76	9,01	9,23	9,58	10,36	11,34	12,85	14,39	16,35	22,98	38,70			
168,3 x 11,0	42,70	54,40	10,60	10,90	11,17	11,59	12,54	13,72	15,55	17,41	19,78	27,81	46,83			
168,3 x 12,5	48,00	61,20	13,69	14,07	14,42	14,97	16,19	17,71	20,08	22,49	25,54	35,91	60,48			
168,3 x 14,2	54,00	68,70	17,67	18,16	18,61	19,32	20,89	22,86	25,92	29,02	32,96	46,35	78,04			
168,3 x 16,0	60,10	76,60	22,43	23,05	23,62	24,53	26,52	29,02	32,90	36,84	41,85	58,84	99,08			
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	<del>26,84</del>	<del>27,58</del>	<del>28,26</del>	<del>29,34</del>	<del>31,73</del>	<del>34,72</del>	<del>39,36</del>	<del>44,07</del>	<del>50,06</del>	<del>70,39</del>	<del>118,53</del>			
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	<del>35,05</del>	<del>36,02</del>	<del>36,91</del>	<del>38,32</del>	<del>41,44</del>	<del>45,35</del>	<del>51,41</del>	<del>57,56</del>	<del>65,38</del>	<del>91,94</del>	<del>154,82</del>			
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,55	3,76	4,00	4,35	4,67	5,05	6,11	7,73	15,36		
219,1 x 7,1	37,10	47,30				4,51	4,77	5,08	5,52	5,94	6,42	7,76	9,81	19,51		
219,1 x 8,0	41,60	53,10				5,73	6,06	6,45	7,01	7,54	8,15	9,85	12,46	24,77		
219,1 x 8,8	45,60	58,10				6,93	7,33	7,80	8,48	9,12	9,86	11,92	15,07	29,97		
219,1 x 10,0	51,60	65,70				8,95	9,46	10,07	10,95	11,78	12,74	15,40	19,46	38,70		
219,1 x 11,0	56,50	71,90				10,83	11,45	12,19	13,25	14,25	15,41	18,63	23,55	46,83		
219,1 x 12,5	63,70	81,10				13,99	14,79	15,74	17,12	18,40	19,90	24,06	30,41	60,48		
219,1 x 14,2	71,80	91,40				18,05	19,08	20,31	22,09	23,75	25,68	31,05	39,25	78,04		
219,1 x 16,0	80,10	102,00				22,92	24,23	25,78	28,04	30,15	32,60	39,42	49,83	99,08		
219,1 x 17,5	87,00	111,00				27,42	28,98	30,85	33,55	36,07	39,00	47,15	59,61	118,53		
219,1 x 20,0	98,20	125,00				35,81	37,85	40,29	43,82	47,11	50,94	61,59	77,86	154,82		
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				55,95	59,15	62,95	68,46	73,61	79,60	96,23	121,66	241,90		
273,0 x 6,3	41,40	52,80				3,55	3,73	3,96	4,18	4,42	5,03	5,83	8,34	15,36		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				4,51	4,73	5,04	5,31	5,61	6,38	7,40	10,59	19,51		
273,0 x 8,0	52,30	66,60				5,73	6,01	6,39	6,74	7,12	8,10	9,40	13,45	24,77		
273,0 x 8,8	57,30	73,00				6,94	7,27	7,74	8,15	8,62	9,81	11,37	16,27	29,97		
273,0 x 10,0	64,90	82,60				8,96	9,39	9,99	10,53	11,13	12,66	14,69	21,02	38,70		
273,0 x 11,0	71,10	90,50				10,84	11,36	12,09	12,74	13,46	15,32	17,77	25,43	46,83		
273,0 x 12,5	80,30	102,00				13,99	14,67	15,61	16,45	17,39	19,79	22,95	32,84	60,48		
273,0 x 14,2	90,60	115,00				18,06	18,93	20,14	21,23	22,44	25,53	29,62	42,38	78,04		
273,0 x 16,0	101,00	129,00				22,93	24,03	25,57	26,95	28,49	32,42	37,60	53,80	99,08		
273,0 x 17,5	110,00	140,00				27,43	28,75	30,59	32,24	34,08	38,78	44,98	64,36	118,53		
273,0 x 20,0	125,00	159,00				35,83	37,55	39,95	42,11	44,51	50,65	58,76	84,06	154,82		
273,0 x 25,0	153,00	195,00				55,98	58,67	62,43	65,80	69,55	79,14	91,80	131,35	241,90		
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				80,61	84,48	89,90	94,75	100,15	113,96	132,20	189,14	348,34		
323,8 x 7,1	55,50	70,60					4,54	4,77	4,97	5,19	5,73	6,40	8,20	11,69	19,51	
323,8 x 8,0	62,30	79,40					5,76	6,05	6,31	6,59	7,28	8,13	10,41	14,84	24,77	
323,8 x 8,8	68,40	87,10					6,97	7,32	7,64	7,98	8,81	9,84	12,60	17,96	29,97	
323,8 x 10,0	77,40	98,60					9,00	9,46	9,86	10,30	11,37	12,70	16,27	23,19	38,70	
323,8 x 11,0	84,90	108,00					10,89	11,44	11,93	12,46	13,76	15,37	19,69	28,06	46,83	
323,8 x 12,5	96,00	122,00					14,06	14,78	15,41	16,09	17,77	19,85	25,43	36,24	60,48	
323,8 x 14,2	108,00	138,00					18,14	19,07	19,88	20,77	22,94	25,61	32,81	46,77	78,04	
323,8 x 16,0	121,00	155,00					23,03	24,21	25,24	26,36	29,12	32,52	41,66	59,37	99,08	
323,8 x 17,5	132,00	168,00					27,55	28,96	30,20	31,54	34,83	38,90	49,84	71,03	118,53	
323,8 x 20,0	150,00	191,00					35,99	37,83	39,44	41,19	45,50	50,81	65,09	92,77	154,82	
323,8 x 25,0	184,00	235,00					56,23	59,11	61,62	64,37	71,09	79,38	101,71	144,95	241,90	
355,6 x 8,8	75,30	95,90					6,83	7,14	7,41	7,70	8,40	9,24	11,37	15,06	21,70	29,97
355,6 x 10,0	85,20	109,00					8,82	9,22	9,57	9,94	10,84	11,93	14,68	19,45	28,02	38,70
355,6 x 11,0	93,50	119,00					10,67	11,16	11,58	12,03	13,12	14,43	17,76	23,53	33,91	46,83
355,6 x 12,5	106,00	135,00					13,78	14,41	14,95	15,54	16,94	18,63	22,94	30,39	43,78	60,48
355,6 x 14,2	120,00	152,00					17,79	18,59	19,29	20,05	21,87	24,05	29,60	39,21	56,50	78,04
355,6 x 16,0	134,00	171,00					22,58	23,61	24,49	25,45	27,76	30,53	37,58	49,78	71,74	99,08
355,6 x 17,5	146,00	186,00					27,01	28,24	29,30	30,45	33,21	36,52	44,96	59,56	85,82	118,53
355,6 x 20,0	166,00	211,00					35,28	36,88	38,27	39,77	43,38	47,70	58,72	77,79	112,09	154,82
355,6 x 25,0	204,00	260,00					55,13	57,63	59,80	62,14	67,78	74,54	91,75	121,54	175,14	241,90

Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	50°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo		Peso	Ao	Diagonais Di														
		(kg/m)	(cm²)	33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6
33,4 x	3,2	2,38	3,04	3,66														
<del>33,4 x</del>	<del>3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	4,63														
38,1 x	3,2	2,75	3,51	2,40	3,66													
38,1 x	3,6	3,06	3,90	3,03	4,63													
<del>38,1 x</del>	<del>4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	3,75	5,72													
42,2 x	3,6	3,43	4,37	2,45	3,27	4,63												
42,2 x	4,0	3,77	4,80	3,03	4,04	5,72												
<del>42,2 x</del>	<del>4,5</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	3,83	5,12	7,23												
<del>42,2 x</del>	<del>5,0</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	4,73	6,32	8,93												
48,3 x	3,6	3,97	5,06	2,00	2,44	3,01	4,63											
48,3 x	4,0	4,37	5,57	2,47	3,01	3,72	5,72											
48,3 x	4,5	4,86	6,19	3,12	3,81	4,70	7,23											
<del>48,3 x</del>	<del>5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	3,86	4,70	5,81	8,93											
<del>48,3 x</del>	<del>5,5</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	4,84	5,90	7,28	11,20											
<del>48,3 x</del>	<del>6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	6,12	7,46	9,22	14,18											
60,3 x	3,6	5,03	6,41	1,60	1,80	2,03	2,50	4,63										
60,3 x	4,0	5,55	7,07	1,97	2,22	2,51	3,09	5,72										
60,3 x	4,5	6,19	7,89	2,49	2,82	3,17	3,91	7,23										
60,3 x	5,0	6,82	8,69	3,08	3,48	3,92	4,83	8,93										
60,3 x	5,6	7,55	9,62	3,86	4,36	4,91	6,06	11,20										
<del>60,3 x</del>	<del>6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	4,89	5,52	6,22	7,67	14,18										
<del>60,3 x</del>	<del>6,5</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	6,21	7,01	7,90	9,74	18,01										
<del>60,3 x</del>	<del>7,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	7,88	8,90	10,03	12,37	22,87										
<del>60,3 x</del>	<del>7,5</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	9,53	10,77	12,14	14,97	27,67										
73,0 x	3,6	6,16	7,85	1,40	1,52	1,65	1,90	2,66	4,63									
73,0 x	4,0	6,81	8,67	1,73	1,88	2,04	2,34	3,28	5,72									
73,0 x	4,5	7,60	9,68	2,18	2,38	2,59	2,96	4,15	7,23									
73,0 x	5,0	8,38	10,70	2,70	2,94	3,19	3,66	5,13	8,93									
73,0 x	5,6	9,31	11,90	3,38	3,69	4,00	4,59	6,43	11,20									
73,0 x	6,3	10,40	13,20	4,28	4,67	5,07	5,81	8,14	14,18									
73,0 x	7,1	11,50	14,70	5,44	5,93	6,44	7,37	10,34	18,01									
<del>73,0 x</del>	<del>8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	6,90	7,53	8,17	9,36	13,13	22,87									
<del>73,0 x</del>	<del>8,5</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	8,35	9,11	9,89	11,33	15,89	27,67									
<del>73,0 x</del>	<del>9,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	10,79	11,76	12,77	14,63	20,51	35,73									
<del>73,0 x</del>	<del>9,5</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	13,05	14,23	15,45	17,70	24,82	43,23									
88,9 x	3,6	7,57	9,65	1,26	1,35	1,43	1,57	1,95	2,63	4,63								
88,9 x	4,0	8,38	10,70	1,56	1,66	1,76	1,94	2,41	3,24	5,72								
88,9 x	4,5	9,37	11,90	1,98	2,11	2,23	2,45	3,05	4,10	7,23								
88,9 x	5,0	10,30	13,20	2,44	2,60	2,76	3,03	3,77	5,07	8,93								
88,9 x	5,6	11,50	14,70	3,06	3,26	3,46	3,80	4,72	6,36	11,20								
88,9 x	6,3	12,80	16,30	3,87	4,13	4,38	4,81	5,98	8,05	14,18								
88,9 x	7,1	14,30	18,20	4,92	5,24	5,56	6,11	7,59	10,22	18,01								
88,9 x	8,0	16,00	20,30	6,24	6,65	7,06	7,76	9,64	12,97	22,87								
88,9 x	8,8	17,40	22,10	7,56	8,05	8,54	9,39	11,67	15,70	27,67								
<del>88,9 x</del>	<del>9,0</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	9,76	10,40	11,03	12,12	15,07	20,27	35,73								
<del>88,9 x</del>	<del>9,5</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	11,81	12,58	13,34	14,67	18,23	24,53	43,23								
<del>88,9 x</del>	<del>10,0</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	15,25	16,25	17,23	18,94	23,54	31,67	55,82								
101,6 x	4,0	9,63	12,30	1,48	1,56	1,64	1,77	2,09	2,60	3,73	5,72							
101,6 x	4,5	10,80	13,70	1,87	1,97	2,07	2,24	2,65	3,29	4,72	7,23							
101,6 x	5,0	11,90	15,20	2,31	2,44	2,56	2,76	3,27	4,06	5,83	8,93							
101,6 x	5,6	13,30	16,90	2,90	3,06	3,21	3,46	4,10	5,09	7,31	11,20							
101,6 x	6,3	14,80	18,90	3,67	3,87	4,06	4,38	5,19	6,45	9,25	14,18							
101,6 x	7,1	16,50	21,10	4,66	4,91	5,16	5,56	6,59	8,19	11,75	18,01							
101,6 x	8,0	18,50	23,50	5,92	6,24	6,55	7,06	8,37	10,39	14,92	22,87							
101,6 x	8,8	20,10	25,70	7,16	7,55	7,92	8,55	10,12	12,58	18,05	27,67							
101,6 x	10,0	22,60	28,80	9,25	9,75	10,23	11,04	13,07	16,24	23,31	35,73							
<del>101,6 x</del>	<del>11,0</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	11,19	11,80	12,38	13,36	15,82	19,65	28,20	43,23							
<del>101,6 x</del>	<del>12,0</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	14,46	15,23	15,98	17,25	20,43	25,37	36,42	55,82							
114,3 x	4,0	10,90	13,90	1,42	1,49	1,55	1,65	1,90	2,25	2,94	3,88	5,72						
114,3 x	4,5	12,20	15,50	1,80	1,88	1,96	2,09	2,40	2,85	3,72	4,91	7,23						
114,3 x	5,0	13,50	17,20	2,22	2,32	2,42	2,58	2,96	3,52	4,59	6,06	8,93						
114,3 x	5,6	15,00	19,10	2,79	2,92	3,04	3,24	3,72	4,41	5,75	7,60	11,20						
114,3 x	6,3	16,80	21,40	3,53	3,69	3,84	4,10	4,70	5,58	7,28	9,62	14,18						
114,3 x	7,1	18,80	23,90	4,48	4,69	4,88	5,20	5,98	7,09	9,25	12,22	18,01						
114,3 x	8,0	21,00	26,70	5,69	5,95	6,20	6,61	7,59	9,00	11,74	15,52	22,87						
114,3 x	8,8	22,90	29,20	6,89	7,20	7,50	7,99	9,18	10,89	14,21	18,77	27,67						
114,3 x	10,0	25,70	32,80	8,89	9,30	9,68	10,32	11,85	14,06	18,35	24,24	35,73						
114,3 x	11,0	28,00	35,70	10,76	11,25	11,72	12,49	14,34	17,02	22,20	29,33	43,23						
<del>114,3 x</del>	<del>12,0</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	13,90	14,53	15,13	16,13	18,52	21,97	28,67	37,88	55,82						
<del>114,3 x</del>	<del>13,0</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	17,93	18,75	19,53	20,81	23,90	28,36	36,99	48,88	72,04						
141,3 x	5,0	16,80	21,40	2,10	2,17	2,24	2,35	2,59	2,92	3,46	4,06	4,92	8,93					
141,3 x	5,6	18,70	23,90	2,63	2,72	2,81	2,94	3,25	3,66	4,34	5,10	6,17	11,20					
141,3 x	6,3	21,00	26,70	3,33	3,45	3,55	3,73	4,12	4,63	5,49	6,45	7,81	14,18					
141,3 x	7,1	23,50	29,90	4,23	4,38	4,51	4,73	5,23	5,88	6,98	8,19	9,92	18,01					
141,3 x	8,0	26,30	33,50	5,37	5,56	5,73	6,01	6,64	7,47	8,86	10,40	12,60	22,87					
141,3 x	8,8	28,80	36,60	6,50	6,73	6,93	7,27	8,03	9,04	10,72	12,59	15,25	27,67					
141,3 x	10,0	32,40	41,20	8,40	8,68	8,95	9,39	10,37	11,67	13,84	16,26	19,69	35,73					

Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	50°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
141,3 x 11,0	35,30	45,00	10,16	10,51	10,83	11,36	12,55	14,12	16,75	19,67	23,82	43,23				
141,3 x 12,5	39,70	50,60	13,12	13,57	13,99	14,67	16,21	18,24	21,63	25,40	30,76	55,82				
141,3 x 14,2	44,50	56,70	16,93	17,51	18,06	18,93	20,92	23,54	27,91	32,78	39,70	72,04				
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	21,49	22,23	22,92	24,03	26,56	29,88	35,44	41,62	50,40	91,46				
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	25,71	26,60	27,42	28,75	31,77	35,75	42,39	49,78	60,30	109,41				
168,3 x 5,0	20,10	25,70	2,02	2,08	2,13	2,21	2,39	2,62	2,97	3,32	3,77	5,30	8,93			
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,54	2,61	2,67	2,77	3,00	3,28	3,72	4,17	4,73	6,65	11,20			
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,21	3,30	3,38	3,51	3,80	4,15	4,71	5,27	5,99	8,42	14,18			
168,3 x 7,1	28,20	36,00	4,08	4,19	4,29	4,46	4,82	5,28	5,98	6,70	7,61	10,70	18,01			
168,3 x 8,0	31,60	40,30	5,18	5,32	5,45	5,66	6,12	6,70	7,59	8,50	9,66	13,58	22,87			
168,3 x 8,8	34,60	44,10	6,26	6,44	6,60	6,85	7,41	8,10	9,19	10,29	11,68	16,43	27,67			
168,3 x 10,0	39,00	49,70	8,09	8,31	8,52	8,84	9,56	10,46	11,86	13,28	15,09	21,22	35,73			
168,3 x 11,0	42,70	54,40	9,79	10,06	10,31	10,70	11,57	12,66	14,36	16,07	18,26	25,67	43,23			
168,3 x 12,5	48,00	61,20	12,64	12,99	13,31	13,82	14,94	16,35	18,54	20,76	23,58	33,15	55,82			
168,3 x 14,2	54,00	68,70	16,31	16,76	17,18	17,83	19,28	21,10	23,92	26,78	30,42	42,78	72,04			
168,3 x 16,0	60,10	76,60	20,71	21,28	21,81	22,64	24,48	26,79	30,37	34,01	38,63	54,31	91,46			
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	24,77	25,46	26,09	27,08	29,29	32,05	36,33	40,68	46,21	64,98	109,41			
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	32,35	33,25	34,07	35,38	38,25	41,86	47,46	53,13	60,35	84,87	142,91			
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,28	3,47	3,69	4,01	4,31	4,67	5,64	7,13	14,18		
219,1 x 7,1	37,10	47,30				4,17	4,40	4,69	5,10	5,48	5,93	7,16	9,06	18,01		
219,1 x 8,0	41,60	53,10				5,29	5,59	5,95	6,47	6,96	7,52	9,10	11,50	22,87		
219,1 x 8,8	45,60	58,10				6,40	6,76	7,20	7,83	8,42	9,10	11,01	13,91	27,67		
219,1 x 10,0	51,60	65,70				8,26	8,74	9,30	10,11	10,87	11,76	14,21	17,97	35,73		
219,1 x 11,0	56,50	71,90				10,00	10,57	11,25	12,23	13,15	14,22	17,20	21,74	43,23		
219,1 x 12,5	63,70	81,10				12,91	13,65	14,53	15,80	16,99	18,37	22,21	28,07	55,82		
219,1 x 14,2	71,80	91,40				16,66	17,61	18,75	20,39	21,92	23,70	28,66	36,23	72,04		
219,1 x 16,0	80,10	102,00				21,16	22,36	23,80	25,88	27,83	30,09	36,38	46,00	91,46		
219,1 x 17,5	87,00	111,00				25,31	26,75	28,47	30,97	33,29	36,00	43,53	55,02	109,41		
219,1 x 20,0	98,20	125,00				33,05	34,94	37,19	40,45	43,49	47,02	56,85	71,87	142,91		
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				51,65	54,60	58,11	63,20	67,95	73,47	88,83	112,30	223,29		
273,0 x 6,3	41,40	52,80				3,28	3,44	3,66	3,86	4,08	4,64	5,38	7,70	14,18		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				4,17	4,37	4,65	4,90	5,18	5,89	6,83	9,78	18,01		
273,0 x 8,0	52,30	66,60				5,29	5,55	5,90	6,22	6,57	7,48	8,68	12,42	22,87		
273,0 x 8,8	57,30	73,00				6,40	6,71	7,14	7,53	7,95	9,05	10,50	15,02	27,67		
273,0 x 10,0	64,90	82,60				8,27	8,66	9,22	9,72	10,27	11,69	13,56	19,40	35,73		
273,0 x 11,0	71,10	90,50				10,00	10,48	11,16	11,76	12,43	14,14	16,41	23,47	43,23		
273,0 x 12,5	80,30	102,00				12,92	13,54	14,41	15,18	16,05	18,26	21,19	30,31	55,82		
273,0 x 14,2	90,60	115,00				16,67	17,47	18,59	19,59	20,71	23,57	27,34	39,12	72,04		
273,0 x 16,0	101,00	129,00				21,16	22,18	23,60	24,88	26,30	29,92	34,71	49,66	91,46		
273,0 x 17,5	110,00	140,00				25,32	26,54	28,24	29,76	31,46	35,80	41,52	59,41	109,41		
273,0 x 20,0	125,00	159,00				33,07	34,66	36,88	38,87	41,09	46,75	54,23	77,60	142,91		
273,0 x 25,0	153,00	195,00				51,67	54,16	57,63	60,73	64,20	73,05	84,74	121,24	223,29		
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				74,41	77,98	82,98	87,46	92,44	105,20	122,03	174,59	321,54		
323,8 x 7,1	55,50	70,60				4,19	4,40	4,59	4,79	5,29	5,91	7,57	10,79	18,01		
323,8 x 8,0	62,30	79,40				5,31	5,59	5,82	6,08	6,72	7,50	9,61	13,70	22,87		
323,8 x 8,8	68,40	87,10				6,43	6,76	7,05	7,36	8,13	9,08	11,63	16,58	27,67		
323,8 x 10,0	77,40	98,60				8,30	8,73	9,10	9,51	10,50	11,72	15,02	21,41	35,73		
323,8 x 11,0	84,90	108,00				10,05	10,56	11,01	11,50	12,70	14,19	18,18	25,90	43,23		
323,8 x 12,5	96,00	122,00				12,98	13,64	14,22	14,85	16,41	18,32	23,47	33,45	55,82		
323,8 x 14,2	108,00	138,00				16,75	17,60	18,35	19,17	21,17	23,64	30,29	43,17	72,04		
323,8 x 16,0	121,00	155,00				21,26	22,35	23,30	24,34	26,88	30,01	38,45	54,81	91,46		
323,8 x 17,5	132,00	168,00				25,43	26,73	27,87	29,11	32,15	35,90	46,00	65,56	109,41		
323,8 x 20,0	150,00	191,00				33,22	34,92	36,41	38,02	42,00	46,90	60,08	85,63	142,91		
323,8 x 25,0	184,00	235,00				51,90	54,56	56,88	59,41	65,62	73,28	93,88	133,80	223,29		
355,6 x 8,8	75,30	95,90				6,31	6,59	6,84	7,11	7,75	8,52	10,49	13,90	20,03	27,67	
355,6 x 10,0	85,20	109,00				8,14	8,51	8,83	9,18	10,01	11,01	13,55	17,95	25,87	35,73	
355,6 x 11,0	93,50	119,00				9,85	10,30	10,69	11,10	12,11	13,32	16,40	21,72	31,30	43,23	
355,6 x 12,5	106,00	135,00				12,72	13,30	13,80	14,34	15,64	17,20	21,17	28,05	40,42	55,82	
355,6 x 14,2	120,00	152,00				16,42	17,16	17,81	18,51	20,18	22,20	27,32	36,20	52,16	72,04	
355,6 x 16,0	134,00	171,00				20,84	21,79	22,61	23,49	25,63	28,18	34,69	45,95	66,22	91,46	
355,6 x 17,5	146,00	186,00				24,93	26,07	27,05	28,11	30,66	33,71	41,50	54,97	79,21	109,41	
355,6 x 20,0	166,00	211,00				32,57	34,05	35,33	36,71	40,04	44,03	54,20	71,80	103,46	142,91	
355,6 x 25,0	204,00	260,00				50,89	53,20	55,20	57,36	62,56	68,80	84,69	112,19	161,66	223,29	

Ligação X - Valores de Fk															Ângulo	55°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,42													
<del>33,4 x 3,6</del>	<del>2,65</del>	<del>3,37</del>	4,33													
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,24	3,42												
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,84	4,33												
<del>38,1 x 4,0</del>	<del>3,36</del>	<del>4,29</del>	3,50	5,35												
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,29	3,06	4,33											
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,83	3,78	5,35											
<del>42,2 x 4,5</del>	<del>4,18</del>	<del>5,33</del>	3,58	4,78	6,77											
<del>42,2 x 5,0</del>	<del>4,59</del>	<del>5,84</del>	4,42	5,91	8,35											
48,3 x 3,6	3,97	5,06	1,87	2,28	2,81	4,33										
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,31	2,81	3,47	5,35										
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,92	3,56	4,40	6,77										
<del>48,3 x 5,0</del>	<del>5,34</del>	<del>6,80</del>	3,61	4,40	5,43	8,35										
<del>48,3 x 5,5</del>	<del>5,90</del>	<del>7,51</del>	4,53	5,51	6,81	10,48										
<del>48,3 x 6,0</del>	<del>6,53</del>	<del>8,31</del>	5,73	6,98	8,62	13,26										
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,49	1,69	1,90	2,34	4,33									
60,3 x 4,0	5,55	7,07	1,84	2,08	2,34	2,89	5,35									
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,33	2,63	2,97	3,66	6,77									
60,3 x 5,0	6,82	8,69	2,88	3,25	3,66	4,52	8,35									
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,61	4,08	4,60	5,67	10,48									
<del>60,3 x 6,0</del>	<del>8,39</del>	<del>10,70</del>	4,57	5,16	5,82	7,17	13,26									
<del>60,3 x 7,0</del>	<del>9,32</del>	<del>11,90</del>	5,80	6,55	7,39	9,11	16,84									
<del>60,3 x 8,0</del>	<del>10,30</del>	<del>13,10</del>	7,37	8,32	9,38	11,57	21,38									
<del>60,3 x 9,0</del>	<del>11,20</del>	<del>14,20</del>	8,92	10,07	11,35	14,00	25,87									
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,31	1,43	1,55	1,77	2,49	4,33								
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,61	1,76	1,91	2,19	3,07	5,35								
73,0 x 4,5	7,60	9,68	2,04	2,23	2,42	2,77	3,88	6,77								
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,52	2,75	2,98	3,42	4,80	8,35								
73,0 x 5,6	9,31	11,90	3,16	3,45	3,74	4,29	6,02	10,48								
73,0 x 6,3	10,40	13,20	4,00	4,36	4,74	5,43	7,61	13,26								
73,0 x 7,1	11,50	14,70	5,08	5,54	6,02	6,90	9,67	16,84								
<del>73,0 x 8,0</del>	<del>12,80</del>	<del>16,30</del>	6,45	7,04	7,64	8,75	12,28	21,38								
<del>73,0 x 9,0</del>	<del>13,90</del>	<del>17,70</del>	7,81	8,52	9,24	10,59	14,86	25,87								
<del>73,0 x 10,0</del>	<del>15,50</del>	<del>19,80</del>	10,09	11,00	11,94	13,68	19,18	33,41								
<del>73,0 x 11,0</del>	<del>16,80</del>	<del>21,40</del>	12,20	13,31	14,44	16,55	23,21	40,43								
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,18	1,26	1,34	1,47	1,83	2,46	4,33							
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,46	1,56	1,65	1,81	2,25	3,03	5,35							
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,85	1,97	2,09	2,30	2,85	3,84	6,77							
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,28	2,43	2,58	2,83	3,52	4,74	8,35							
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,86	3,05	3,23	3,56	4,42	5,94	10,48							
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,62	3,86	4,09	4,50	5,59	7,52	13,26							
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,60	4,90	5,20	5,72	7,10	9,56	16,84							
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,84	6,22	6,60	7,26	9,02	12,13	21,38							
88,9 x 8,8	17,40	22,10	7,07	7,53	7,99	8,78	10,91	14,68	25,87							
<del>88,9 x 9,0</del>	<del>19,50</del>	<del>24,80</del>	9,12	9,72	10,31	11,34	14,09	18,96	33,41							
<del>88,9 x 10,0</del>	<del>21,10</del>	<del>26,90</del>	11,04	11,77	12,48	13,72	17,05	22,94	40,43							
<del>88,9 x 10,5</del>	<del>23,60</del>	<del>30,00</del>	14,26	15,19	16,12	17,71	22,01	29,62	52,20							
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,38	1,46	1,53	1,65	1,96	2,43	3,49	5,35						
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,75	1,85	1,94	2,09	2,48	3,08	4,41	6,77						
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,16	2,28	2,39	2,58	3,06	3,80	5,45	8,35						
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,71	2,86	3,00	3,24	3,83	4,76	6,84	10,48						
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,43	3,62	3,80	4,10	4,85	6,03	8,65	13,26						
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,36	4,60	4,82	5,20	6,16	7,66	10,99	16,84						
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,54	5,84	6,12	6,61	7,82	9,72	13,95	21,38						
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,70	7,06	7,41	7,99	9,47	11,76	16,88	25,87						
101,6 x 10,0	22,60	28,80	8,65	9,12	9,57	10,32	12,23	15,19	21,80	33,41						
<del>101,6 x 10,5</del>	<del>24,60</del>	<del>31,30</del>	10,47	11,03	11,58	12,49	14,79	18,38	26,37	40,43						
<del>101,6 x 10,8</del>	<del>27,50</del>	<del>35,00</del>	13,52	14,25	14,95	16,13	19,10	23,73	34,06	52,20						
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,33	1,39	1,45	1,54	1,77	2,10	2,75	3,63	5,35					
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,68	1,76	1,83	1,95	2,24	2,66	3,47	4,59	6,77					
114,3 x 5,0	13,50	17,20	2,08	2,17	2,26	2,41	2,77	3,29	4,29	5,67	8,35					
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,61	2,73	2,84	3,03	3,48	4,12	5,38	7,11	10,48					
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,30	3,45	3,59	3,83	4,40	5,22	6,81	9,00	13,26					
114,3 x 7,1	18,80	23,90	4,19	4,38	4,57	4,87	5,59	6,63	8,65	11,43	16,84					
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,32	5,57	5,80	6,18	7,09	8,42	10,98	14,51	21,38					
114,3 x 8,8	22,90	29,20	6,44	6,73	7,01	7,47	8,58	10,18	13,29	17,56	25,87					
114,3 x 10,0	25,70	32,80	8,32	8,70	9,06	9,65	11,08	13,15	17,16	22,67	33,41					
114,3 x 11,0	28,00	35,70	10,06	10,52	10,96	11,68	13,41	15,91	20,76	27,43	40,43					
<del>114,3 x 10,5</del>	<del>31,40</del>	<del>40,00</del>	12,99	13,59	14,15	15,08	17,32	20,55	26,81	35,42	52,20					
<del>114,3 x 10,8</del>	<del>35,10</del>	<del>44,70</del>	16,77	17,53	18,26	19,46	22,35	26,52	34,60	45,71	67,37					
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,96	2,03	2,09	2,19	2,43	2,73	3,24	3,80	4,60	8,35				
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,46	2,55	2,63	2,75	3,04	3,42	4,06	4,77	5,77	10,48				
141,3 x 6,3	21,00	26,70	3,12	3,22	3,32	3,48	3,85	4,33	5,14	6,03	7,31	13,26				
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,96	4,09	4,22	4,43	4,89	5,50	6,53	7,66	9,28	16,84				
141,3 x 8,0	26,30	33,50	5,02	5,20	5,36	5,62	6,21	6,99	8,28	9,73	11,78	21,38				
141,3 x 8,8	28,80	36,60	6,08	6,29	6,48	6,80	7,51	8,45	10,02	11,77	14,26	25,87				
141,3 x 10,0	32,40	41,20	7,85	8,12	8,37	8,78	9,70	10,92	12,95	15,20	18,41	33,41				

Ligação X - Valores de Fk															Ângulo	55°
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
141,3 x 11,0	35,30	45,00	9,50	9,83	10,13	10,62	11,74	13,21	15,66	18,39	22,28	40,43				
141,3 x 12,5	39,70	50,60	12,27	12,69	13,08	13,72	15,16	17,06	20,23	23,75	28,77	52,20				
141,3 x 14,2	44,50	56,70	15,83	16,38	16,88	17,70	19,56	22,01	26,10	30,65	37,13	67,37				
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	20,10	20,79	21,44	22,47	24,84	27,95	33,14	38,92	47,13	85,53				
<del>141,3 x 17,8</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	24,04	24,87	25,64	26,88	29,71	33,43	39,64	46,56	56,39	102,32				
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,89	1,94	1,99	2,07	2,24	2,45	2,77	3,11	3,53	4,96	8,35			
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,37	2,44	2,50	2,59	2,80	3,07	3,48	3,90	4,42	6,22	10,48			
168,3 x 6,3	25,20	32,10	3,00	3,09	3,16	3,28	3,55	3,88	4,40	4,93	5,60	7,87	13,26			
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,81	3,92	4,02	4,17	4,51	4,93	5,59	6,26	7,11	10,00	16,84			
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,84	4,97	5,10	5,29	5,72	6,26	7,10	7,95	9,03	12,70	21,38			
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,86	6,02	6,17	6,40	6,93	7,58	8,59	9,62	10,93	15,36	25,87			
168,3 x 10,0	39,00	49,70	7,56	7,77	7,97	8,27	8,94	9,79	11,10	12,42	14,11	19,84	33,41			
168,3 x 11,0	42,70	54,40	9,15	9,41	9,64	10,01	10,82	11,84	13,43	15,03	17,07	24,01	40,43			
168,3 x 12,5	48,00	61,20	11,82	12,15	12,45	12,92	13,97	15,29	17,34	19,41	22,05	31,00	52,20			
168,3 x 14,2	54,00	68,70	15,25	15,67	16,06	16,68	18,03	19,73	22,37	25,05	28,45	40,01	67,37			
168,3 x 16,0	60,10	76,60	19,36	19,90	20,39	21,17	22,90	25,05	28,40	31,80	36,12	50,79	85,53			
<del>168,3 x 17,8</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	23,16	23,81	24,40	25,33	27,39	29,97	33,98	38,04	43,21	60,76	102,32			
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	30,26	31,09	31,86	33,08	35,77	39,15	44,38	49,69	56,44	79,36	133,64			
219,1 x 6,3	33,10	42,10				3,07	3,24	3,45	3,75	4,04	4,36	5,28	6,67	13,26		
219,1 x 7,1	37,10	47,30				3,90	4,12	4,38	4,77	5,13	5,54	6,70	8,47	16,84		
219,1 x 8,0	41,60	53,10				4,95	5,23	5,56	6,05	6,51	7,04	8,51	10,75	21,38		
219,1 x 8,8	45,60	58,10				5,98	6,33	6,73	7,32	7,87	8,51	10,29	13,01	25,87		
219,1 x 10,0	51,60	65,70				7,73	8,17	8,69	9,46	10,17	10,99	13,29	16,80	33,41		
219,1 x 11,0	56,50	71,90				9,35	9,88	10,52	11,44	12,30	13,30	16,08	20,33	40,43		
219,1 x 12,5	63,70	81,10				12,07	12,76	13,59	14,77	15,89	17,18	20,77	26,25	52,20		
219,1 x 14,2	71,80	91,40				15,58	16,47	17,53	19,07	20,50	22,17	26,80	33,88	67,37		
219,1 x 16,0	80,10	102,00				19,78	20,91	22,26	24,21	26,03	28,14	34,02	43,01	85,53		
219,1 x 17,8	87,00	111,00				23,67	25,02	26,63	28,96	31,14	33,67	40,70	51,46	102,32		
219,1 x 20,0	98,20	125,00				30,91	32,68	34,78	37,82	40,67	43,97	53,16	67,21	133,64		
<del>219,1 x 25,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>				48,30	51,06	54,34	59,10	63,54	68,71	83,07	105,02	208,82		
273,0 x 6,3	41,40	52,80				3,07	3,22	3,42	3,61	3,81	4,34	5,03	7,20	13,26		
273,0 x 7,1	46,60	59,30				3,90	4,08	4,35	4,58	4,84	5,51	6,39	9,14	16,84		
273,0 x 8,0	52,30	66,60				4,95	5,19	5,52	5,82	6,15	7,00	8,11	11,61	21,38		
273,0 x 8,8	57,30	73,00				5,99	6,28	6,68	7,04	7,44	8,46	9,82	14,05	25,87		
273,0 x 10,0	64,90	82,60				7,73	8,10	8,62	9,09	9,61	10,93	12,68	18,14	33,41		
273,0 x 11,0	71,10	90,50				9,35	9,80	10,43	11,00	11,62	13,23	15,34	21,95	40,43		
273,0 x 12,5	80,30	102,00				12,08	12,66	13,47	14,20	15,01	17,08	19,81	28,35	52,20		
273,0 x 14,2	90,60	115,00				15,59	16,34	17,39	18,32	19,37	22,04	25,57	36,58	67,37		
273,0 x 16,0	101,00	129,00				19,79	20,74	22,07	23,26	24,59	27,98	32,46	46,44	85,53		
273,0 x 17,8	110,00	140,00				23,68	24,82	26,41	27,83	29,42	33,47	38,83	55,56	102,32		
273,0 x 20,0	125,00	159,00				30,92	32,41	34,49	36,35	38,42	43,72	50,72	72,56	133,64		
273,0 x 25,0	153,00	195,00				48,32	50,64	53,89	56,80	60,03	68,32	79,25	113,38	208,82		
<del>273,0 x 30,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>				69,58	72,93	77,60	81,79	86,45	98,38	114,12	163,27	300,70		
323,8 x 7,1	55,50	70,60					3,91	4,12	4,29	4,48	4,95	5,53	7,08	10,09	16,84	
323,8 x 8,0	62,30	79,40					4,97	5,22	5,45	5,69	6,28	7,02	8,99	12,81	21,38	
323,8 x 8,8	68,40	87,10					6,01	6,32	6,59	6,88	7,60	8,49	10,88	15,50	25,87	
323,8 x 10,0	77,40	98,60					7,77	8,16	8,51	8,89	9,82	10,96	14,05	20,02	33,41	
323,8 x 11,0	84,90	108,00					9,40	9,88	10,30	10,76	11,88	13,27	17,00	24,22	40,43	
323,8 x 12,5	96,00	122,00					12,13	12,76	13,30	13,89	15,34	17,13	21,95	31,28	52,20	
323,8 x 14,2	108,00	138,00					15,66	16,46	17,16	17,93	19,80	22,11	28,32	40,37	67,37	
323,8 x 16,0	121,00	155,00					19,88	20,90	21,79	22,76	25,14	28,07	35,96	51,25	85,53	
323,8 x 17,8	132,00	168,00					23,78	25,00	26,07	27,23	30,07	33,58	43,02	61,31	102,32	
323,8 x 20,0	150,00	191,00					31,06	32,65	34,04	35,56	39,27	43,86	56,19	80,08	133,64	
323,8 x 25,0	184,00	235,00					48,54	51,02	53,20	55,56	61,37	68,52	87,79	125,13	208,82	
355,6 x 8,8	75,30	95,90					5,90	6,16	6,40	6,65	7,25	7,97	9,81	13,00	18,73	25,87
355,6 x 10,0	85,20	109,00					7,61	7,96	8,26	8,58	9,36	10,29	12,67	16,79	24,19	33,41
355,6 x 11,0	93,50	119,00					9,21	9,63	9,99	10,38	11,33	12,46	15,33	20,31	29,27	40,43
355,6 x 12,5	106,00	135,00					11,90	12,44	12,91	13,41	14,63	16,09	19,80	26,23	37,80	52,20
355,6 x 14,2	120,00	152,00					15,35	16,05	16,65	17,31	18,88	20,76	25,55	33,85	48,77	67,37
355,6 x 16,0	134,00	171,00					19,49	20,38	21,14	21,97	23,96	26,35	32,44	42,97	61,92	85,53
355,6 x 17,8	146,00	186,00					23,32	24,38	25,29	26,28	28,67	31,53	38,81	51,41	74,08	102,32
355,6 x 20,0	166,00	211,00					30,46	31,84	33,04	34,33	37,44	41,18	50,69	67,15	96,76	133,64
355,6 x 25,0	204,00	260,00					47,59	49,75	51,62	53,64	58,51	64,34	79,20	104,92	151,18	208,82

Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	60°	
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di													
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8
33,4 x 3,2	2,38	3,04	3,24													
33,4 x 3,6	2,65	3,37	4,10													
38,1 x 3,2	2,75	3,51	2,12	3,24												
38,1 x 3,6	3,06	3,90	2,68	4,10												
38,1 x 4,0	3,36	4,29	3,31	5,06												
42,2 x 3,6	3,43	4,37	2,17	2,90	4,10											
42,2 x 4,0	3,77	4,80	2,68	3,58	5,06											
42,2 x 4,4	4,18	5,33	3,39	4,53	6,40											
42,2 x 5,0	4,59	5,84	4,18	5,59	7,90											
48,3 x 3,6	3,97	5,06	1,77	2,16	2,66	4,10										
48,3 x 4,0	4,37	5,57	2,18	2,66	3,29	5,06										
48,3 x 4,5	4,86	6,19	2,76	3,37	4,16	6,40										
48,3 x 5,0	5,34	6,80	3,41	4,16	5,14	7,90										
48,3 x 5,6	5,90	7,51	4,28	5,22	6,44	9,91										
48,3 x 6,0	6,53	8,31	5,42	6,60	8,15	12,54										
60,3 x 3,6	5,03	6,41	1,41	1,59	1,80	2,22	4,10									
60,3 x 4,0	5,55	7,07	1,74	1,97	2,22	2,74	5,06									
60,3 x 4,5	6,19	7,89	2,21	2,49	2,81	3,46	6,40									
60,3 x 5,0	6,82	8,69	2,72	3,07	3,47	4,27	7,90									
60,3 x 5,6	7,55	9,62	3,42	3,86	4,35	5,36	9,91									
60,3 x 6,0	8,39	10,70	4,32	4,88	5,50	6,79	12,54									
60,3 x 7,0	9,32	11,90	5,49	6,20	6,99	8,62	15,93									
60,3 x 8,0	10,30	13,10	6,97	7,87	8,87	10,94	20,23									
60,3 x 8,8	11,20	14,20	8,43	9,52	10,74	13,24	24,47									
73,0 x 3,6	6,16	7,85	1,24	1,35	1,46	1,68	2,35	4,10								
73,0 x 4,0	6,81	8,67	1,53	1,66	1,81	2,07	2,90	5,06								
73,0 x 4,5	7,60	9,68	1,93	2,11	2,29	2,62	3,67	6,40								
73,0 x 5,0	8,38	10,70	2,38	2,60	2,82	3,23	4,54	7,90								
73,0 x 5,6	9,31	11,90	2,99	3,26	3,54	4,06	5,69	9,91								
73,0 x 6,3	10,40	13,20	3,79	4,13	4,48	5,14	7,20	12,54								
73,0 x 7,1	11,50	14,70	4,81	5,24	5,69	6,52	9,15	15,93								
73,0 x 8,0	12,80	16,30	6,11	6,66	7,23	8,28	11,61	20,23								
73,0 x 8,8	13,90	17,70	7,39	8,06	8,74	10,02	14,05	24,47								
73,0 x 9,6	15,50	19,80	9,54	10,40	11,29	12,94	18,14	31,60								
73,0 x 11,0	16,80	21,40	11,54	12,59	13,66	15,66	21,96	38,24								
88,9 x 3,6	7,57	9,65	1,12	1,19	1,26	1,39	1,73	2,32	4,10							
88,9 x 4,0	8,38	10,70	1,38	1,47	1,56	1,72	2,13	2,87	5,06							
88,9 x 4,5	9,37	11,90	1,75	1,86	1,98	2,17	2,70	3,63	6,40							
88,9 x 5,0	10,30	13,20	2,16	2,30	2,44	2,68	3,33	4,48	7,90							
88,9 x 5,6	11,50	14,70	2,71	2,88	3,06	3,36	4,18	5,62	9,91							
88,9 x 6,3	12,80	16,30	3,43	3,65	3,87	4,26	5,29	7,12	12,54							
88,9 x 7,1	14,30	18,20	4,35	4,64	4,92	5,41	6,72	9,04	15,93							
88,9 x 8,0	16,00	20,30	5,52	5,89	6,24	6,86	8,53	11,48	20,23							
88,9 x 8,8	17,40	22,10	6,68	7,12	7,55	8,30	10,32	13,89	24,47							
88,9 x 9,6	19,50	24,80	8,63	9,20	9,76	10,72	13,33	17,93	31,60							
88,9 x 11,0	21,10	26,90	10,44	11,13	11,80	12,98	16,12	21,70	38,24							
88,9 x 12,0	23,60	30,00	13,49	14,37	15,24	16,76	20,82	28,02	49,38							
101,6 x 4,0	9,63	12,30	1,31	1,38	1,45	1,56	1,85	2,30	3,30	5,06						
101,6 x 4,5	10,80	13,70	1,66	1,75	1,83	1,98	2,34	2,91	4,17	6,40						
101,6 x 5,0	11,90	15,20	2,05	2,16	2,26	2,44	2,89	3,59	5,15	7,90						
101,6 x 5,6	13,30	16,90	2,57	2,70	2,84	3,06	3,63	4,50	6,47	9,91						
101,6 x 6,3	14,80	18,90	3,25	3,42	3,59	3,88	4,59	5,70	8,18	12,54						
101,6 x 7,1	16,50	21,10	4,13	4,35	4,56	4,92	5,83	7,24	10,39	15,93						
101,6 x 8,0	18,50	23,50	5,24	5,52	5,79	6,25	7,40	9,19	13,19	20,23						
101,6 x 8,8	20,10	25,70	6,34	6,68	7,01	7,56	8,95	11,12	15,97	24,47						
101,6 x 10,0	22,60	28,80	8,18	8,62	9,05	9,76	11,56	14,36	20,62	31,60						
101,6 x 11,0	24,60	31,30	9,90	10,44	10,95	11,81	13,99	17,38	24,95	38,24						
101,6 x 12,0	27,50	35,00	12,79	13,47	14,14	15,26	18,07	22,44	32,21	49,38						
114,3 x 4,0	10,90	13,90	1,26	1,32	1,37	1,46	1,68	1,99	2,60	3,43	5,06					
114,3 x 4,5	12,20	15,50	1,59	1,67	1,73	1,85	2,12	2,52	3,29	4,34	6,40					
114,3 x 5,0	13,50	17,20	1,97	2,06	2,14	2,28	2,62	3,11	4,06	5,36	7,90					
114,3 x 5,6	15,00	19,10	2,47	2,58	2,69	2,86	3,29	3,90	5,09	6,72	9,91					
114,3 x 6,3	16,80	21,40	3,12	3,26	3,40	3,62	4,16	4,94	6,44	8,51	12,54					
114,3 x 7,1	18,80	23,90	3,97	4,15	4,32	4,60	5,29	6,27	8,18	10,81	15,93					
114,3 x 8,0	21,00	26,70	5,03	5,26	5,48	5,84	6,71	7,96	10,39	13,72	20,23					
114,3 x 8,8	22,90	29,20	6,09	6,37	6,63	7,07	8,12	9,63	12,57	16,61	24,47					
114,3 x 10,0	25,70	32,80	7,87	8,23	8,57	9,13	10,48	12,44	16,23	21,44	31,60					
114,3 x 11,0	28,00	35,70	9,52	9,95	10,37	11,05	12,69	15,05	19,64	25,95	38,24					
114,3 x 12,0	31,40	40,00	12,29	12,85	13,38	14,26	16,38	19,44	25,36	33,51	49,38					
114,3 x 14,0	35,10	44,70	15,86	16,59	17,27	18,41	21,14	25,08	32,72	43,24	63,72					
141,3 x 5,0	16,80	21,40	1,86	1,92	1,98	2,08	2,29	2,58	3,06	3,59	4,35	7,90				
141,3 x 5,6	18,70	23,90	2,33	2,41	2,48	2,60	2,88	3,24	3,84	4,51	5,46	9,91				
141,3 x 6,3	21,00	26,70	2,95	3,05	3,14	3,30	3,64	4,10	4,86	5,71	6,91	12,54				
141,3 x 7,1	23,50	29,90	3,74	3,87	3,99	4,19	4,63	5,20	6,17	7,25	8,78	15,93				
141,3 x 8,0	26,30	33,50	4,75	4,92	5,07	5,31	5,87	6,61	7,84	9,20	11,15	20,23				
141,3 x 8,8	28,80	36,60	5,75	5,95	6,13	6,43	7,11	8,00	9,48	11,14	13,49	24,47				
141,3 x 10,0	32,40	41,20	7,43	7,68	7,92	8,30	9,18	10,33	12,24	14,38	17,42	31,60				



Ligação X - Valores de Fk														Ângulo	60°			
*Os banzos cortados com X não atendem aos parâmetros geométricos. Os valores em coloridos representam ligações com afastamento e os valores em branco representam sobreposição. As células tracejadas e cortadas não respeitam os parâmetros geométricos mínimos. Os valores marcados com * indicam que nem todas as espessuras atendem ao afastamento mínimo para as combinações de banzos válidas.																		
Banzo	Peso (kg/m)	Ao (cm²)	Diagonais Di															
			33,4	38,1	42,2	48,3	60,3	73,0	88,9	101,6	114,3	141,3	168,3	219,1	273,0	323,8	355,6	
141,3 x 11,0	35,30	45,00	8,99	9,30	9,58	10,05	11,10	12,49	14,82	17,40	21,07	38,24						
141,3 x 12,5	39,70	50,60	11,60	12,00	12,38	12,97	14,34	16,13	19,13	22,47	27,21	49,38						
141,3 x 14,2	44,50	56,70	14,97	15,49	15,97	16,74	18,50	20,82	24,69	28,99	35,12	63,72						
<del>141,3 x 16,0</del>	<del>49,40</del>	<del>63,00</del>	19,01	19,67	20,28	21,26	23,49	26,43	31,35	36,81	44,58	80,90						
<del>141,3 x 17,5</del>	<del>53,40</del>	<del>68,10</del>	22,74	23,53	24,26	25,43	28,10	31,62	37,50	44,04	53,33	96,78						
168,3 x 5,0	20,10	25,70	1,79	1,84	1,88	1,96	2,11	2,31	2,62	2,94	3,34	4,69	7,90					
168,3 x 5,6	22,50	28,60	2,24	2,31	2,36	2,45	2,65	2,90	3,29	3,68	4,19	5,89	9,91					
168,3 x 6,3	25,20	32,10	2,84	2,92	2,99	3,10	3,36	3,67	4,17	4,66	5,30	7,45	12,54					
168,3 x 7,1	28,20	36,00	3,61	3,71	3,80	3,94	4,26	4,67	5,29	5,92	6,73	9,46	15,93					
168,3 x 8,0	31,60	40,30	4,58	4,71	4,82	5,01	5,41	5,92	6,72	7,52	8,54	12,01	20,23					
168,3 x 8,8	34,60	44,10	5,54	5,69	5,83	6,06	6,55	7,17	8,13	9,10	10,34	14,53	24,47					
168,3 x 10,0	39,00	49,70	7,15	7,35	7,53	7,82	8,46	9,26	10,49	11,75	13,35	18,77	31,60					
168,3 x 11,0	42,70	54,40	8,66	8,90	9,12	9,47	10,24	11,20	12,70	14,22	16,15	22,71	38,24					
168,3 x 12,5	48,00	61,20	11,18	11,49	11,77	12,22	13,22	14,46	16,40	18,36	20,85	29,32	49,38					
168,3 x 14,2	54,00	68,70	14,43	14,83	15,19	15,77	17,06	18,67	21,16	23,69	26,91	37,84	63,72					
168,3 x 16,0	60,10	76,60	18,32	18,82	19,29	20,03	21,66	23,70	26,87	30,08	34,17	48,04	80,90					
<del>168,3 x 17,5</del>	<del>65,10</del>	<del>82,90</del>	21,91	22,52	23,08	23,96	25,91	28,35	32,14	35,98	40,87	57,47	96,78					
<del>168,3 x 20,0</del>	<del>73,10</del>	<del>93,20</del>	28,62	29,41	30,14	31,29	33,84	37,03	41,98	47,00	53,39	75,07	126,41					
219,1 x 6,3	33,10	42,10					2,90	3,07	3,26	3,55	3,82	4,13	4,99	6,31	12,54			
219,1 x 7,1	37,10	47,30					3,68	3,90	4,15	4,51	4,85	5,24	6,34	8,01	15,93			
219,1 x 8,0	41,60	53,10					4,68	4,95	5,26	5,72	6,15	6,65	8,05	10,17	20,23			
219,1 x 8,8	45,60	58,10					5,66	5,98	6,37	6,93	7,45	8,05	9,74	12,31	24,47			
219,1 x 10,0	51,60	65,70					7,31	7,73	8,22	8,94	9,62	10,40	12,57	15,89	31,60			
219,1 x 11,0	56,50	71,90					8,84	9,35	9,95	10,82	11,64	12,58	15,21	19,23	38,24			
219,1 x 12,5	63,70	81,10					11,42	12,07	12,85	13,97	15,03	16,25	19,64	24,83	49,38			
219,1 x 14,2	71,80	91,40					14,74	15,58	16,58	18,03	19,39	20,97	25,35	32,05	63,72			
219,1 x 16,0	80,10	102,00					18,71	19,78	21,05	22,90	24,62	26,62	32,18	40,69	80,90			
219,1 x 17,5	87,00	111,00					22,39	23,66	25,19	27,39	29,45	31,85	38,50	48,67	96,78			
219,1 x 20,0	98,20	125,00					29,24	30,91	32,90	35,78	38,47	41,59	50,29	63,57	126,41			
<del>219,1 x 20,0</del>	<del>120,00</del>	<del>152,00</del>					45,69	48,29	51,40	55,90	60,10	64,99	78,57	99,33	197,51			
273,0 x 6,3	41,40	52,80						2,90	3,04	3,24	3,41	3,61	4,10	4,76	6,81	12,54		
273,0 x 7,1	46,60	59,30						3,69	3,86	4,11	4,33	4,58	5,21	6,05	8,65	15,93		
273,0 x 8,0	52,30	66,60						4,68	4,91	5,22	5,50	5,81	6,62	7,68	10,98	20,23		
273,0 x 8,8	57,30	73,00						5,66	5,94	6,32	6,66	7,04	8,01	9,29	13,29	24,47		
273,0 x 10,0	64,90	82,60						7,31	7,66	8,16	8,60	9,09	10,34	11,99	17,16	31,60		
273,0 x 11,0	71,10	90,50						8,85	9,27	9,87	10,40	10,99	12,51	14,51	20,76	38,24		
273,0 x 12,5	80,30	102,00						11,43	11,98	12,74	13,43	14,20	16,15	18,74	26,81	49,38		
273,0 x 14,2	90,60	115,00						14,75	15,45	16,45	17,33	18,32	20,85	24,18	34,60	63,72		
273,0 x 16,0	101,00	129,00						18,72	19,62	20,88	22,00	23,26	26,47	30,70	43,93	80,90		
273,0 x 17,5	110,00	140,00						22,40	23,47	24,98	26,32	27,82	31,66	36,73	52,55	96,78		
273,0 x 20,0	125,00	159,00						29,25	30,66	32,62	34,38	36,34	41,36	47,97	68,64	126,41		
273,0 x 25,0	153,00	195,00						45,70	47,90	50,97	53,72	56,79	64,62	74,96	107,25	197,51		
<del>273,0 x 20,0</del>	<del>180,00</del>	<del>229,00</del>						65,82	68,98	73,40	77,36	81,77	93,05	107,94	154,43	284,42		
323,8 x 7,1	55,50	70,60							3,70	3,89	4,06	4,24	4,68	5,23	6,70	9,55	15,93	
323,8 x 8,0	62,30	79,40							4,70	4,94	5,15	5,38	5,94	6,64	8,50	12,12	20,23	
323,8 x 8,8	68,40	87,10							5,69	5,98	6,23	6,51	7,19	8,03	10,29	14,66	24,47	
323,8 x 10,0	77,40	98,60							7,35	7,72	8,05	8,41	9,29	10,37	13,29	18,94	31,60	
323,8 x 11,0	84,90	108,00							8,89	9,34	9,74	10,17	11,24	12,55	16,08	22,91	38,24	
323,8 x 12,5	96,00	122,00							11,48	12,07	12,58	13,14	14,51	16,20	20,76	29,59	49,38	
323,8 x 14,2	108,00	138,00							14,81	15,57	16,23	16,96	18,73	20,91	26,79	38,18	63,72	
323,8 x 16,0	121,00	155,00							18,81	19,77	20,61	21,53	23,78	26,55	34,01	48,48	80,90	
323,8 x 17,5	132,00	168,00							22,50	23,65	24,65	25,75	28,44	31,76	40,69	57,99	96,78	
323,8 x 20,0	150,00	191,00							29,38	30,89	32,20	33,63	37,15	41,48	53,15	75,75	126,41	
323,8 x 25,0	184,00	235,00							45,91	48,26	50,32	52,55	58,04	64,82	83,04	118,35	197,51	
355,6 x 8,8	75,30	95,90							5,58	5,83	6,05	6,29	6,86	7,54	9,28	12,30	17,72	24,47
355,6 x 10,0	85,20	109,00							7,20	7,53	7,81	8,12	8,85	9,74	11,99	15,88	22,88	31,60
355,6 x 11,0	93,50	119,00							8,71	9,11	9,45	9,82	10,71	11,78	14,50	19,21	27,68	38,24
355,6 x 12,5	106,00	135,00							11,25	11,76	12,21	12,68	13,83	15,21	18,73	24,81	35,75	49,38
355,6 x 14,2	120,00	152,00							14,52	15,18	15,75	16,37	17,85	19,63	24,17	32,02	46,13	63,72
355,6 x 16,0	134,00	171,00							18,44	19,27	20,00	20,78	22,67	24,93	30,69	40,65	58,57	80,90
355,6 x 17,5	146,00	186,00							22,06	23,06	23,93	24,86	27,12	29,82	36,71	48,63	70,07	96,78
355,6 x 20,0	166,00	211,00							28,81	30,12	31,25	32,47	35,42	38,95	47,95	63,51	91,52	126,41
355,6 x 25,0	204,00	260,00							45,01	47,06	48,83	50,74	55,34	60,86	74,92	99,24	143,00	197,51