

EMENDAS DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO ARMADO: LIGAÇÃO PILAR-PILAR

Anderson Franz Assmann
Bruno Tasca de Linhares

E-mail: Anderson.assmann@unochapeco.edu.br
Estudante do curso de Engenharia Civil
Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó

Área temática: Pesquisa de Graduação

Área do conhecimento: Engenharias

1. Objetivos

Buscar na literatura diferentes métodos de ligações pré-moldadas pilar-pilar que podem ser executadas. Assim, com as emendas definidas, será proposto uma edificação e critérios de cálculo, para posterior verificações e dimensionamento. Para o auxílio no estudo haverá a utilização do *software Structural Analysis Programs Version 12.5*.

2. Atividades desenvolvidas

Tendo-se em vista que a produção e execução de edifícios acaba tendo baixa produtividade e qualidade limitada, pode-se ter a aplicação de diferentes métodos construtivos, sendo os mais utilizados: pré-moldado, alvenaria estrutural, concreto armado e *steel frame*. Para otimizar fatores como agilidade e qualidade, uma solução pode ser estruturas em concreto pré-moldado (CPM). Tendo como principal fator na escolha de pré-moldado as suas ligações, sendo definidas pelo engenheiro projetista. Dá-se por estudo das tensões a que os componentes da ligação (chapa de aço, solda, barras de ancoragem) estarão submetidos. As tensões são obtidas a partir do diagrama de esforços solicitantes que advém da análise estrutural da edificação (esforços axiais, cortantes e momentos fletores e torção).

Assim, faz-se essencial mencionar os diferentes tipos de ligações ou emendas que podem ser aplicadas, mas como principais e mais frequentes: pilar-base, vigas-pilar e pilar-pilar (emenda).

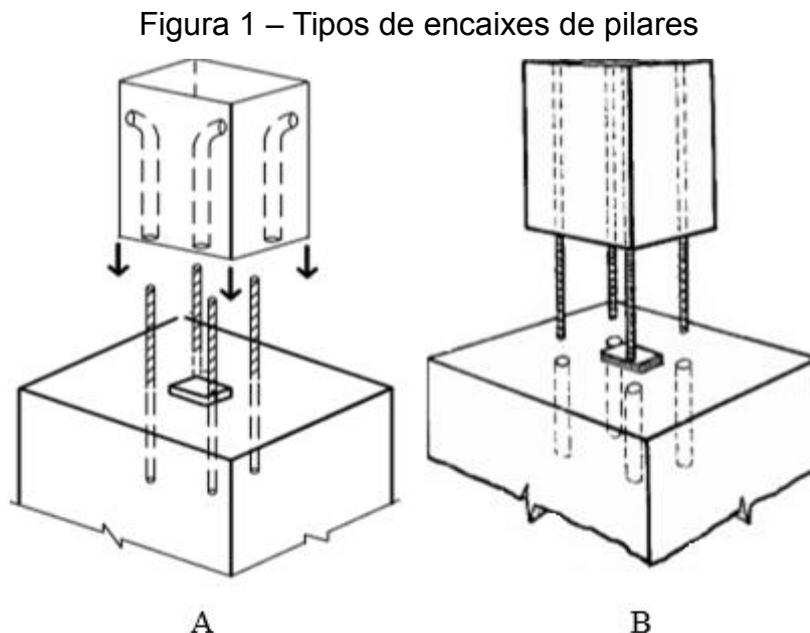
A ligação pilar-pilar tem como objetivo criar uma peça conjunta, que forme um único elemento, trabalhando de forma igual, sendo semelhante a ligação pilar-base (fundação). Essas ligações podem se diferenciar pelo seu método executivo para interligá-las, seja por *grout*, chapa metálica, acopladores,

transpasse e solda. Métodos esses que serão apresentados e analisados na pesquisa.

2.1 Ligação por *grout*

Esse tipo de ligação pode ser feito de formas distintas, mas o processo é semelhante para todos os casos que tem-se à utilização de *grout*. O pilar superior ou inferior que irá ser conectado com as esperas já contém aberturas. Tais aberturas são feitas em indústrias onde a peça é produzida, sendo elas já rebocadas ou contendo rugosidade para que se tenha melhor aderência entre o concreto e a armadura longitudinal do pilar, melhorando sua ligação. A dificuldade existente nesse método consiste na necessidade de cuidados no escoramento e alinhamento. (ALBARRAN, 2008).

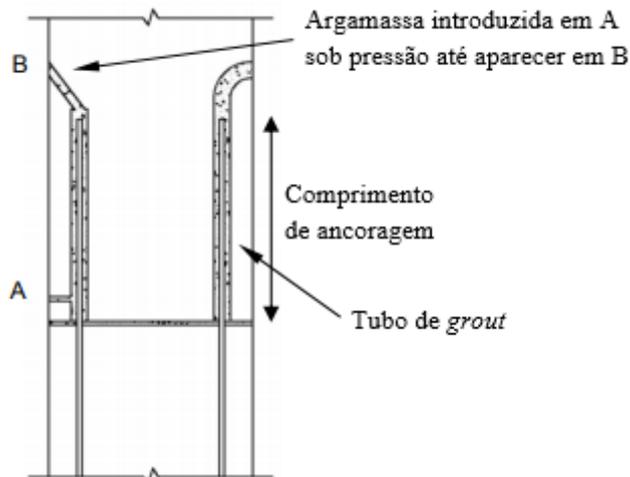
Para casos onde há esperas, o pilar superior contém as aberturas, como o exemplo abaixo é feito, imagem A da figura 1. Caso não existam as esperas, o pilar superior vem de fábrica já contendo as armaduras longitudinais salientes, e o inferior com as aberturas para que seja interligado, ilustrado na imagem B da figura 1.



Fonte: FIB, 2008.

Com o posicionamento do pilar é introduzida a pasta cimentícia sob pressão no ponto A da figura 2. Na parte inferior do pilar, ponto B, é o local de saída, indicando se a pasta cimentícia completou toda a abertura, cobrindo a armadura.

Figura 2 – Grout introduzido sob pressão



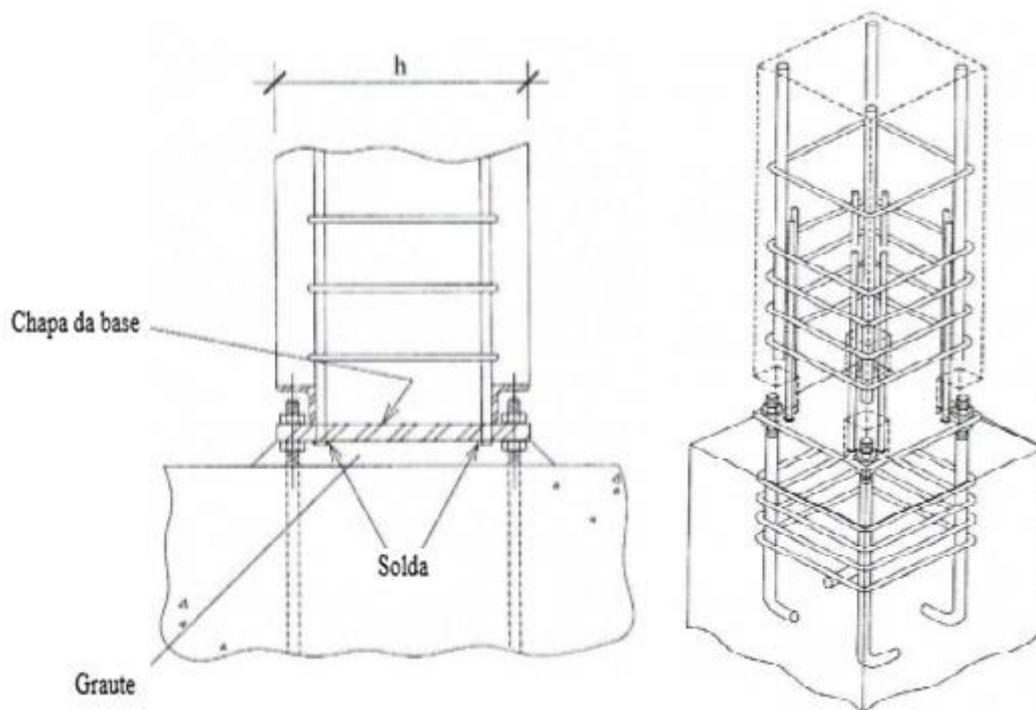
Fonte: Albarran, (2008).

2.2 Base metálica

Essa ligação é semelhante a utilizada em estruturas metálicas. O método consiste na utilização de chapa metálica e solda, posteriormente tem-se o acréscimo de parafusos. Para a chapa metálica é relevante o tamanho da placa a ser utilizada, pois irá interferir sobre a transmissão de esforços. Sendo que a transferência de esforços, como força normal e momento fletor, são transmitidos pela armadura devido a solda, e do concreto devido contato pela chapa. (EL DEBS, 2000).

Com a dimensão da chapa igual a seção do pilar em planta, a capacidade de transmissão de momentos fletores fica reduzido, e deixa-se de existir o cuidado com as saliências da chapa (Figura 3).

Figura 3 – Chapa metálica igual a seção do pilar



Fonte: El Debs, (2000).

Outra forma de conexão por chapa é a utilização de duas chapas, tanto uma para o pilar inferior como para o superior, sendo projetada para utilização de parafusos de alta resistência a fim de fornecer uma conexão totalmente restrita para o conjunto (figura 4). (Yun Hu et ali, 2016).

Figura 4 – Ligação com a utilização de duas chapas metálicas



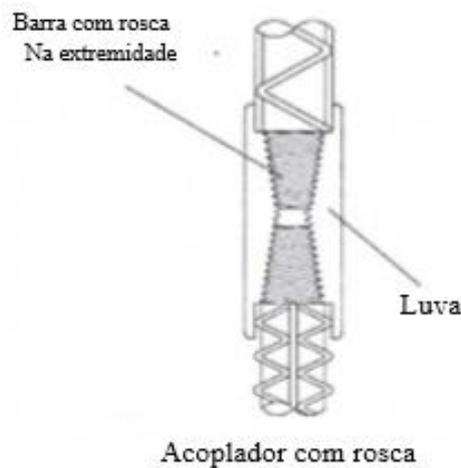
Fonte: Nzabonimpa, (2017).

Para preenchimento do espaço entre os pilares é utilizado placa de preenchimento ou graute.

2.3 Ligação com barras rosqueadas

Essa forma de ligação consiste basicamente na emenda das armaduras saliente dos pilares. A ligação das barras pode ser feita por diferentes tipos de dispositivos que efetuem o encaixe das mesmas. Esses dispositivos são chamados de acopladores ou luvas. Assim, as barras são envolvidas e rosqueadas, como ilustrado na Figura 5 abaixo.

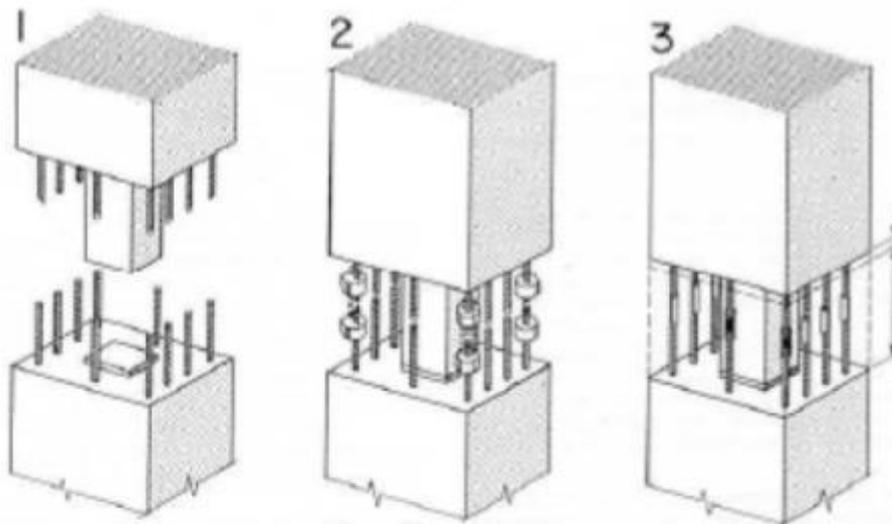
Figura 5 – Tipos de acopladores



Fonte: El Debs, (2000).

Para a execução desta ligação as barras do pilar superior ou inferior devem conter os acopladores de início. Sendo assim, o pilar superior é içado e posicionado para o encaixe. É importante ressaltar o auxílio da saliência existente no centro da seção do pilar superior ou inferior, ajudando no posicionamento. Após o encaixe por completo a abertura é fechada com graute ou concreto. Como mostra a figura 6. (BARBOSA, 2016).

Figura 6 – Exemplo de ligação com a utilização de acopladores.

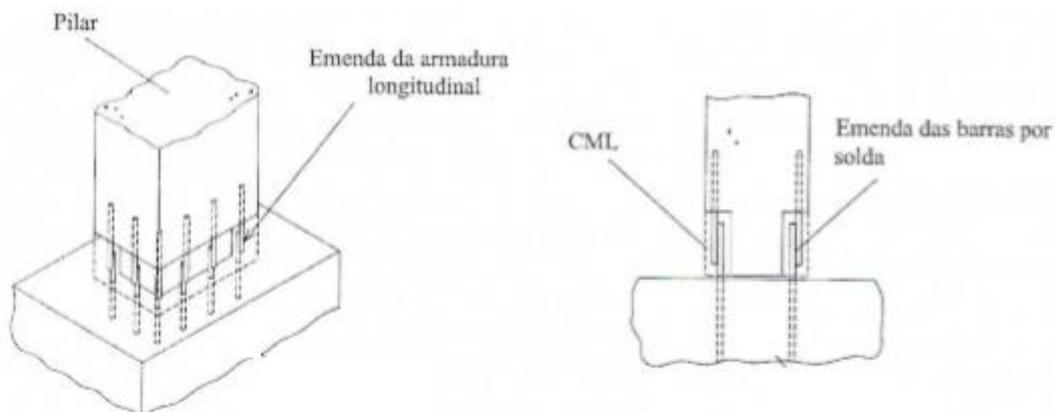


Fonte: Barbosa (2016, apud Stupré, 1981)

2.4 Ligação por traspasse com solda.

A ligação entre os pilares com esse tipo de ligação tem características semelhantes as ligações executadas em concreto armado, devido a necessidade de ter-se o traspasse das barras e acréscimo de solda (Figura 7). Para a execução de solda deve-se ter o cuidado com a realização pois é feita em campo.

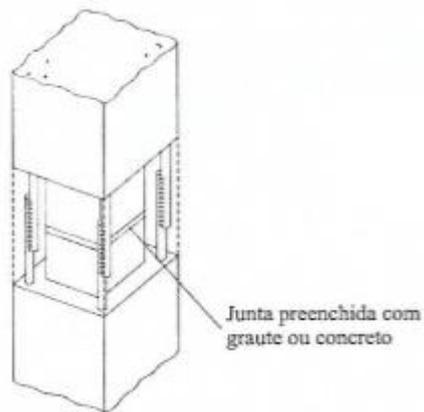
Figura 7 – Exemplo de ligação por traspasse com solda.



Fonte: El Debs, (2000).

Para auxiliar na execução da ligação, tem-se a existência da saliência no centro da seção do pilar superior. Após feito o posicionamento dos pilares a junção entre os dois é preenchida com graute ou concreto, como mostra a figura 8.

Figura 8 – Junta de preenchimento na ligação

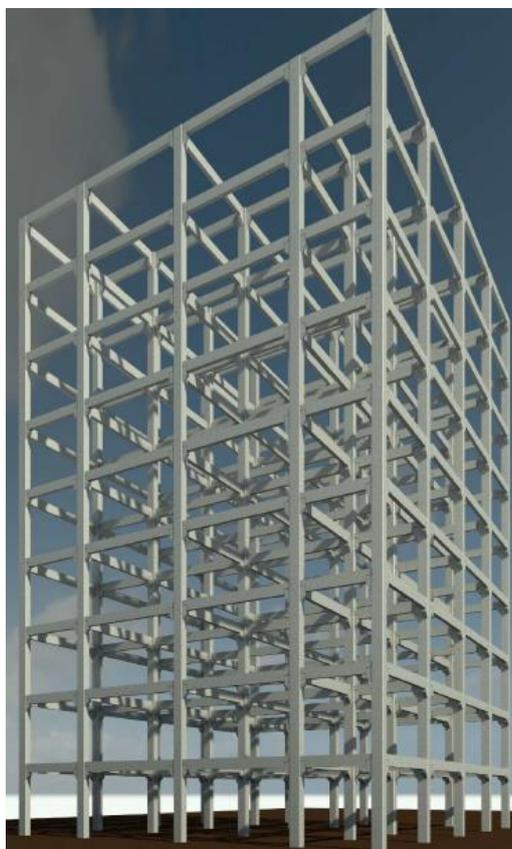


Fonte: El Debs, (2000).

3. Resultados

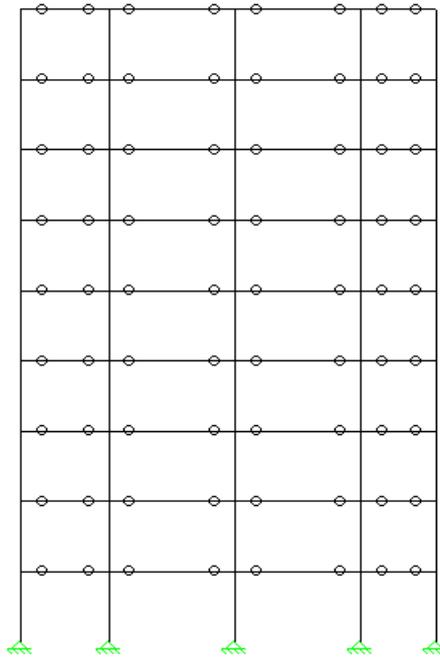
Para a verificação das ligações, foi proposto uma edificação de vinte e sete metros de altura (Figura 9), modelada por um pórtico plano composto por barras no *Structural Analysis Programs* (Figura 10), com o objetivo de analisar e dimensionar as ligações apresentadas. Assim, a emenda dos pilares foi fixada no ponto intermediário do quarto pavimento à 1,5 metros do piso.

Figura 9 – Edificação analisada.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 10 – Pórtico da edificação moldada em barras.



Fonte: Acervo pessoal.

Para a determinação dos esforços foram utilizados carregamentos permanentes e variáveis. Os carregamentos permanentes eram compostos por alvenaria, peso próprio de lajes e vigas. Para cargas variáveis utilizou-se a sobrecarga de pessoas na edificação e vento em duas direções. Sendo os carregamentos auxiliados na sua determinação pela NBR 6120 e cargas vento pela NBR 06123. Com os carregamentos já definidos, foi montado as combinações de carga no estado limite último – ELU e no estado limite de serviço – ELS, sendo consultada a NBR 08681, especifica para combinações.

As combinações de carga no estado limite de serviço são utilizadas para verificação dos deslocamentos no pórtico, necessitando respeitar a equação (1), seguindo recomendações da NBR 9062.

$$H \text{ total } \frac{1}{1200} \geq \text{Deslocamento} \quad (1)$$

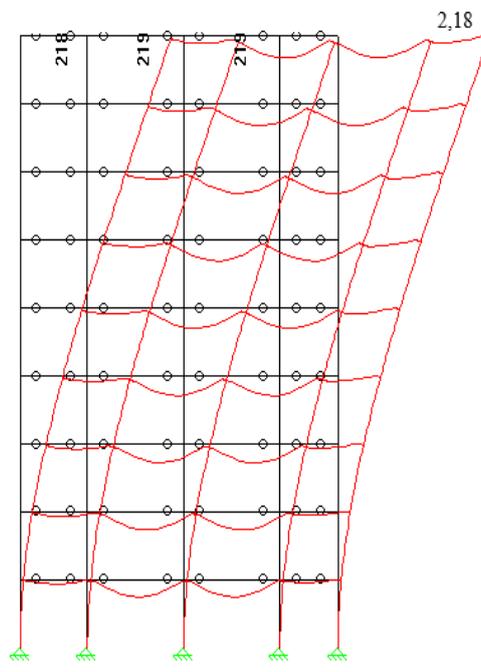
H total = Altura total da edificação em centímetros.

Deslocamento = Deslocamento devido as combinações de cargas ELS.

Assim, definindo a resistência característica do concreto (f_{ck}) em 45 MPA, as seções dos pilares 50 x 65 e vigas 20 x 40 centímetros, obteve-se o

deslocamento da edificação 2,18cm (Figura 11), respeitando o deslocamento limite de 2,25cm no nó mais elevado da edificação.

Figura 11 – Deslocamento da edificação (ELS)



Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente é definido os esforços no pórtico, sendo utilizado três combinações de cargas no estado limite último. Para cada combinação é determinado um novo momento fletor, corte e normal, na ligação, como mostra a tabela 1.

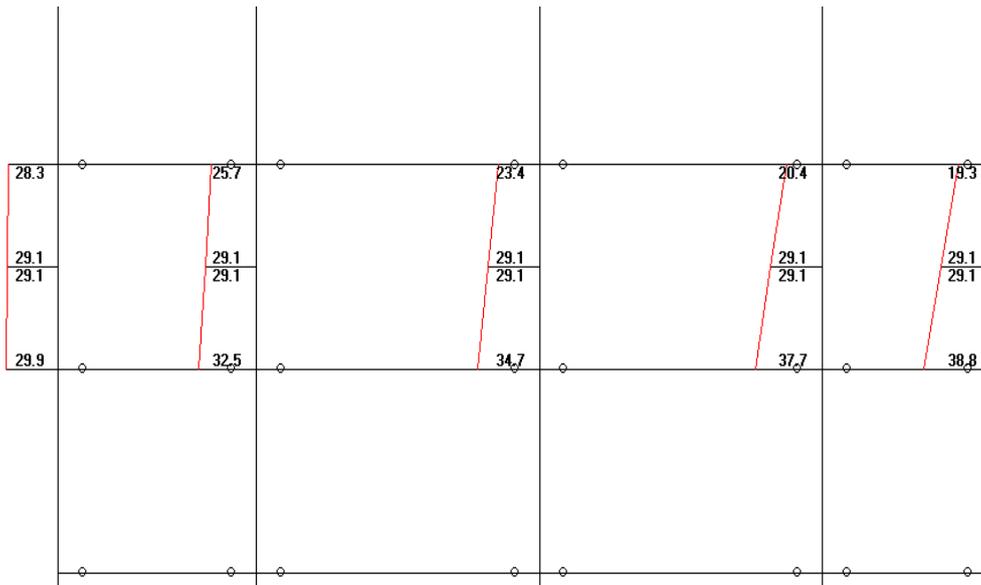
Tabela 1 – Esforços na ligação (ELU)

Combinação	MD (kN.m)	VD (kN)	ND (kN)
1	0	3,6	-663
2	29,1	6,5	-598
3	29,1	7,0	-598

Fonte: Acervo pessoal.

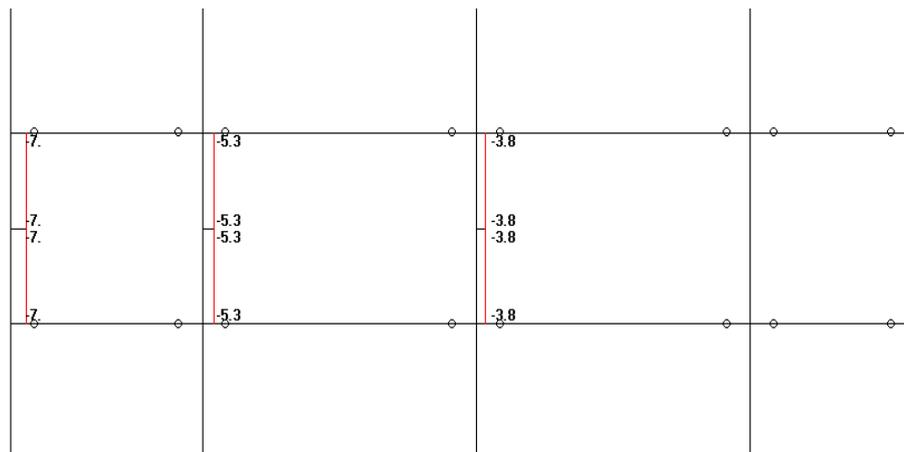
Com a definição dos esforços e tendo o conhecimento das ligações a serem analisadas, optou-se pela desconsideração do esforço normal para o dimensionamento, sendo a favor da segurança, pois o esforço normal é elevado. Assim, a ligação foi posicionada no ponto intermediário do pavimento e serão considerados o momento fletor de 29,1 kN.m (figura 12) e corte de 7,0 kN (figura 37), onde todas as ligações propostas serão verificadas por esses esforços.

Figura 12 – Esforço de momento fletor na ligação.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 13 – Esforço cortante na ligação



Fonte: Acervo pessoal.

O esforço cortante atuante nos dois últimos pilares da direita não é exibido, pois são valores baixos.

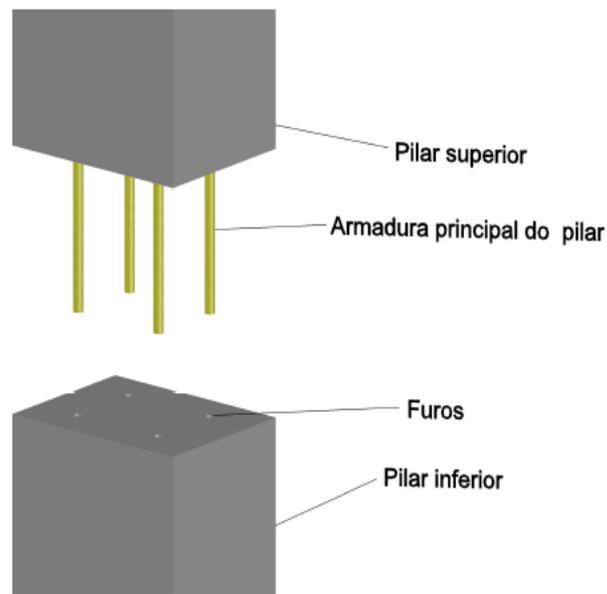
No dimensionamento das ligações foram seguidos diferentes critérios de cálculo. Para os critérios estabelecidos em relação a chapa metálica, parafusos e solda foram seguidas as propostas de Pfeil (2008). No critério referente a comprimento de ancoragem será utilizada as recomendações da NBR 6118. Posteriormente para traspasse com a utilização de solda, aplicam-se os critérios propostos por Fusco (1995).

3.1 Dimensionamento ligação por grout

Essa ligação consiste na inserção das armaduras principais do pilar superior

inferior e posterior acréscimo de *grout*, como mostra a figura (14).

Figura 14 – Ligação por *grout*



Autor: Acervo pessoal.

a) Verificação: comprimento de ancoragem das armaduras principais do pilar.

Primeiro determina a resistência de aderência, equação (2).

$$f_{bd} = k_{mod} \frac{1}{1,4} (0,21 \sqrt[3]{f_{ck}^2}) = 5,977 \text{ N} \quad (2)$$

k_{mod} (coeficiente de modificação) = $1,0 * 1,4 * 2,25 = 3,15$

f_{ck} (resistência característica do concreto) = 45 Mpa

f_{bd} = resistência de aderência

Agora pode-se determinar o comprimento básico de ancoragem l_{bo} aplicando a equação (3).

$$l_{bo} = \frac{\phi}{4} \frac{f_y}{f_{bd}} \geq 25 \phi = 0,4m \quad (3)$$

ϕ (diâmetro da armadura) = 0,016m

f_y (tensão de escoamento da armadura) = 500 MPa

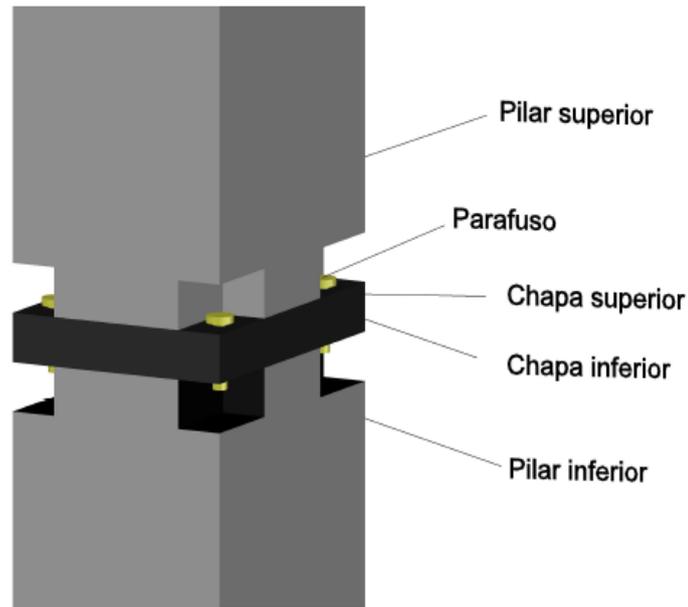
l_{bo} = comprimento básico de ancoragem

O comprimento de ancoragem necessário das armaduras principais da ligação por *grout* será de 0,4m ou 40cm.

3.2 Dimensionamento base metálica

Para essa ligação tem-se as armaduras principais dos pilares soldadas em chapas metálicas e as chapas interligadas por parafusos, como mostra a figura (15).

Figura 15 - Ligação por chapa metálica.



Fonte: Acervo Pessoal.

Verificações necessárias da ligação: Chapa metálica, parafusos e solda.

a) Determinação da espessura da chapa metálica, equação (4).

$$t = \sqrt{\frac{4MD\gamma a_1}{l f_y}} = 0,0414 \text{ m} \quad (4)$$

MD (momento de cálculo) = 29,1 kN.m

l (distância do centro geométrico da chape até a borda mais distante) = 0,325m

f_y (propriedade mecânica do aço ao escoamento) = 250000 kN/m²

γa_1 (coeficiente de segurança) = 1,1

t = espessura da chapa.

Adota-se a espessura de 4,15cm para a chapa metálica.

b) Acréscimo de 3,5mm no diâmetro do parafuso, equação (5).

$$D = d + 3,5 \text{ mm} = 13,5\text{mm} \quad (5)$$

d (diâmetro parafuso) = 10mm

c) Resistencia dos parafusos ao corte e tração:

Determinação da resistência ao corte para um parafuso (RPc), equação (6).

$$RPc = \frac{0,4 Agfu}{\gamma a2} = 17,59 \text{ kN} \quad (6)$$

Ag (área bruta do parafuso) = 0,0001430 m² (d = 10 + 3,5 = 13,5mm)

fu (tensão do aço sobre cisalhamento) = 415000 kN/m²

γa2 (coeficiente de segurança) = 1,35

RPc = resistência de projeto ao corte

Número de parafusos (N) para resistir ao esforço solicitante, equação (7):

$$N = \frac{Vd}{RPc} = 0,39 \quad (7)$$

Vd (esforço de corte do projeto) = 7 kN

RPc (resistência de projeto ao corte) = 9,65 kN

N = número de parafusos

Para momento fletor:

Determinando a resistência de um parafuso a tração (RPT), equação (8).

$$RPT = \frac{0,75 Ag fu}{\gamma a2} = 32,98 \text{ kN} \quad (8)$$

Ag (área bruta do parafuso) = 0,0001430 m² (d = 10 + 3,5 = 13,5mm)

fu (tensão do aço sobre cisalhamento) = 415000 kN/m²

γa2 (coeficiente de segurança) = 1,35

Rpt = resistência à tração do parafuso

Com o esforço de momento fletor, pode-se determinar a tensão de tração, equação (9).

$$\sigma = \frac{MD x}{I} = 635,77 \text{ kN/m}^2 \quad (9)$$

MD (momento de cálculo) = 29,1 kN.m

I (momento de inércia da chapa) = 0,0114427 m⁴

x (excentricidade do parafuso em relação ao eixo x) = 0,25

σ = tensão de tração no parafuso

Assim, determina-se a força de tração, equação (10).

$$Fdt = \sigma Ag = 0,09095 \text{ kN} \quad (10)$$

σ (tensão de tração no parafuso) = 635,77 kN/m²

Ag (área bruta do parafuso) = 0,0001430 m²

Fdt = esforço de tração do projeto

Número de parafusos (N) para resistir ao esforço solicitante, equação (11):

$$N = \frac{Fdt}{Rpt} = 0,00275 \quad (11)$$

Rpt (resistência à tração do parafuso) = 18,09 kN

Fdt (esforço de tração do projeto) = 0,049908 kN

N = número de parafusos

Verificação de corte e tração simultâneos, equação (12).

$$\left(\frac{vd}{RN_v} \right)^2 + \left(\frac{Fdt}{R_{NT}} \right)^2 \leq 1,0 = 0,334 \leq 1,0 \quad (12)$$

Vd = 1,75 kN

Fdt = 0,0124 kN

Rnv = 13,01 kN

Rnt = 24,43 kN

γa_2 = 1,35

d) Solda de entalhe das armaduras principais no chapa metálica.

Determinação da área metal-base, equação (13):

$$Amb = l t = 0,0064 \text{ m}^2 \quad (13)$$

l (diâmetro) = 0,016m

t (espessura de cálculo da chapa) = 0,04m

Resistencia do metal-base, equação (14).

$$Rd = \frac{Amb f_y}{\gamma_{a1}} = 145,45 \text{ kN} \quad (14)$$

Amb (Área metal-base) = 0,00034 m²

f_y (tensão de escoamento) = 250000 kN/m²

γ_{a1} (coeficiente de segurança) = 1,1

Rd = resistência de projeto da solda de entalhe.

Com mostrado anteriormente, tendo-se o esforço de momento fletor, conseguimos determinar a tensão de tração, equação (15).

$$\sigma = \frac{MD x}{I} = 381,46 \text{ kN/m}^2 \quad (15)$$

MD = 29,1 kN.m

I = 0,0114427 m⁴

x = 0,15

Assim, determina-se a força de tração, equação (16).

$$Fdt = \sigma Ag = 0,0766 \text{ kN} \quad (16)$$

σ = 381,46 kN/m²

Ag = 0,000201 m² (d = 16 mm)

Número de barras:

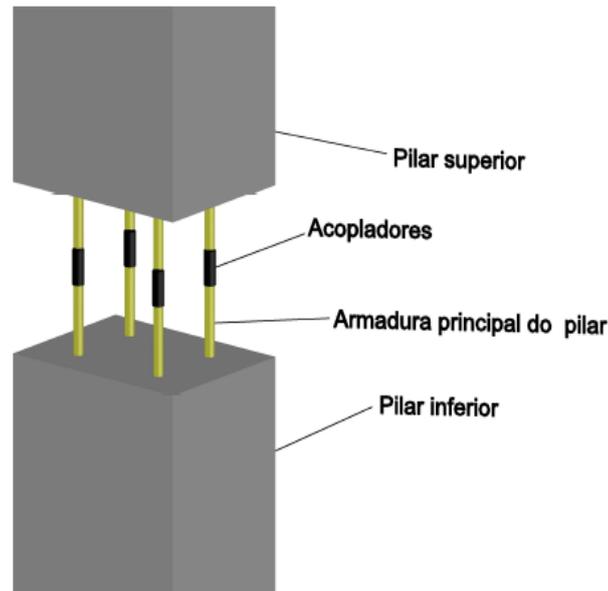
$$N = \frac{0,0766 \text{ kN}}{145,45} = 0,000527 \quad (17)$$

O dimensionamento determinou a necessidade de apenas 1 parafuso na ligação, mas por questões de segurança a quantidade de parafusos adotados para a emenda será de 4. Para o caso das armaduras principais dos pilares, a sua quantidade dependerá do número de barras adotado no dimensionamento do pilar. Sendo considerado para essa situação 4 barras de 16mm.

3.3 Dimensionamento ligação barra rosqueada

Na execução desta ligação é utilizado acopladores rosqueados interligando as armaduras dos pilares superior e inferior, como mostra a figura (16). Posteriormente a abertura é preenchida com grout.

Figura 16 – Ligação por barra rosqueada



Fonte: Acervo pessoal.

Verificação: corte e tração.

a) A determinação de corte é igual a situação dos parafusos, equação (6).

$$R_{Pc} = \frac{0,4 A_g f_u}{\gamma a_2} = 32,72 \text{ kN} \quad (6)$$

A_g (área bruta do parafuso) = 0,00020096 m² (Diâmetro 16mm)

f_u (tensão resistente última do aço à tração) = 415000 kN/m²

γa_2 (coeficiente de segurança) = 1,35

Número de barras (N) necessárias.

$$N = \frac{7}{24,71} = 0,28 \quad (7)$$

Resistencia de tração, equação (14):

$$Rdt = \frac{0,75 Ag fu}{\gamma a2} \leq \frac{Ag fy}{\gamma a1} = Rdt = 61,40 \leq 91,34 \quad (18)$$

$Ag = 0,00020096 \text{ m}^2$ (Diâmetro 16mm)

$f_u = 550000 \text{ kN/m}^2$

f_y (propriedade mecânica do aço ao escoamento) = 500000 kN/m^2

$\gamma a1$ (coeficiente de segurança) = 1,1

$\gamma a2$ (coeficiente de segurança) = 1,35

A determinação da força de tração solicitante na emenda por rosca é idêntica a situação anterior, sendo utilizado as equações (15) e (16). Assim, pode-se determina o número de barras da ligação, equação (17).

Número de barras:

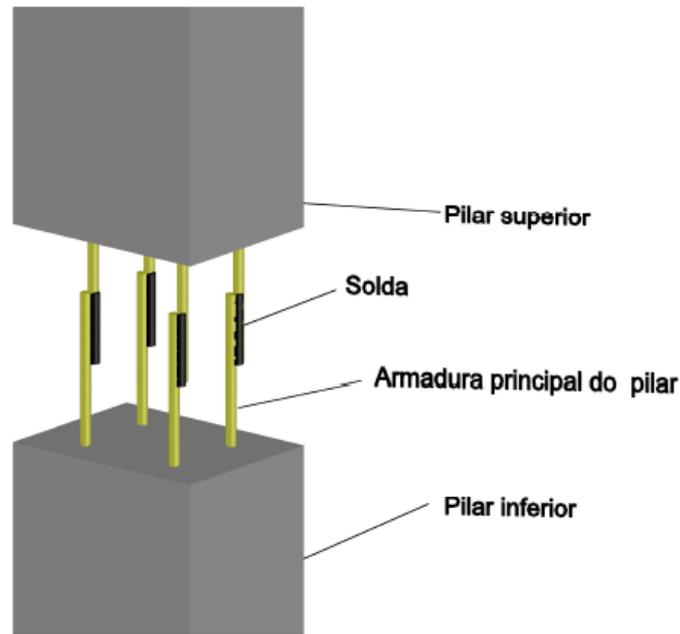
$$N = \frac{0,0766 \text{ kN}}{61,40} = 0,0012 \quad (17)$$

O número de barras finais desta ligação é definido pelas verificações dos pilares no cálculo da estrutura, sendo que para essa situação adota-se o número mínimo de 4 barras com diâmetro de 16mm.

3.4 Dimensionamento ligação traspasse com solda

Nessa ligação é feito o traspasse das armaduras principais do pilar e executado a solda, com o objetivo de interligar os pilares, figura (17). Após isso a abertura é preenchida com grout.

Figura 17 – Ligação utilizando traspasse e solda



Fonte: Acervo pessoal.

Verificações: comprimento de transpasse e solda necessários

a) Comprimento de ancoragem para determinação de $l_{b,ef}$, equação (2).

$$f_{bd} = k_{mod} \frac{1}{1,4} (0,21 \sqrt[3]{f_{ck}^2}) = 5,97 \text{ N} \quad (2)$$

f_{ck} (resistência característica do concreto) = 45 Mpa

k_{mod} (coeficiente de modificação) = 3,15

f_{bd} = resistência de aderência

Determinação l_{bo} , equação (3):

$$l_{bo} = \frac{\emptyset}{4} \frac{f_y}{f_{bd}} \geq 25 \emptyset = 0,4 \text{ metros} \quad (3)$$

\emptyset (diâmetro da armadura do pilar) = 0,016 m

f_y (propriedade mecânica do aço ao escoamento) = 500 MPa

f_{bd} (resistência de aderência) = 5,97 N

l_{bo} = comprimento básico de ancoragem

Escolha de $l_{b,ef}$:

$$l_{b,ef} \geq l_{b, \min} \left\{ \begin{array}{l} 10 * 1,6 \\ 10 \text{ cm} \\ 0,6 * 40 \end{array} \right.$$

$$b, ef \geq lb, \min \begin{cases} 16 \text{ cm} \\ 10 \text{ cm} \\ 24 \text{ cm} \end{cases}$$

Adota-se para lb, ef 24 centímetros

Determinação do traspasse, equação (19):

$$lv = Kv lb, ef = 0,48m \quad (19)$$

Kv (coeficiente de emenda) = 2

lb, ef (comprimento de ancoragem reto) = 0,24 metros

lv = comprimento de traspasse.

Assim, determina-se que o comprimento de traspasse entre as armaduras do pilar superior com o do inferior deve ser de 48 centímetros. Ainda deve ser feito duas soldas com comprimento mínimo de 8 centímetros intervaladas entre si com o mesmo comprimento. A espessura dessa solda deve ser de no mínimo 0,5 centímetros.

4. Conclusão

Como foi apresentado, o método de ligações de peças pré-moldadas requer análise e verificações nas emendas, afim de determinar a resistência aos esforços solicitantes. Sendo foco da pesquisa, as ligações pilar-pilar que podem ser executadas, com a utilização de diferentes materiais, como parafusos, chapas metálicas, solda e acopladores.

A escolha de qual ligação será executada na edificação aparenta ser difícil, mas consegue-se apresentar uma análise inicial de diferentes fatores, como logística, mão de obra e disponibilidade de materiais. Portanto, pode ser citado aspectos construtivos e técnicos necessários para a execução de cada ligação:

- Ligação por *grout*: necessita de um maquinário preciso para o posicionamento da peça, já que as armaduras devem ser inseridas corretamente nas aberturas do pilar inferior.

- Ligação por chapa metálica: para o caso desta ligação tem-se a necessidade da disponibilidade dos materiais, como chapa metálica e parafusos. Além da mão de obra qualificada para a execução de solda.
- Ligação por barras rosqueadas: ter a disponibilidade do material e precisão no içamento, já que as peças precisam ser interligadas e a abertura preenchida com *grout* enquanto estiverem suspensas.
- Ligação por traspasse e solda: semelhante aos anteriores, sendo necessário precisão no posicionamento do pilar e mão de obra qualificada para a aplica da solda nas barras interligadas.

Para a análise do pórtico proposto houve o auxílio do *software Structural Analysis Programs Version 12.5*, necessário para a determinação dos esforços atuantes no local da emenda do pilar. Assim, com a consulta nas normas NBR 6120 e NBR 06123 foram determinados os carregamentos de peso próprio e cargas variáveis na edificação.

Com os carregamentos pode-se definir as combinações, seguindo as recomendações da NBR 08681, utilizada para verificação dos deslocamentos e determinação das tensões de serviço. Por ser uma edificação de altura elevada e pré-moldada, onde teoricamente a vinculação das vigas nos pilares é considerada rotulada, a estrutura se mostrou flexível, resultando em elevados deslocamentos globais na edificação, assim se fez necessário pilares e vigas de grandes dimensões afim de controlar esse fator.

Portanto, com a resistência característica do concreto (f_{ck}) e as dimensões dos pilares e vigas definidos, partiu-se para a verificação das ligações apresentadas. Para a verificação de cada ligação foram analisadas as combinações no estado limite último, encontrando três combinações de carregamentos, ilustrados na tabela 6 já apresentada anteriormente. Assim, obteve-se os esforços mais elevados de momento fletor 29,1 kN.m e corte 7 kN, ilustrado anteriormente nas figuras 36 e 37. Partiu-se da ideia de desconsideração do esforço normal de -663 kN atuante, por questões de segurança devido o carregamento ser de compressão, tendo em vista que a força que poderia comprometer a emenda seria a tração.

Com o dimensionamento e verificações obteve-se o número de barras, comprimento de ancoragem, dimensões de soldas e parafusos. Para cada ligação pode ser detalhado aspectos que auxiliariam nas verificações:

- Ligação por *grout*: A resistência dessa emenda baseia-se na aderência entre barra e concreto, assim a escolha do concreto com a resistência característica elevada e a utilização de barras com nervuras, se torna essencial para uma diminuição do comprimento de ancoragem no pilar inferior.
- Ligação por chapa metálica: Com o objetivo de obter-se chapas mais finas tem-se a necessidade de perfis com a resistência ao escoamento elevado. Para o caso de parafusos, excentricidades pequenas em relação ao eixo da chapa metálica se torna eficaz, havendo diminuição na força de tração, assim pode-se utilizar perfis mais econômicos. Por último, a escolha da solda, optando-se pela de entalhe, que forma uma ligação mais rígida entre vergalhão e a chapa metálica.
- Ligação por barras rosqueadas: Para essa ligação a escolha eficaz se faz nos parafusos e acoplador, pois a resistência é determinada por suas propriedades mecânicas.
- Ligação por traspasse e solda: Semelhante a primeira ligação, a utilização de concreto de alta resistência e barras nervuradas, mas com o acréscimo de solda, seguindo as recomendações de dimensões mínimas, sendo em função do diâmetro do vergalhão dos pilares.

Contudo, cabe ao engenheiro a escolha de qual tipo de ligação deve-se ser executada na edificação, partindo-se de uma análise sobre a disponibilidade de materiais e maquinário, e também sobre os esforços atuantes, para obter o melhor desempenho da emenda.

5. Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 6120**: Cálculo para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 06123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de

Janeiro, 2017.

_____. **NBR 6118**: Projeto de concreto armado - Procedimento

ALBARRAN, E. G. **Construção com Elementos Pré-fabricados em Betão Armado Adaptação de uma Solução Estrutural “in situ” a uma Solução Pré-fabricada**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa.

BARBOSA, L. C. **Análise de Ligações de Estruturas Pré-fabricadas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior de Engenharia do Porto.

FIB. **STRUCTURAL CONNECTIONS FOR PRECAST CONCRETE BUILDINGS**. Disponível em https://www.istructe.org/fibuk/files/fib_bull43_nmg.pdf
Acesso em 05 de junho de 2018.

FUSCO, P. B. **Técnicas de armar as estruturas de concreto**. São Paulo, 1994.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

PFEIL, W. **Estruturas de Aço**. Rio de Janeiro, 2011.

NZABONIMPA, J. D.; KEE HONG, W.; KIM, J. **Mechanical connections of the precast concrete columns with detachable metal plates**. Disponível em <https://onlinelibrary-wiley.ez224.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1002/tal.1391>

YUN HU, J.; KEE HONG, W.; CHEE PARK, S. **Experimental investigation of precast concrete based dry mechanical column–column joints for precast concrete frames**. Disponível em <https://onlinelibrary-wiley.ez224.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1002/tal.1337>> Acesso em 01 de outubro de 2018.

Acesso em 01 de outubro de 2018.

