

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA LARGURA DO PILAR CENTRAL NO DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA EM VIGAS CONTÍNUAS DE CONCRETO ARMADO

Lucas Manenti Serafim (1), Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) lucasmser@hotmail.com, (2) avargas@unesc.net

RESUMO

O cálculo da armadura de flexão em vigas nem sempre considera a largura do pilar intermediário influente no cálculo da área de aço, mesmo sendo esta uma alternativa econômica. Porém, a norma brasileira que rege o dimensionamento de estruturas de concreto armado, a NBR 6118:2014, admite considerar a reação de pilares internos de vigas contínuas como distribuída pela sua largura, além de incorporar parte do pilar na seção transversal da viga. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar essas duas condições, comparando resultados com aqueles obtidos pelo método usual de adotar os eixos de pilares e vigas, utilizando o máximo momento fletor negativo localizado no eixo do pilar para o dimensionamento. Foram feitas diferentes simulações utilizando planilhas no programa Microsoft Excel, com valores de momento fletor obtidos de análises feitas pelo software Vsol. Como resultado, ficou demonstrado que a adoção dessas considerações no dimensionamento proporciona redução da área de aço calculada em até 40%, além da mudança da seção mais solicitada, do eixo para a face do pilar.

Palavras-Chave: *Concreto armado; Momento fletor; Dimensionamento.*

1. INTRODUÇÃO

“O cálculo da armadura necessária para resistir a um momento fletor (causa tensões normais nas seções que atua) é um dos pontos mais importantes no detalhamento das peças de concreto armado” (CARVALHO; FILHO, 2014, p.103). Para o dimensionamento da armadura de flexão superior de uma viga contínua de concreto armado, usualmente não são avaliadas variáveis relacionadas com a largura dos pilares centrais como possibilidade de redução da área de aço. “No caso de vigas que se apoiam em pilares, esse procedimento despreza o efeito favorável da região de

interação com o pilar, que deveria se levar em conta, para proporcionar um dimensionamento econômico” (GLÓRIA, 2003, p.2).

O modelo padrão prevê que seja calculada área de aço para flexão na seção mais solicitada, localizada no eixo dos pilares. Após tal operação, o diagrama de momento fletor é deslocado longitudinalmente à distância de “ a ” (decalagem), sendo também escalonada a área de aço para todas as seções intermediárias, da mais solicitada até o ponto onde seu valor é nulo. Esta se tornará cada vez menor, à medida que se distancia do eixo do pilar central. Desta forma, é considerado apenas o eixo destes elementos estruturais, como ressalta Glória (2003, p.2): “Vigas e pilares são discretizados como elementos de barra lançados segundo seus eixos, que se ligam através de nós, compondo os pórticos que representam as estruturas”. O autor ainda destaca a necessidade de tal estudo, assim como de pesquisas que avaliem resultados influenciados por outras variáveis, considerando as demais dimensões em elementos como vigas e pilares:

Sabe-se que as ligações entre as vigas e os pilares não são pontuais, como geralmente consideradas nas simplificações de cálculo, mas sim regiões de interação, limitadas por suas seções no cruzamento de seus eixos. Torna-se necessário então pesquisar e analisar os esforços solicitantes de dimensionamento envolvidos nessas regiões, a fim de esclarecer o tema. (GLÓRIA, 2003, p. 1).

Leonhardt e Moning (1978, p.7) fazem a seguinte observação sobre o cálculo teórico de estruturas: “As hipóteses para o modelo estrutural (sistema estático) devem ser tais que as diferenças entre o cálculo e a realidade sejam as mínimas possíveis”.

Devido a estas observações, torna-se necessário estudar de forma mais profunda as ligações entre os elementos.

O proposto nesse trabalho é estudar os itens 14.6.2.3 e 14.6.3 da NBR 6118:2014, que consideram, respectivamente, a incorporação de parte do pilar na seção da viga e a distribuição da reação do pilar central, itens que tornam a largura do pilar intermediário uma variável no cálculo da área de aço necessária para combate ao momento fletor negativo. Posteriormente, comparar os resultados com a simplificação adotada tradicionalmente, de se utilizar o vértice do diagrama de momento fletor e a seção comum dos tramos adjacentes como guias no cálculo da área de aço.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Por se tratar de uma pesquisa eminentemente teórica, seu desenvolvimento se deu com o auxílio de dois softwares: o Vsol e Microsoft Excel. O primeiro foi desenvolvido no Curso de Engenharia Civil da UNESC, resultado de um TCC, cujo objetivo foi o de fornecer resultados e diagramas de esforços das estruturas hiperestáticas estudadas. A planilha eletrônica do Microsoft Excel deu suporte para os cálculos realizados a partir dos esforços solicitantes.

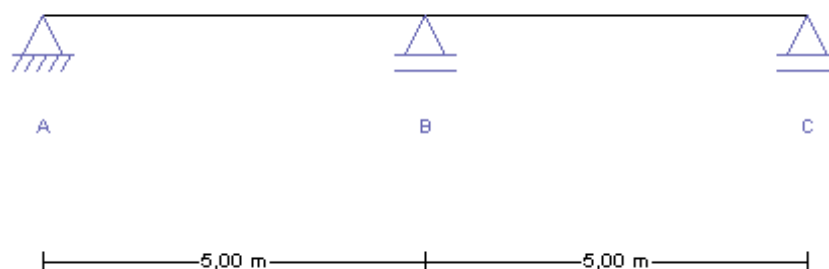
O programa Vsol apresentou limitação quanto à distribuição das cargas em pequenos comprimentos, como quando estudados os pilares de 20 cm de largura. Para garantir os resultados, foi elaborada outra planilha no Excel com o objetivo de fornecer as equações para os diagramas.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 CONSIDERAÇÕES E DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

A consideração da largura do pilar no dimensionamento foi aplicada e discutida no modelo proposto para o trabalho apresentado na Figura 1, com dois tramos de 5 metros cada. Deve-se observar que, para este estudo, o vão efetivo foi considerado entre os eixos dos pilares de cada tramo, uma vez que essa consideração é mais conservadora, ficando a favor da segurança.

Figura 1: Esquema das vigas estudadas, em dois tramos de 5 metros cada.



Fonte: Autor, 2016.

Os cálculos foram feitos para três diferentes alturas e larguras de viga e cinco larguras do pilar central, totalizando assim 45 estruturas, conforme apresentado na Tabela 1. As dimensões dos pilares de extremidade (apoios A e C da Figura 1) não foram consideradas em cálculo, tornando-os pontuais para a pesquisa.

Tabela 1: Variações nas dimensões das estruturas.

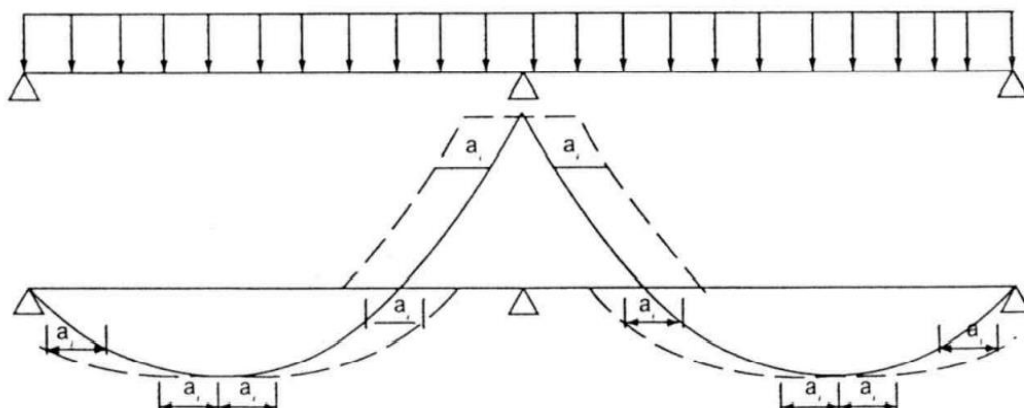
Largura da viga (b_w)	12 cm
	15 cm
	20 cm
Altura da viga (h)	30 cm
	60 cm
	90 cm
Largura do pilar central	20 cm
	40 cm
	60 cm
	80 cm
	100 cm

Fonte: Autor, 2016.

Para cada uma das 45 combinações de estrutura, foram realizados os cálculos de área de aço por quatro condições (modelos), obtendo 4 resultados distintos.

- Modelo 1, com base no procedimento padrão (reação pontual e seção constante) conforme Figura 2.

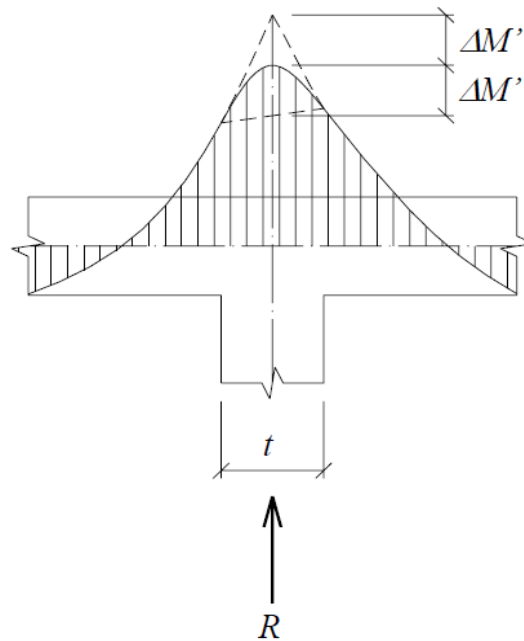
Figura 2: Modelo 1 (padrão) de cálculo.



Fonte: Carvalho; Filho, 2014, p. 247.

- Modelo 2, adotando a redução por arredondamento no diagrama de momento fletor (item 14.6.3 da NBR 6118:2014), representada pela Figura 3.

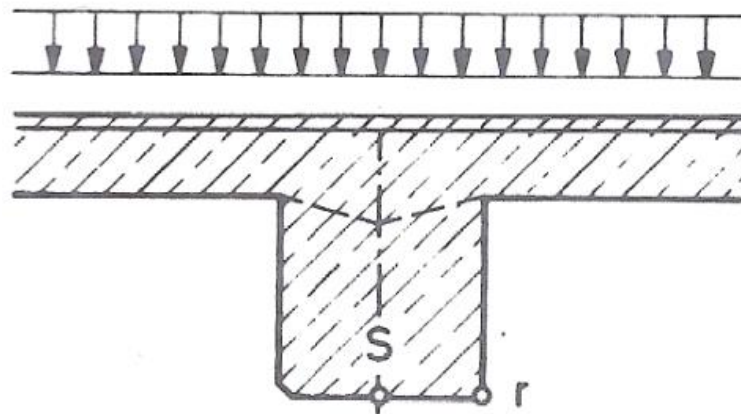
Figura 3: Modelo 2 de cálculo.



Fonte: NBR 6118:2014.

- Modelo 3, adotando mísula de concreto prevista no item 14.6.2.3, Figura 4.

Figura 4: Modelo 3 de cálculo.

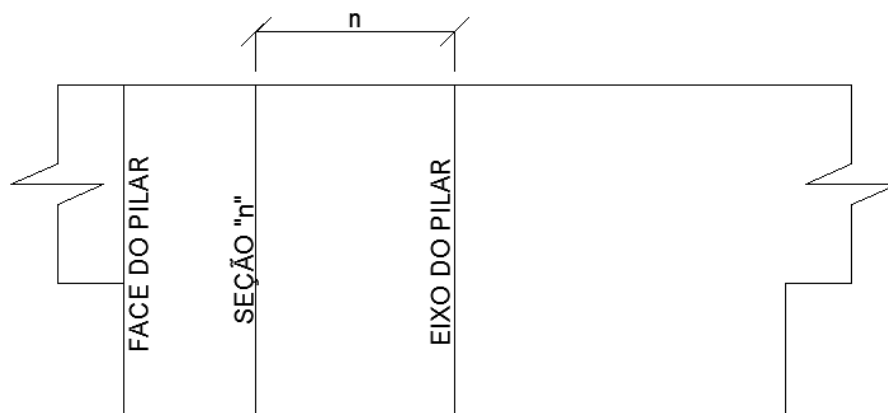


Fonte: Leonhardt; Moning, 1978, p. 16.

- Modelo 4, considerando as duas propostas indicadas nos modelos 2 e 3.

Todos os cálculos foram feitos em seções transversais distanciadas entre si de 1 cm, distribuídas do eixo até a face do pilar, conforme observado na Figura 5. Tal medida se justifica pela possibilidade de a seção mais solicitada não ser encontrada no eixo do pilar central, conforme estudos de Leonhardt e Moning (1978, p. 16), comprovados por Glória (2003). As seções de análise, identificadas por números que indicam sua distância em centímetros do centro do pilar estudado (Seção “0” localizada no eixo, seção “n” a uma distância de n centímetros deste), tiveram diferentes valores de momento fletor e altura útil, esta última modificada pela adoção de uma das teorias. Para os 4 modelos, as áreas de aço adotadas como resultados foram as maiores obtidas entre as seções de análise.

Figura 5: Seções de análise em um pilar.



Fonte: Autor, 2016.

Foram adotadas as classes de concreto C25 e C50, buscando investigar se a mudança na resistência do concreto à compressão (f_{ck}) influencia os resultados; a altura útil inicial, em todos os casos, foi considerada como 90% da altura da viga ($d = 0,9h$); e a relação x/d (posição da linha neutra em relação à altura útil) atingiu o valor máximo de 0,45 na seção central (calculando pelo modelo 1), sendo este o limite previsto pela NBR 6118:2014 para armadura simples e atendimento ao quesito ductilidade.

Para cada seção transversal de viga, foram obtidos os momentos fletores negativos máximos, adotando a relação $x/d = 0,45$ no vértice da parábola. Posteriormente, foi calculado o valor x para todas as outras seções da mesma viga, nos quatro modelos de cálculo. As cargas distribuídas, portanto, variaram de uma estrutura para outra, para que o maior valor do momento fletor (sem adotar as considerações de eventuais alterações de valores) atingisse o valor da relação x/d estipulado de 0,45 na seção mais solicitada pelo cálculo padrão em cada viga. As cargas distribuídas, obtidas pelo método do momento de engastamento perfeito e inseridas no software Vsol, forneceram valores de momento fletor nas diferentes seções de análise em cada estrutura, que foram usados para calcular o valor x nestas seções. Todas as cargas aplicadas nas vigas já contemplam seu peso próprio.

Deve-se ressaltar que, neste trabalho, somente foi observada a área de aço máxima em cada viga, na região do pilar central, não sendo analisados os comprimentos de ancoragem ' l_b ' (NBR 6118:2014, item 9.4.2.4). O efeito da decalagem no diagrama de momento fletor ' a_l ' foi considerado constante, sem sofrer aumento com o acréscimo na altura útil da viga (uma das possibilidades previstas em norma).

Também não foram estudados fatores como a instabilidade lateral das vigas (NBR 6118:2014, item 15.10), a altura do pilar e suas consequências no dimensionamento (item 14.6.6.1), os efeitos da outra dimensão do pilar (medida no mesmo eixo que a largura da viga) no dimensionamento da armadura e na majoração da carga neste pilar (item 13.2.3), assim como armadura de pele (item 17.3.5.2.3) e armadura de combate ao esforço cortante. Somente foi calculada armadura para flexão normal simples. Também não foi considerada possível redistribuição de momentos fletores, conforme previsto na NBR 6118:2014, visto que foi analisado apenas o trecho negativo do diagrama, sem influenciar os positivos.

Os valores máximos das áreas de aço calculadas para todas as estruturas foram analisados com o objetivo de encontrar tendências favoráveis, desfavoráveis e neutras à economia do aço com a mudança na largura dos pilares centrais.

2.2.2 MODELO PADRÃO

Para uma viga com carga uniformemente distribuída, o método proposto tradicionalmente prevê o dimensionamento com o momento fletor máximo negativo atuando no eixo do pilar com valor obtido no vértice da parábola do diagrama, além de seção transversal constante entre os tramos, sem alteração na região de interação com o pilar.

Para a determinação da armadura de flexão, foram utilizadas as equações 1 e 3, básicas para dimensionamento de uma seção em viga de concreto armado. A equação 2, por sua vez, foi deduzida da primeira, com enfoque no valor de x . Esta foi usada para determinar a profundidade da linha neutra sobre a seção, uma vez que os valores de momento fletor e altura útil mudaram.

$$Md = 0,68 \cdot fcd \cdot bw \cdot x \cdot (d - 0,4 \cdot x) \quad (\text{Equação 1})$$

$$x = \frac{d \pm \sqrt{d^2 - 1,6 \cdot \frac{Md}{0,68 \cdot fcd \cdot bw}}}{0,8} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: Md = momento fletor de projeto

fcd = resistência característica de cálculo à compressão no concreto

bw = largura da seção da viga

x = posição da linha neutra

d = altura útil da viga

$$As = \frac{Md}{(d - 0,4 \cdot x) \cdot fyd} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: As = área de aço calculada para a seção

Md = Momento fletor de projeto

d = altura útil da viga

x = posição da linha neutra

fyd = resistência característica de cálculo à tração no aço

Depois de calculada a área de aço para o máximo esforço, o diagrama de momentos fletores sofreu um deslocamento em seus valores. O novo diagrama deslocado serviu como guia para adotar área de aço para todas as seções da viga (dimensionamento longitudinal de armadura). O valor 'al' é obtido na equação 4, e seu efeito ilustrado na Figura 2 (página 4).

$$al = d \cdot \left[\frac{V_{sd\text{máx}}}{2 \cdot V_{sd\text{máx}} - V_c} \right] \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: d = altura útil da viga

$V_{sd\text{máx}}$ = Esforço cortante máximo de projeto

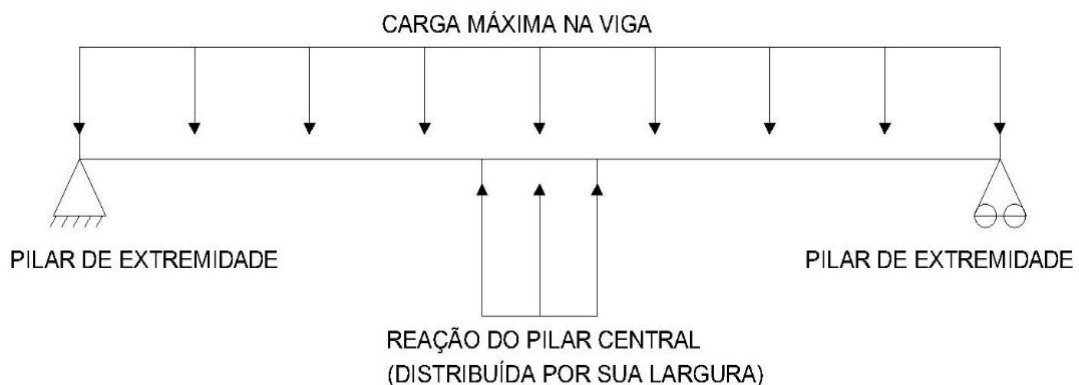
V_c = Esforço cortante absorvida pelo concreto (Modelo 1 de cálculo)

2.2.3 DISTRIBUIÇÃO DA REAÇÃO NO PILAR POR SUA LARGURA

A primeira consideração estudada foi a divisão da reação pontual em um pilar por sua respectiva largura, medida na direção do eixo da viga. Essa consideração está prevista no item 2.6.3 da NBR 6118:2014.

Dessa forma, configura-se uma carga distribuída igual à reação no pilar dividida por sua largura, como observado na Figura 6.

Figura 6: Distribuição da reação pela largura do pilar.



Fonte: Autor, 2016.

A redução no pico do diagrama foi calculada multiplicando-se a reação do apoio por sua largura e dividindo o produto por 8, conforme a Equação 5:

$$\Delta M' = R \cdot t / 8 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: $\Delta M'$ = Redução no ponto máximo do diagrama de momentos fletores

R = Reação do apoio (pilar central)

t = Largura do pilar central

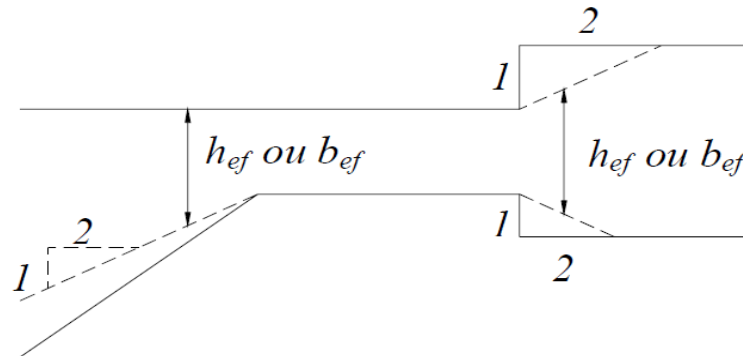
“Essa equação leva em conta que a reação de apoio é uma carga distribuída ao longo da largura do pilar e não uma carga concentrada, como se considera no cálculo usual. Dessa forma, o diagrama de momentos fletores sobre o apoio concordará com uma parábola do segundo grau[...]”.
(ARAÚJO, 2003, p. 155).

O efeito dessa consideração sobre o diagrama de momento fletor é observado na Figura 3 (página 5), onde é perceptível a influência da largura de um pilar central no diagrama de momentos fletores de uma viga contínua. Este efeito redutor é baseado no fato de a reação aplicada pelo pilar na viga ser distribuída em toda sua largura (t), não em um único ponto. Tal operação consiste em, após obter a reação no pilar central, dividi-la por sua largura e inserir no programa uma carga distribuída de baixo para cima no lugar do apoio.

2.2.4 VARIAÇÃO NA SEÇÃO DA VIGA

Segundo o item 14.6.2.3 da NBR 6118:2014, na ocorrência de variação brusca na largura ou altura de uma viga, deve ser considerada como parte efetiva aquela apresentada na Figura 7, o que também foi avaliado nesse trabalho.

Figura 7: Altura efetiva em caso de variação brusca na seção da viga.



Fonte: NBR 6118:2014.

Observando o comportamento monolítico do concreto, pode-se considerar parte do pilar como um acréscimo na altura da viga, como representado na Figura 4 (página 5). Neste artigo, os cálculos para os modelos 3 e 4 foram feitos com base nessa representação do encontro viga/pilar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARGAS E MOMENTOS FLETORES MÁXIMOS

Como já mencionado, a cada viga coube suportar um momento fletor de projeto (M_d) que resultou na relação x/d de 0,45 na seção central, calculando pelo modelo padrão. Os momentos de Serviço (M_k), assim como as cargas que resultaram no valor encontrado no esquema teórico estudado, são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Cargas e momentos fletores de serviço (continua).

Seção da viga (cm)	M_k (KNm)	Carga (KN/m)
12x30	27,99806	8,95938
12x60	111,99225	35,83752
12x90	251,98257	80,63442

Tabela 2: Cargas e momentos fletores de serviço (continuação).

15x30	34,99758	11,19923
15x60	139,99032	44,79690
15x90	314,97821	100,79303
20x30	46,66344	14,93230
20x60	186,65376	59,72920
20x90	419,97095	134,39070

Fonte: Autor, 2016.

3.2 REDUÇÃO NA ÁREA DE AÇO

A adoção das teorias estudadas neste trabalho resultam, em alguns casos, numa redução da área de aço calculada que ultrapassam a 40%. A Tabela 3 mostra a porcentagem de área de aço economizada para cada uma das 45 estruturas, nos 4 métodos de cálculo.

Tabela 3: Redução percentual da área de aço para cada modelo e seção (continua).

Seção transversal da viga (cm)	Largura do pilar central (cm)	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
12x30	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3814	8,0485	13,5588
	60	0	18,2788	19,5024	22,9829
	80	0	24,0049	29,9762	32,4627
	100	0	29,5718	39,6117	41,5154
12x60	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3815	0	12,3815
	60	0	18,279	3,7743	18,4356
	80	0	24,0043	15,2779	26,0704
	100	0	29,5718	23,7746	34,3934

Tabela 3: Redução percentual da área de aço para cada modelo e seção (continuação).

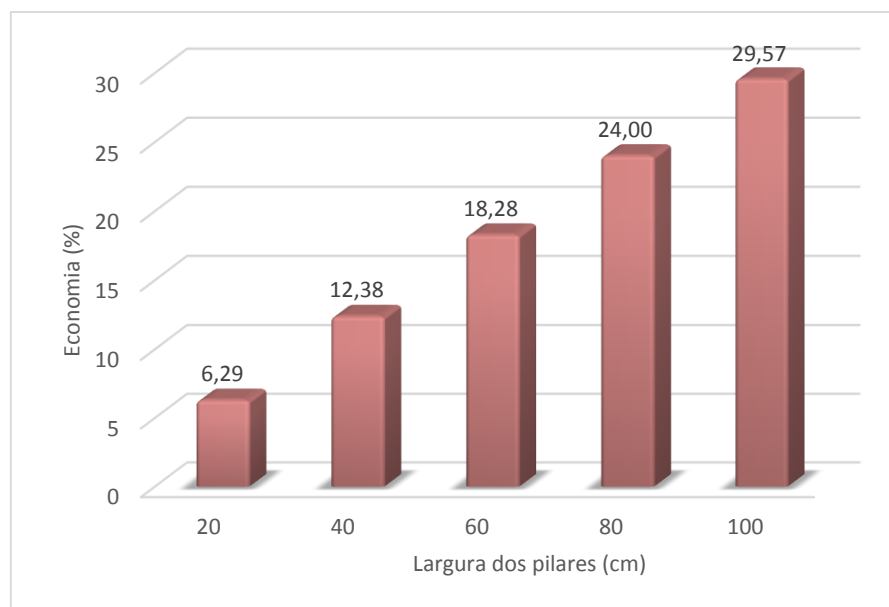
12x90	20	0	6,2949	0	6,2949
	40	0	12,3813	0	12,3813
	60	0	18,279	0	18,279
	80	0	24,0044	0	24,0044
	100	0	29,5718	8,3842	30,4014
15x30	20	0	6,2952	0	6,2952
	40	0	12,3815	8,0485	13,559
	60	0	18,2793	19,5024	22,9835
	80	0	24,0049	29,9762	32,4627
	100	0	29,572	39,6117	41,5156
15x60	20	0	6,2949	0	6,2949
	40	0	12,3814	0	12,3814
	60	0	18,279	3,7743	18,4356
	80	0	24,0043	15,2779	26,0704
	100	0	29,5718	23,7746	34,3935
15x90	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3813	0	12,3813
	60	0	18,279	0	18,279
	80	0	24,0044	0	24,0044
	100	0	29,5718	8,3842	30,4014
20x30	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3813	8,0485	13,5588
	60	0	18,2788	19,5024	22,983
	80	0	24,0047	29,9762	32,4625
	100	0	29,5717	39,6117	41,5154
20x60	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3814	0	12,3814
	60	0	18,279	3,7743	18,4356
	80	0	24,0044	15,2779	26,0705
	100	0	29,5718	23,7746	34,3934
20x90	20	0	6,2948	0	6,2948
	40	0	12,3814	0	12,3814
	60	0	18,2791	0	18,2791
	80	0	24,0044	0	24,0044
	100	0	29,5718	8,3842	30,4014

Fonte: Autor, 2016.

3.3 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

- Como esperado, o estudo comprovou que não há qualquer influência da largura da viga (bw) no cálculo do aço, variando a largura do pilar central. A afirmação é válida para os quatro modelos de cálculo, considerando que não foram avaliadas mudanças na altura útil decorrentes de adoção de várias camadas de armadura.
- Para o modelo 2, também não há influência na mudança de altura na viga, visto que a redução do diagrama de momento fletor (item 2.6.3 da NBR 6118:2014) não depende deste fator. Deve-se observar que, para o presente trabalho, a rigidez da seção da viga foi considerada constante. A Figura 8 representa os mesmos valores percentuais para todas as seções de vigas estudadas, com variação causada apenas pela mudança na largura do pilar.

Figura 8: Redução percentual de área de aço, válida para qualquer altura de viga, pelo modelo 2.

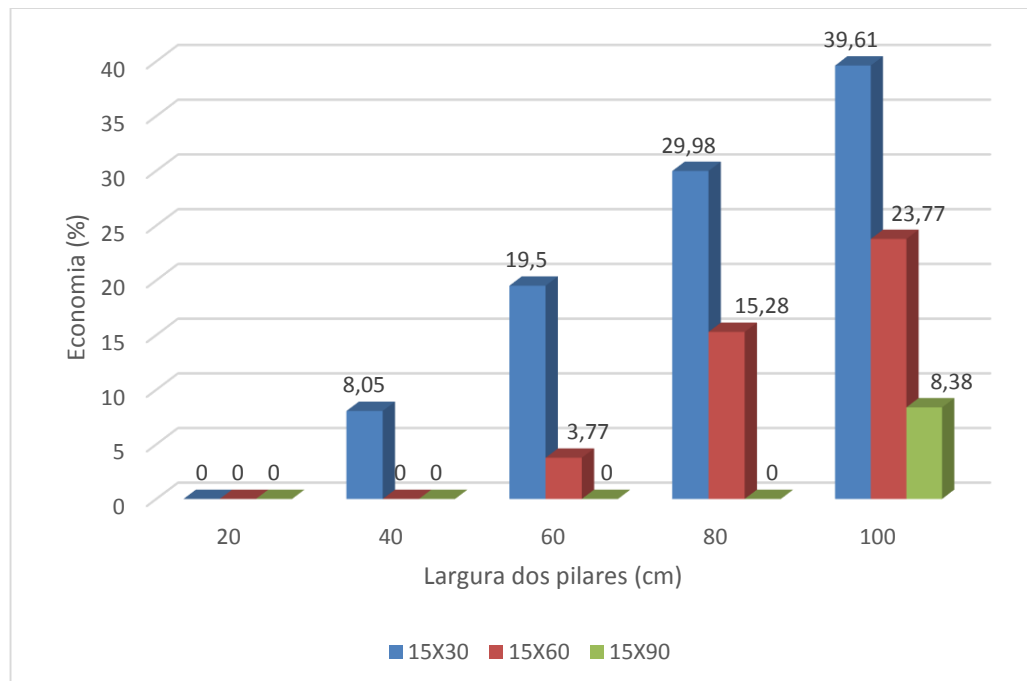


Fonte: Autor, 2016.

- A variação na altura da viga, porém, tem influência nos modelos 3 e 4, quando adotada a mísula de concreto (item 2.6.3 da NBR 6118:2014). Tal medida proporciona um acréscimo na altura útil d' , e foi observado que quanto menor for d inicial, maior o ganho relativo alcançado pela adoção da mísula (Figura 9).

- Uma maior altura útil de viga também exige maior valor ' a ', diretamente proporcional à altura útil ' d '. Desta forma, um momento fletor de maior intensidade (próximo ao centro do pilar) é deslocado a uma seção mais distante com menor ganho de altura útil. Isso diminui consideravelmente o efeito da mísula, chegando a eliminá-lo em muitos casos. Quando o valor desta decalagem supera metade do comprimento do pilar, não é possível a adoção de mísulas. A Figura 9 apresenta os percentuais de economia na área de aço para 3 seções transversais de viga: 15x30, 15x60 e 15x90 cm.

Figura 9: Redução percentual de área de aço no Modelo 3.

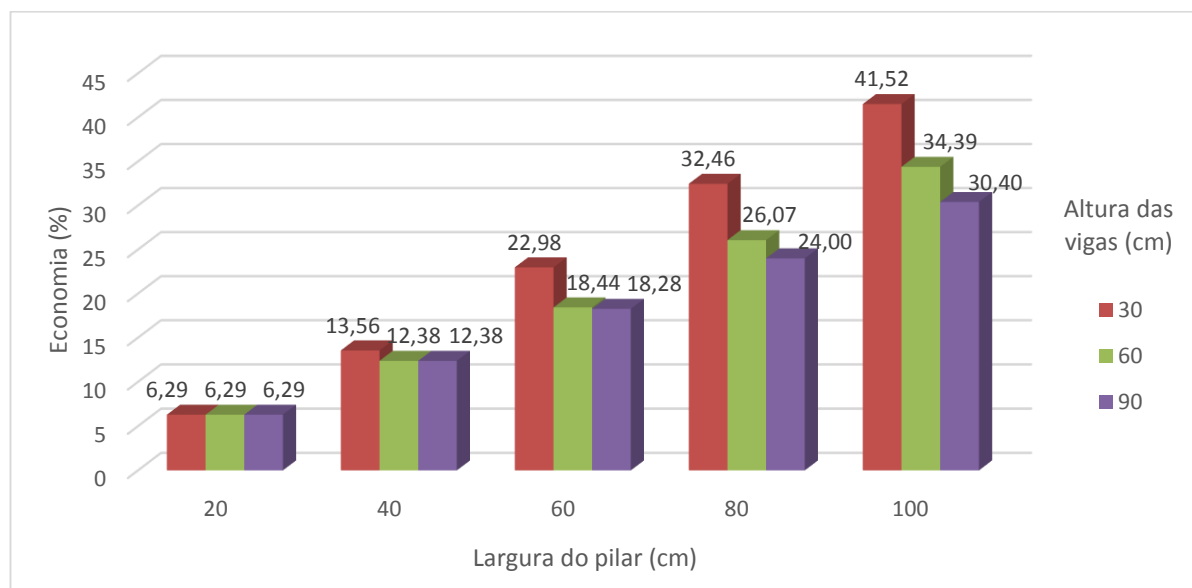


Fonte: Autor, 2016.

- Ainda para o modelo 3, a maior área de aço é encontrada na seção mais próxima ao valor ' a '. Foi observado que, para este modelo, as vigas com altura de 90 cm (a = 40,51 cm) obtiveram área de aço máxima na seção 41 (41 cm do eixo do pilar), enquanto as que possuem 60 cm (a = 27,01 cm) obtiveram-na na seção 27 (27 cm do eixo do pilar).
- Como esperado, o modelo 4 demonstrou ser o mais econômico (Figura 10). Porém, mesmo sabendo que as duas considerações trabalham com variáveis

diferentes (acréscimo na altura útil e diminuição no momento fletor), os resultados encontrados no modelo 4 não são obtidos apenas unificando as duas teorias. Isso se deve ao fato de haver mudança na seção mais solicitada, do eixo para a face do pilar, como havia concluído GLÓRIA (2003, p. 69). Há, nesse caso, diminuição na taxa de crescimento do momento fletor e aumento linear da altura útil, conforme o diagrama se aproxima da seção localizada no eixo do pilar (Seção 0). Dessa forma, a seção crítica é deslocada para a face do pilar, onde o efeito da mísula é nulo.

Figura 10: Comparativo da redução percentual de área de aço entre diferentes alturas de viga pelo modelo 4.



Fonte: Autor, 2016.

- As diferentes classes de concreto apresentaram comportamento linear. As equações 1 e 3 (página 7) comprovam a linearidade existente entre a resistência do concreto e a área de aço, mostrando que não há influência desta variável na pesquisa, uma vez que todas as vigas foram dimensionadas em seu limite. A equação 6, deduzida das equações 1 e 3, quando $x = 0,45 \cdot d$, mostra de forma simplificada essa relação linear.

$$A_s = \frac{0,306 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot w \cdot d}{f_{yd}} \quad (\text{Equação 6})$$

4. CONCLUSÕES

- Foi comprovado que, ao adotar as considerações relacionadas à largura do pilar central, a área de aço negativa da viga reduziu, podendo alcançar cerca de 40% de economia.
- Uma grande altura da viga influencia negativamente no cálculo, por conta da decalagem e do menor ganho percentual representado pela mísula.
- Se adotadas as duas teorias, a seção mais solicitada é transferida para a face do pilar, diferentemente do que é feito no modelo padrão, onde a maior área de aço incide sobre seu eixo. Verificar tal ocorrência é precaução necessária imposta ao projetista.
- Além da redução da área de aço causada pela adoção dos métodos estudados, haverá também a maior possibilidade de redistribuição de momentos fletores na viga (item 14.6.4.3 da NBR 6118:2014), pela diminuição da profundidade da linha neutra.
- Cabe ao projetista estrutural decidir acerca da adoção desses métodos alternativos ao dimensionamento usual. Tanto a diminuição por arredondamento do diagrama de momentos fletores quanto as mísulas de concreto ainda requerem estudos. Uma alternativa seria a consideração de vãos efetivos (item 14.6.2.4, NBR 6118:2014), que deriva da aceitação do trecho central de pilares intermediários como sendo infinitamente rígido. Há várias incógnitas nessa região de encontro entre vigas e pilares, que permanecem como objeto de estudo de engenheiros civis.

4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a redução da área de aço causada pela adoção dos métodos estudados, há maior possibilidade de redistribuição de momentos fletores na viga (item 14.6.4.3 da NBR 6118:2014), pela diminuição da profundidade da linha neutra. Pode-se, a partir disso, estudar possíveis redistribuições.

Um estudo sobre a influência da relação tensão/deformação do concreto e do aço na região da viga vinculada ao pilar intermediário também é necessário, assim como uma

investigação mais completa acerca da distribuição da reação no pilar, até então considerada uniforme.

Propõe-se inclusive a elaboração de um modelo para os trechos rígidos (item 14.6.2.1, NBR 6118:2014) que inclua o comportamento que o concreto apresenta na região do apoio mais próxima de seu bordo, levando em consideração que não são infinitamente rígidos. Estudos preliminares foram feitos, mas não concluídos. Estes apontam para uma redução maior na área de aço (31%) em vigas de 90 cm de altura.

Adotando as mesmas considerações deste trabalho, seria prudente refazer os cálculos com vigas de tramos diferentes e cargas variáveis (pontuais, distribuídas, e esquemas mistos), assim como adotar relações x/d diferentes de 0,45.

Seguindo o modelo deste trabalho, também é recomendado um dimensionamento completo da estrutura como um pórtico, fazendo o cálculo com barras e verificando a redução efetiva do aço utilizado. Deve-se observar, nesses casos, a ocorrência de várias camadas de armadura que pode modificar o valor da altura útil, considerado neste trabalho como 90% da altura total da viga.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Rio Grande, RS: Editora DUNAS, 2003. 4 v.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Ancoragem e emenda de armaduras**: notas de aula. Bauru, SP: UNESP, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Flexão normal simples - vigas**: notas de aula. Bauru, SP: UNESP, 2015.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:2014. Ed 4ª. São Carlos: Editora Edufscar, 2015, 415p.

GLÓRIA, Rodrigo Luz. **Estudo do dimensionamento de vigas na ligação com pilares em projetos de estruturas de concreto armado**. 2003, 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LEONHARDT, Fritz; MÖNNIG, Eduard. **Construções de concreto vol. 3:** princípios básicos sobre a armação de estruturas de concreto armado. Ed 1ª. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1978, 273p.

VIEGAS, Marco Aurelio. **Desenvolvimento de software para simulação e solução de esforços em vigas como ferramenta educacional.** 2015, 17p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.