

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM DIFERENTES COBRIMENTOS

João Pedro Lopes Daitx (1); Bruno do Vale Silva (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)joaodaitx@gmail.com, (2)dovalesilva@unesc.net

RESUMO

Com o aquecimento do mercado da construção civil, o mesmo tem sido abastecido por mão de obra pouco qualificada, o que vem causando diversos problemas de execução, entre eles a má utilização de espaçadores, o que acaba prejudicando a estrutura não apenas quanto a durabilidade, mas também quanto a sua resistência. Este estudo tem como objetivo avaliar através de três tipos diferentes de posicionamento da armadura longitudinal inferior de vigas de concreto armado (com cobrimento de 30 mm (grupo controle), 6 mm e 54 mm), analisando de forma experimental por meio de um ensaio de flexão a quatro pontos, os resultados quanto à carga de ruptura do elemento, bem como sua fissuração, deslocamentos verticais e linha elástica. Primeiramente foram fabricadas doze vigas e divididas em três grupos com diferentes cobrimentos inferiores (A, B e C) e submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos na idade pré-estabelecida. Através dos resultados obtidos com relação à linha elástica, cargas de serviço limitadas ao deslocamento permitido por norma, carregamento até a ruptura e a análise visual de fissuras, foi possível verificar o comportamento dos grupos e observar que o grupo B obteve melhor desempenho, quando comparado ao grupo controle nos carregamentos até deslocamento permitido e até a ruptura, assim como se mostrou mais eficiente com relação aos deslocamentos verticais, deslocando menos, porém apresentou maior fissuração na face inferior com falha por aderência aço-concreto devido ao erro de falta de cobrimento. Já o grupo C apresentou características opostas ao grupo B quando comparado ao grupo controle, resistindo menos quando carregado até o deslocamento máximo permitido e até a ruptura. Os deslocamentos verticais ficaram acima do grupo controle e suas fissuras foram aparentemente maiores.

Palavras-Chave: Cobrimento, vigas, concreto armado.

1. INTRODUÇÃO

Para o bom dimensionamento de uma estrutura, primeiramente é necessário a correta escolha do tipo de material. Ou seja, o material escolhido deve atender as recomendações mínimas de norma, aliado ao custo/benefício de onde se encontra a respectiva obra. Na engenharia existem diferentes materiais de construção, por exemplo, o aço, madeira e o concreto. O material concreto possui uma boa resistência à compressão, porém suas características mecânicas à tração são baixas (cerca de 1/10 da resistência à compressão para concretos

convencionais).(CARVALHO; FIGUEREIREDO FILHO, 2012, p.17). Deste modo, se torna estritamente necessário aliar o concreto a outro material, a fim de se obter uma estrutura monolítica resistente aos esforços solicitantes, sejam eles de compressão, tração, ou ambos. Para Carvalho e Figueiredo Filho (2012, p. 17 e 18):

Consequentemente, para aumentar a resistência da viga é importante associar o concreto a um material que tenha boa resistência à tração e seja mais deformável, sendo mais comum a utilização do aço, que deve então ser colocado longitudinalmente na região tracionada da peça.

Para o dimensionamento de uma estrutura de concreto armado antes dos cálculos deve-se saber o local em que a edificação será implantada, uma vez que a NBR 6118/2007 no item 6.4, define as classes de agressividade ambiental de acordo com o tipo de ambiente no qual será executado o projeto. Esta classe de agressividade ambiental define entre outras coisas a classe de resistência mínima do concreto a ser utilizada, bem como o cobrimento nominal mínimo das armaduras, de acordo com o item 7.4 da NBR 6118/2007, respectivamente. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2012, p.161):

O cobrimento mínimo é a menor distância livre entre uma face da peça e a camada de barras mais próxima dessa face (inclusive estribos), devendo ser observado ao longo de todo o elemento considerado. Tem por finalidade proteger as barras tanto da corrosão como da ação do fogo. Para isso, além do cobrimento adequado, é importante que o concreto seja bem compactado.

Não somente a distância correta do cobrimento deve ser respeitada, como também a qualidade do concreto empregado no mesmo. “A durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto, da espessura e da qualidade do concreto do cobrimento da armadura.” (CARVALHO; FIGUEREIREDO FILHO, 2012, p.59).

Porém o valor de cobrimento nominal mínimo não interfere somente na durabilidade da estrutura, mas também no dimensionamento, tendo em vista que o valor da altura útil “d” depende do cobrimento. A altura útil é a distância entre o centro de gravidade da armadura longitudinal tracionada até a fibra mais comprimida de concreto.

Utilizando as equações 1 e 2, mostradas por CARVALHO; FIGUEREIREDO FILHO, 2012, nota-se que quanto maior o valor de ‘d’, maior o momento fletor de cálculo que a peça de concreto resistirá, sendo assim para uma mesma solicitação de momento,

quanto menor o cobrimento inferior, conseqüentemente maior altura útil e menor a área de aço solicitada.

$$M_d = (0,68 \cdot x \cdot d - 0,272 \cdot x^2) \cdot b_w \cdot f_{cd} \quad (1)$$

$$A_s = \frac{M_d}{z \cdot f_{yd}} \quad (2)$$

Com o aquecimento do mercado da construção civil, aliado a relativa boa remuneração dos profissionais desta área, inúmeros trabalhadores tem buscado nesse ramo uma solução a falta de emprego. Porém devido a pouca experiência profissional, falta de qualificação técnica, ou mesmo busca de redução do tempo das atividades, muitos destes profissionais tem deixado de lado procedimentos essenciais para a segurança estrutural e durabilidade da edificação, entre eles a utilização de espaçadores para garantir o cobrimento definido em projeto.

Este estudo tem como objetivo avaliar através de três tipos diferentes de posicionamento da armadura longitudinal inferior de vigas de concreto armado (com cobrimento de 30 mm, 6 mm e 54 mm), analisando de forma experimental por meio de um ensaio de flexão a quatro pontos, os resultados quanto à carga de ruptura do elemento, bem como sua fissuração, deslocamentos verticais e linha elástica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para simular diferentes condições de cobrimento a fim de avaliar o desempenho de vigas de concreto armado submetidas à flexão, foram fabricadas doze vigas com 220 cm de comprimento, seção transversal de 12x25 cm, divididas em três grupos conforme o cobrimento inferior das mesmas. As vigas foram dimensionadas para atuarem no domínio 3.

As vigas foram armadas com aço de 12,5 mm de diâmetro (CA-50) como armadura principal resistente à flexão e aço com 6,3 mm (CA-50) usado como porta estribos. Os estribos foram feitos com aço 6,3 mm (CA-50) e posicionados a 90° com relação ao eixo horizontal da viga, sua disposição variável entre 10 e 12 cm, conforme indicado nas figuras 1, 2 e 3.

Para a definição do cobrimento foi adotado o cobrimento mínimo de 3 cm em todas as faces da viga, porém para poder simular algumas situações de execução, as

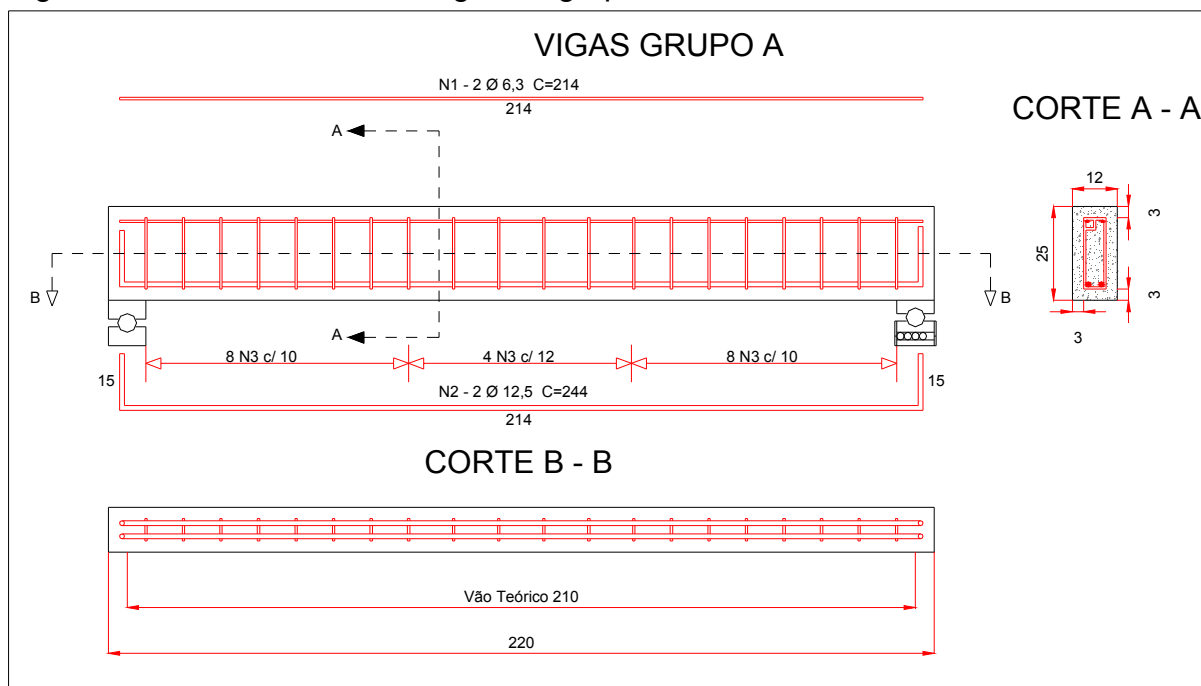
armaduras foram dispostas dentro do concreto de três formas diferentes, gerando assim os três grupos (A, B e C) conforme detalhamento abaixo.

Grupo A: quatro vigas (Viga V1, Viga V4, Viga V7 e Viga V10) com cobrimento uniforme de 3 cm em todas as faces, utilizado como grupo controle (Figura 1);

Grupo B: quatro vigas (Viga V2, Viga V5, Viga V8 e Viga V11) com cobrimento lateral de 3 cm, cobrimento inferior de 0,6 cm e cobrimento superior de 5,4 cm, simulando a falta de espaçador inferior na viga (Figura 2);

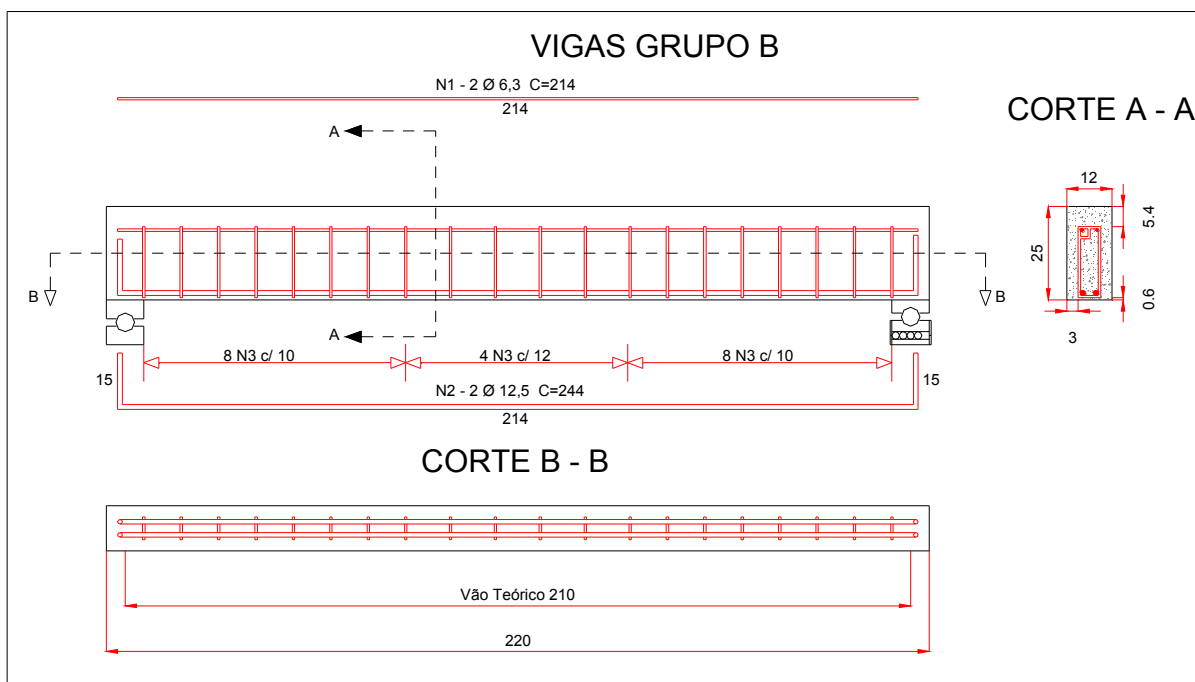
Grupo C: quatro vigas (Viga V3, Viga V6, Viga V9 e Viga V12) com cobrimento lateral de 3 cm, cobrimento inferior de 5,4 cm e cobrimento superior de 0,6 cm, simulando a utilização de espaçadores maiores do que o especificado em projeto na face inferior da viga (Figura 3);

Figura 1 – Detalhamento das vigas do grupo A.



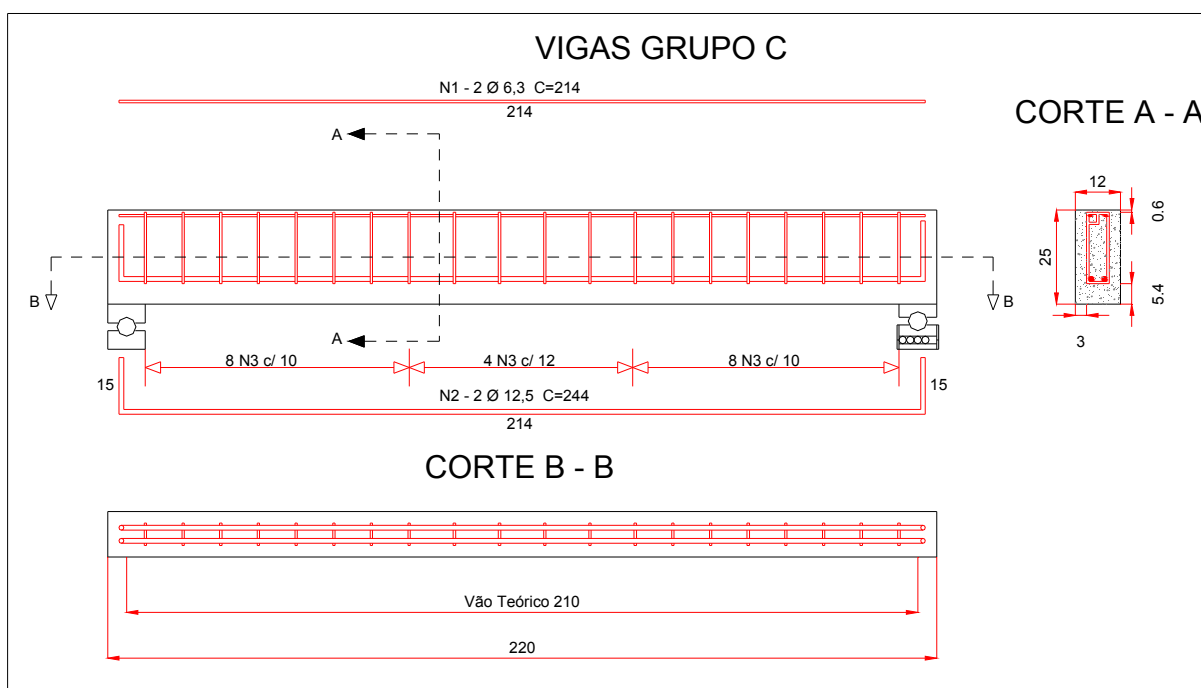
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Figura 2 – Detalhamento das vigas do grupo B.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Figura 3 – Detalhamento das vigas do grupo C.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Posteriormente ao detalhamento das vigas, os mesmos, foram encaminhados para a central de corte, dobra e montagem de armaduras no pátio da empresa Construtora Serra da Prata. Inicialmente foram feitos planos de corte de todos os itens, armaduras longitudinais e estribos, e repassados para que as barras de aço fossem

cortadas conforme recomendações. Após o corte, as peças foram dobradas com pinos de dobragem conforme especificado na NBR 6118:2007.

Para a montagem das armaduras, com seus respectivos espaçamentos entre estribos e posicionamento de barras, obedeceram-se os procedimentos estabelecidos pela NBR 14931:2004. A montagem das mesmas foi feita com arame recozido numero 16, respeitando sempre as distâncias entre estribos e entre barras estabelecidos na especificação. (Figura 4-a).

Após a montagem das armaduras, foram colocados os espaçadores feitos com argamassa ao longo de todas as vigas, respeitando os cobrimentos laterais de 3 cm, e os cobrimentos inferiores de acordo com cada grupo, sendo que em 4 vigas foram colocados espaçadores de 3 cm na face inferior, 4 vigas receberam espaçadores de 5,4 cm na face inferior, e nas últimas 4 vigas para evitar o contato direto com as formas, tendo em vista que as mesmas estão com desmoldantes, foram colocados tarugos de aço 6,3 mm fazendo a função de espaçadores inferiores. (Figura 4-b).

Foram confeccionadas 3 formas em madeira, na central de carpintaria da empresa, e posteriormente transportadas para a frente de serviço onde haveriam as concretagens. As formas foram pulverizadas com o desmoldante Ortolan SEP 710, para facilitar a desforma e preservar as mesmas, uma vez que estas foram reutilizadas 4 vezes. Para evitar o contato da armadura com o desmoldante, as armaduras recebem os espaçadores logo após a montagem, ao serem colocadas nas formas tem-se o cuidado para que apenas os espaçadores toquem nas formas. (Figura 4-c).

Figura 4 – (a) Montagem das armaduras; (b) Espaçadores; (c) Formas;



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Devido à impossibilidade de concretagem de todas as vigas no mesmo dia, as mesmas foram concretadas em series 3 vigas, sendo uma de cada grupo, para que as variações de temperatura e umidade aconteçam de maneira uniforme em todos os grupos, não causando assim um impacto em determinado grupo, podendo interferir nos resultados deste estudo.

O concreto utilizado foi usinado com um fck de 35 MPa, tendo um traço unitário de 1:1,82:2,73 (Cimento, Areia e Brita respectivamente), atendendo assim as recomendações da NBR 6118:2007 que indica a qualidade do concreto de cobrimento para classe de agressividade (classe II) como moderada e especifica a classe de concreto mínima de C25. Para o recebimento do concreto de cada concretagem foi feito o ensaio de abatimento de tronco de cone (slump), de acordo com a especificação da NBR NM 67:1998, tendo como resultado um abatimento de 12 cm. (Figura 5-a).

A cada concretagem foram moldados onze (11) corpos de prova cilíndricos de 10x20cm (Figura 5-b), a fim de determinar as propriedades mecânicas do concreto, sendo 7 para resistência à compressão axial aos 3, 7 e 35 dias, 2 para resistência a tração por compressão diametral aos 35 dias e 2 para módulo de elasticidade aos 35 dias. Não foram rompidos corpos de prova aos 28 dias, como estabelece a norma, pois preferiu-se romper na mesma idade dos ensaios das vigas, o que mostraria as propriedades mecânicas do concreto no momento do ensaio dos elementos estruturais.

Os procedimentos de moldagem dos corpos de prova foram feitos em duas camadas, a cura foi feita 24h em obra, e após este período em tanque de água,

onde permaneceram estocados até a ruptura, seguindo as recomendações da NBR 5728:2003.

Figura 5 – (a) Ensaio de abatimento; (b) Corpos de prova;



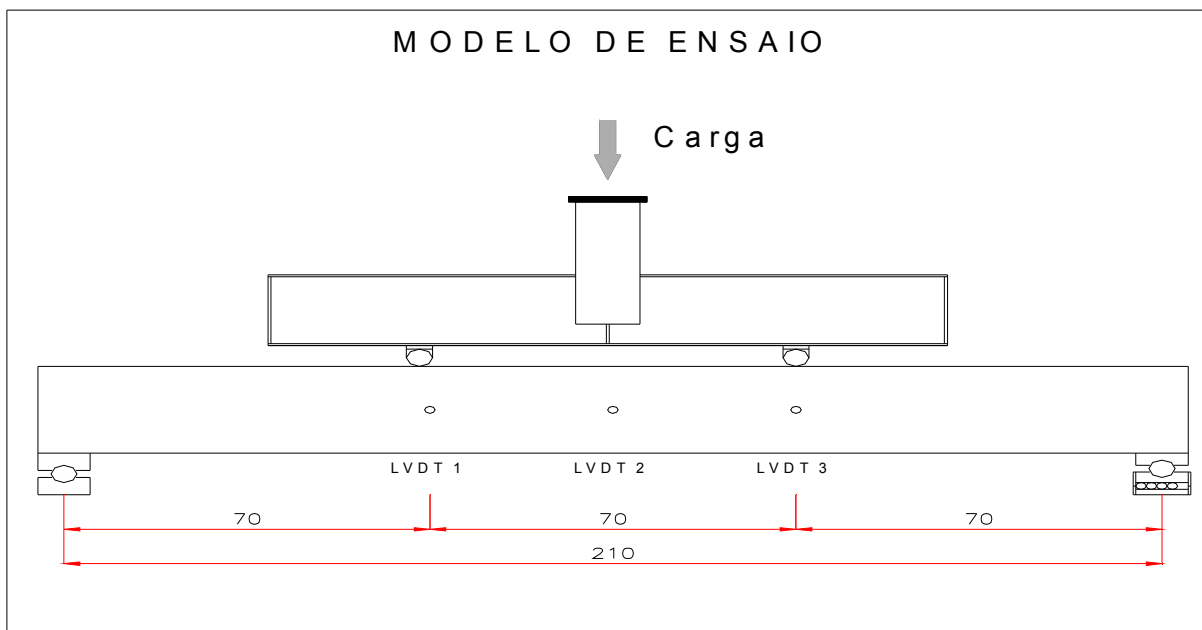
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Durante a concretagem das vigas, foram utilizados vibradores elétricos de imersão, para o adensamento do concreto, evitando nichos de concretagem “bicheiras”, conforme recomenda a NBR 14931:2004.

Após o término da concretagem das vigas, foi realizado um procedimento de cura, através da pulverização do agente de cura química com alto fator de eficiência Emcoril S, na face superior da viga, com o propósito de cumprir as recomendações da NBR 14931:2004.

Com 35 dias de idade as vigas foram submetidas ao ensaio à flexão a quatro pontos com as cargas aplicadas nos terços do vão teórico (Figura 6). O carregamento foi feito até a ruptura, sem pausas, ou repetições. Após a ruptura da peça, através dos resultados expresso pelo sistema de aquisição de dados, pôde-se obter a carga de serviço aplicada para um deslocamento máximo permitido pela NBR 6118:2007, que é calculado dividindo o vão teórico por 250, resultando um deslocamento de 8,4 mm.

Figura 6 – Modelo de ensaio.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Os ensaios foram realizados no Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) com uso de um pórtico metálico e um atuador hidráulico com capacidade de 500 kN.

Para todas as vigas repetiu-se o procedimento, incluindo-se três transdutores de deslocamento (LVDT) de 100 mm, posicionados um ao centro da viga, e os outros dois nos terços do vão teórico, proporcionando desta forma a observação do deslocamento máximo no centro, bem como o comportamento da viga como um todo, gerando sua linha elástica. (Figura 7).

Figura 7 – (a) LVDT; (b) LVDTs posicionados na viga.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram ensaiadas 12 vigas de concreto armado, com dimensões expressas nos detalhamentos. Efetuou-se o controle tecnológico, e os resultados que determinam as características mecânicas, foram obtidos através dos ensaios de resistência à compressão axial (NBR 5739:2007) com a utilização de neoprene para regularização, tração por compressão diametral (NBR 7222:2010) e módulo de elasticidade (NBR 8522:2008), esses resultados estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Controle tecnológico do concreto.

Ensaio	Resistência Compressão Axial (MPa)			Tração Por Compressão Diametral (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
Amostra	3 dias	7 dias	35 dias	35 dias	35 dias
1	23,9	30,8	46,9	5,1	39,2
	25,5	31,3	47,1	4,8	40,1
			46,1		
Desvio Padrão	1,13	0,35	0,53	0,21	0,64
2	34,6	39,0	54,0	4,8	44,3
	30,6	38,7	54,9	6,1	42,1
			53,4		
Desvio Padrão	2,83	0,21	0,75	0,92	1,56
3	30,8	34,1	51,2	4,7	40,9
	31,6	32,8	40,4	5,1	38,5
			49,9		
Desvio Padrão	0,57	0,92	5,90	0,28	1,70
4	24,7	37,7	58,0	5,9	43,2
	30,0	36,7	56,5	5,6	44,0
			55,0		
Desvio Padrão	3,75	0,71	1,50	0,21	0,57
Média	29,5	35,3	51,7	5,4	42,0

Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Conforme o posicionamento da armadura com relação a face inferior das vigas, estas foram divididas em três grupos (A, B e C), e separadas em 4 séries de ruptura conforme a moldagem das mesmas. Nas Tabelas 2 e 3 estão expressos os valores de cargas até o deslocamento vertical máximo estabelecido de norma $L/250$, e o carregamento até a ruptura do elemento.

Tabela 2– Carregamento no L/250 (kN)

Grupo	A	B	C
1	-	-	-
2	60,3	82,9	59,0
3	70,3	82,4	53,1
4	69,5	79,3	-
Média	66,7	81,5	56,1
Desvio Padrão	5,6	2,0	4,1

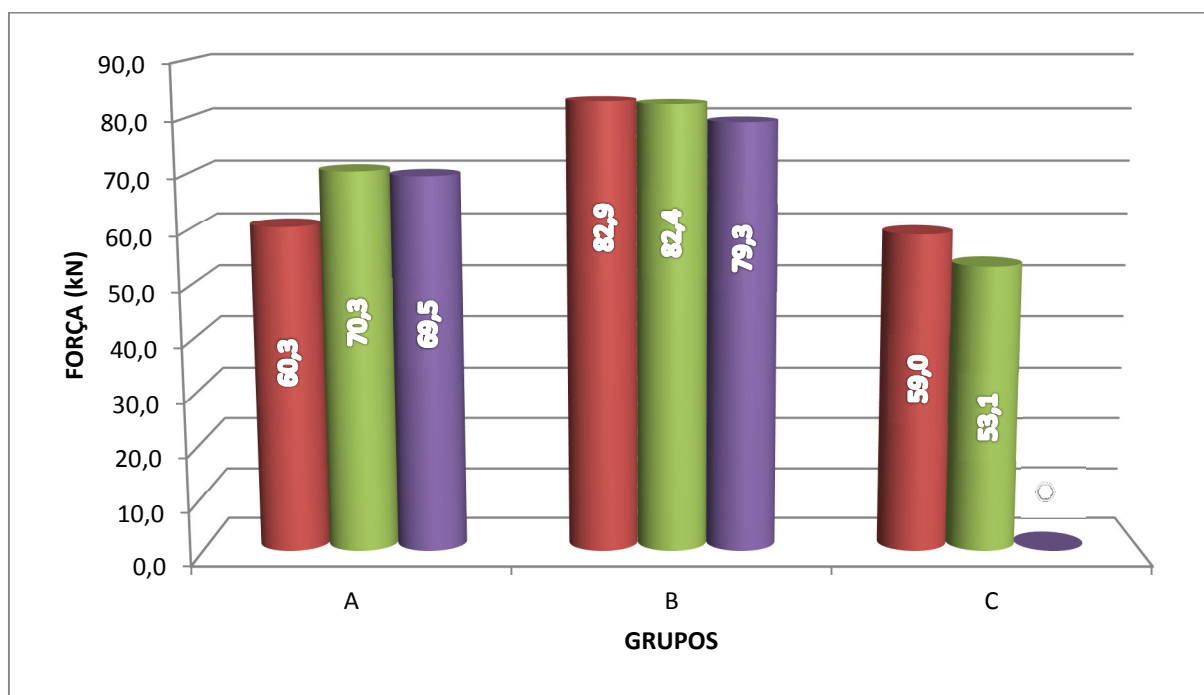
Tabela 3– Carregamento até a ruptura (kN)

Grupo	A	B	C
1	76,7	85,5	65,3
2	69,0	88,7	66,4
3	74,9	83,6	68,7
4	76,5	84,0	67,9
Média	74,3	85,4	67,1
Desvio Padrão	3,6	2,3	1,5

Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

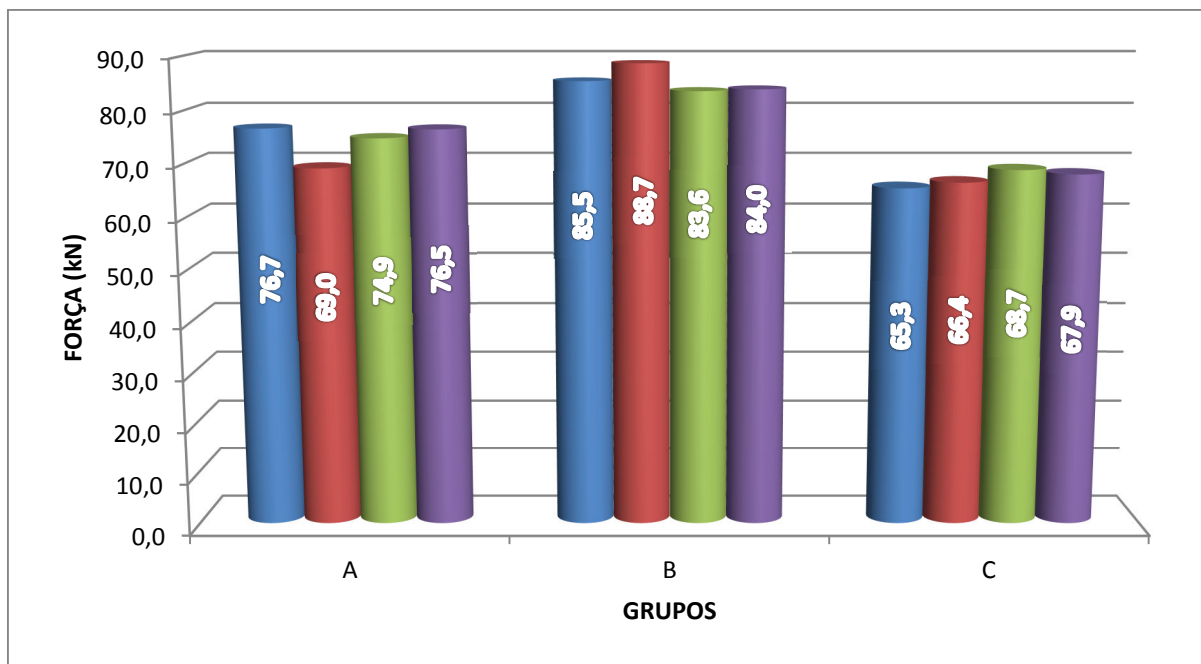
É possível constatar que a média do grupo B é maior do que a do grupo A, tanto no que se refere ao carregamento no L/250, quanto no carregamento até a ruptura, 22,19% e 14,94% respectivamente, por outro lado, a média do carregamento do grupo C apresentou uma redução considerável com relação ao grupo controle, ficando em 15,89% para o deslocamento de norma e 9,70% para o carregamento até a ruptura. Entre os grupos B e C é possível observar que a diferença é ainda maior chegando a 45,28% para o deslocamento admissível e 27,27% para o carregamento de ruptura do elemento. Estas diferenças nos carregamentos podem ser observadas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Carregamento no deslocamento L/250



* A viga 12 apresentou problemas de leitura do deslocamento devido ao deslizamento do LVDT.
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Figura 9 – Carregamento na ruptura.



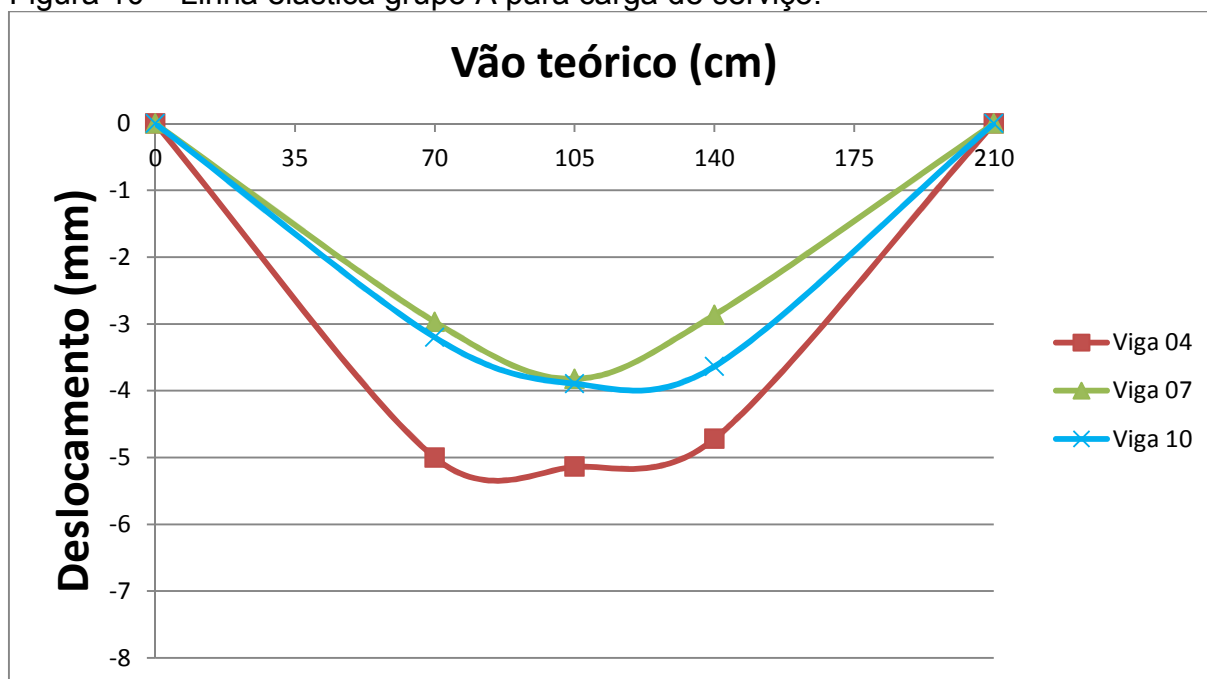
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Com relação ao deslocamento vertical das vigas, observa-se que cada grupo apresenta comportamentos diferentes, sendo que o grupo B apresentou melhores resultados, obtendo menores deslocamentos para o carregamento de serviço, já o grupo controle apresentou deslocamentos entre o grupo C e o grupo B, este último apresentou maiores deslocamentos que os demais para o mesmo carregamento, se mostrando menos eficiente também com relação ao deslocamento vertical. Fica evidenciado através dos gráficos mostrados nas Figuras 10, 11, 12 e 13, o comportamento dos três grupos, através de suas linhas elásticas, obtidas a partir da leitura dos LVDTs posicionados nos terços e no centro do vão teórico de cada viga, no momento da carga de serviço.

A carga de serviço foi obtida por meio do dimensionamento da viga definida como controle (grupo A), uma vez que os demais grupos simulam situações de erro de execução para uma mesma viga, desta forma a carga de serviço aplicada foi a mesma em todas as situações para melhor ilustrar possíveis consequências da má execução.

A primeira série, vigas V1, V2, e V3, foi considerada a série piloto, sendo medido apenas a carga na ruptura. Deste modo, os valores de deslocamentos não estão contemplados na tabela 2.

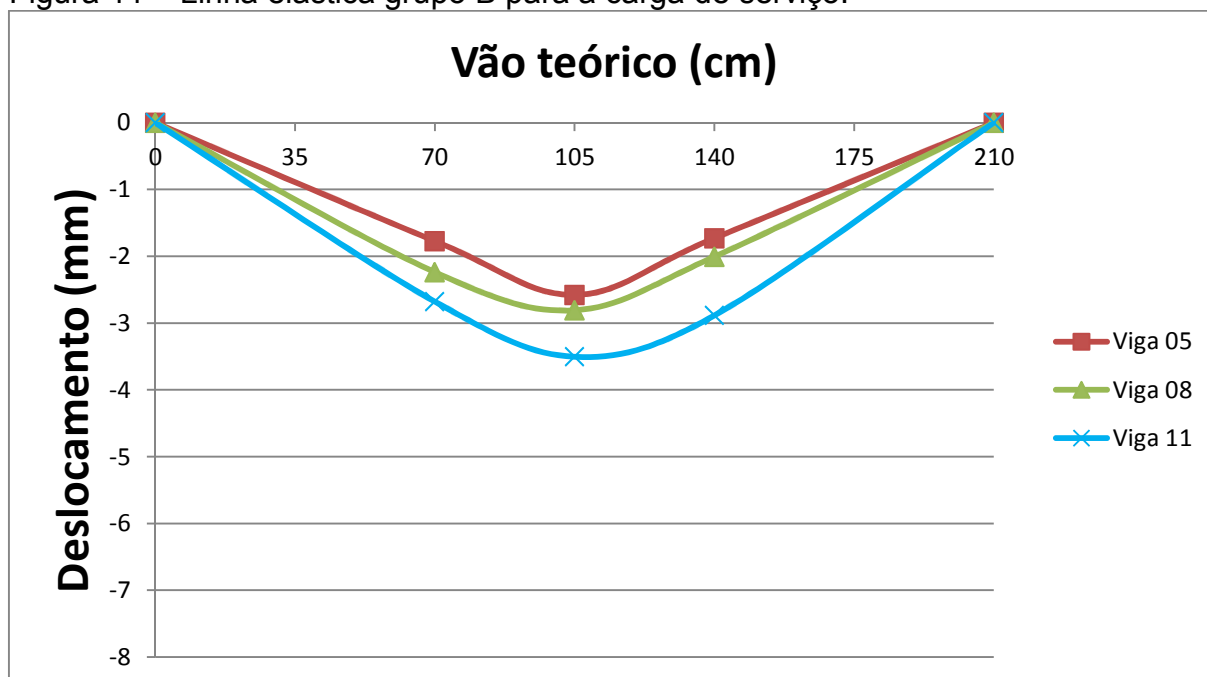
Figura 10 – Linha elástica grupo A para carga de serviço.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

É possível observar que os deslocamentos nos terços apresentam valores próximos entre si, com exceção da viga 10, já no carregamento central, apresentam valores superiores aos terços, este resultado é o esperado para este tipo de carregamento segundo MORAES (2013, p. 11).

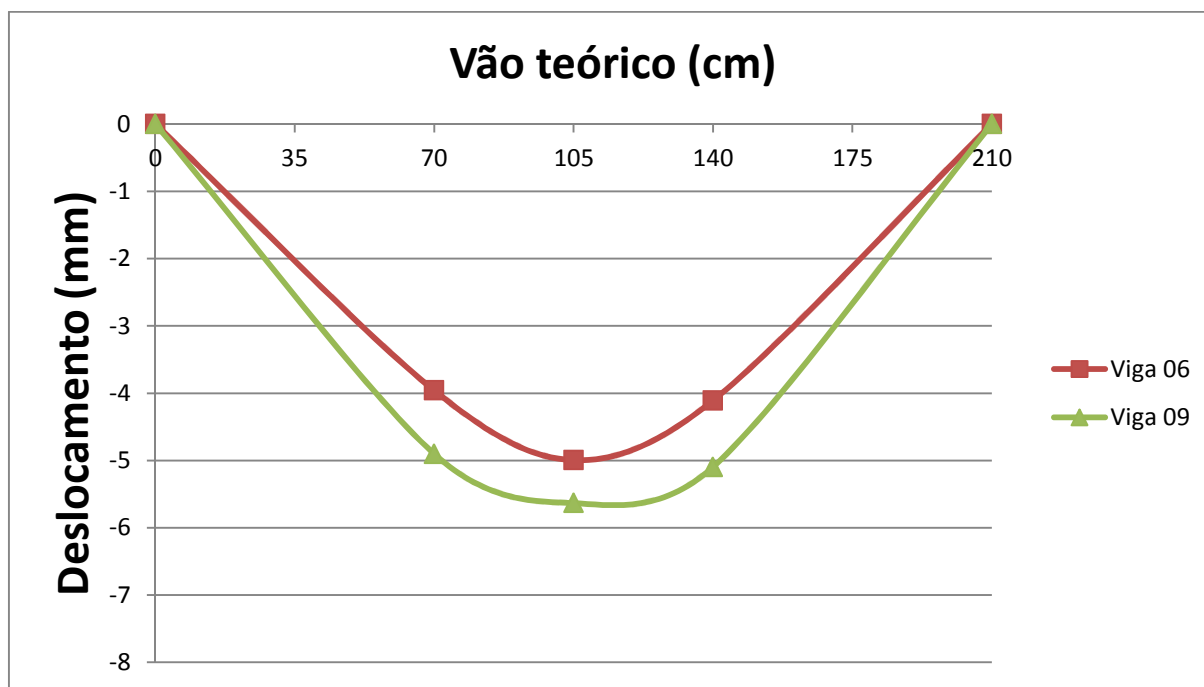
Figura 11 – Linha elástica grupo B para a carga de serviço.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

No grupo B nota-se uma redução dos deslocamentos de forma geral, tanto nos terços quanto no centro, apresentando 30,92% menos de deslocamentos centrais com relação a média do grupo controle. Mais uma vez os deslocamentos nos terços apresentam valores próximos entre si, e menores do que o deslocamento central.

Figura 12 – Linha elástica do grupo C para carga de serviço.



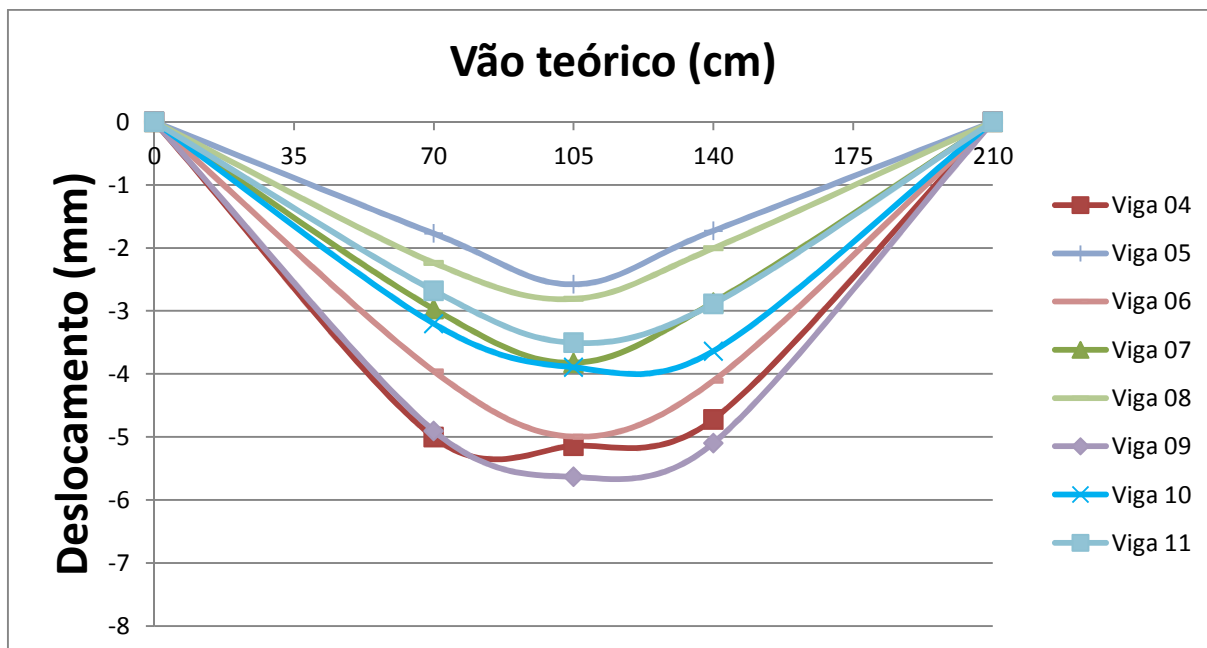
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

O grupo C quando comparado com os demais, foi o que apresentou maiores deslocamentos verticais, se comparado com o grupo controle, apresentou 22,92% de aumento com relação à média dos deslocamentos centrais, já comparado com o grupo B o aumento é ainda maior, chegando a 79,39% com relação à média dos deslocamentos centrais, o que representa um desempenho bem abaixo dos demais grupos.

Com relação ao comportamento dos deslocamentos, aconteceram de maneira uniforme, respeitando os deslocamentos esperados, valores próximos entre si nos terços, e maiores no centro.

Devido a um problema de deslocamento do LVDT central da viga 12, a linha elástica da mesma não pode ser construída e portanto não consta nos gráficos.

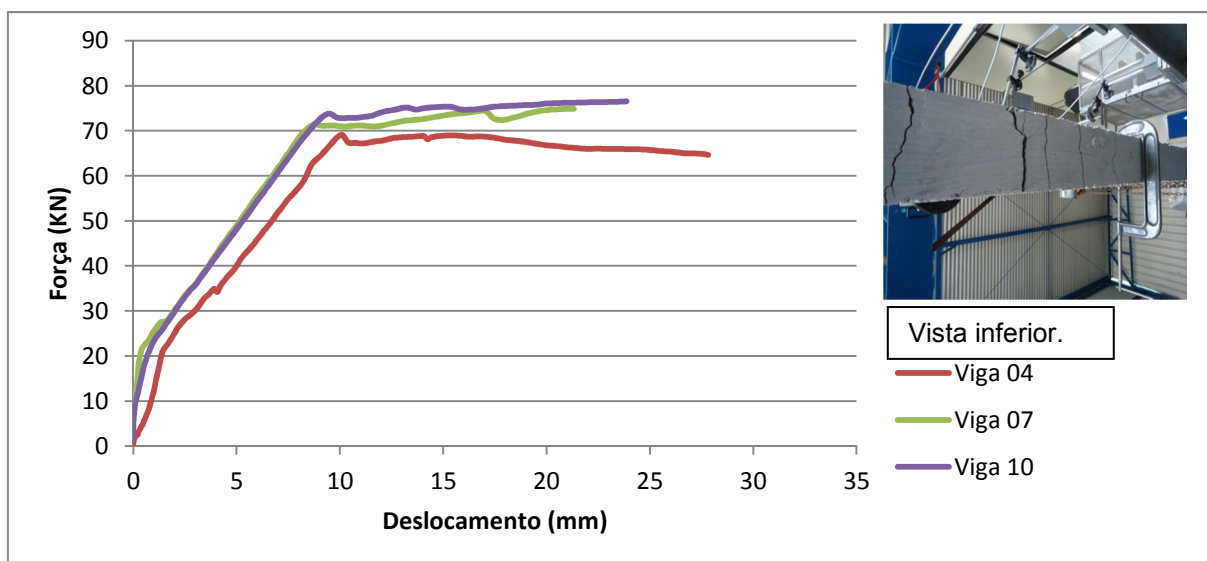
Figura 13 – Linha elástica dos grupos para carga de serviço.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Nas próximas figuras, estão expressos os gráficos com o deslocamento central em relação ao carregamento aplicado até a ruptura do elemento, bem como as fotos das fissuras geradas na face inferior das vigas. As Figuras 14, 15 e 16 demonstram o comportamento dos grupos A, B e C respectivamente, e a Figura 17 mostra todos os gráficos para melhor comparação entre os grupos.

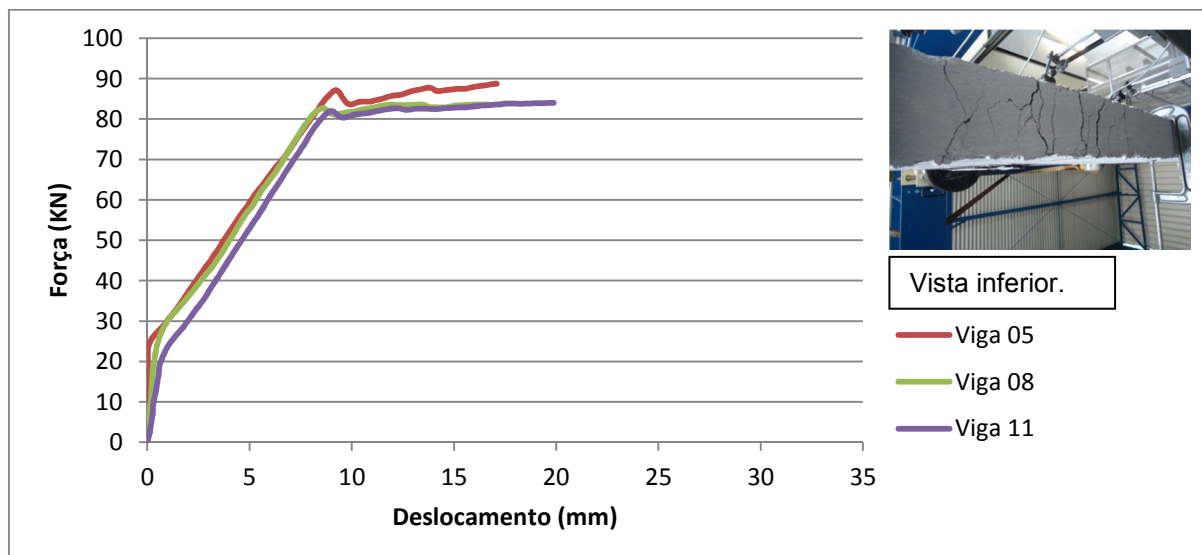
Figura 14 – Curva Força x Deslocamento e Modo de Ruptura grupo A.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Conforme esperado para este tipo de ensaio, após o carregamento do grupo A, surgiram fissuras perpendiculares à viga, próximas ao centro do vão teórico, as fissuras apresentaram-se paralelas umas as outras.

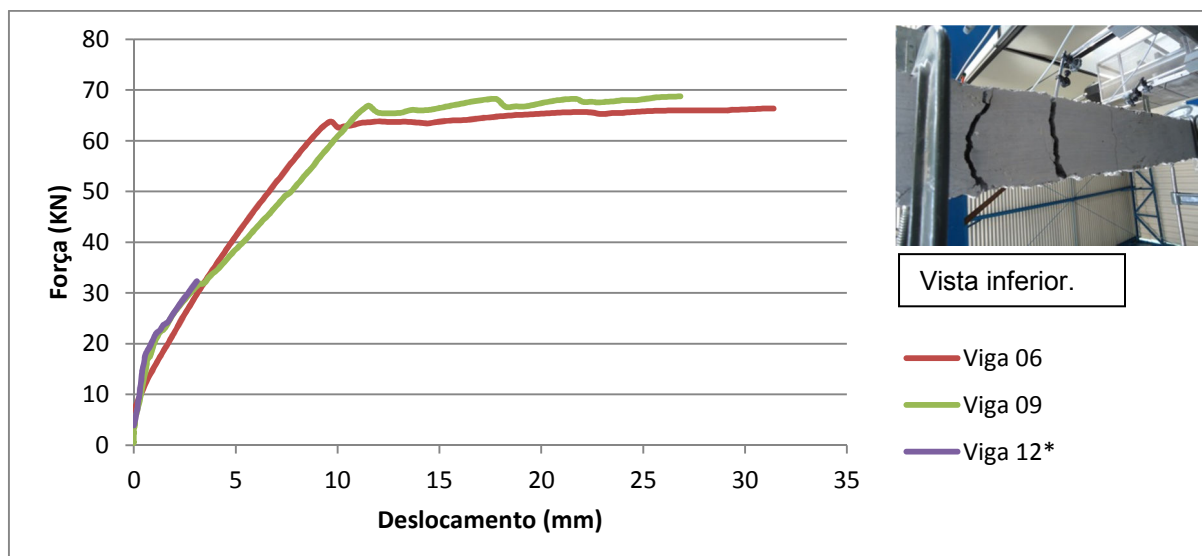
Figura 15 – Curva Força x Deslocamentos e Modo de Ruptura do grupo B.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

O grupo B apresentou fissuras de forma aleatória na região central do elemento, com fissuras tanto perpendiculares, quanto inclinadas com relação à viga, demonstrando desta forma falha de aderência entre o aço e o concreto.

Figura 16 – Curva Força x Deslocamentos e Modo de Ruptura do Grupo C.

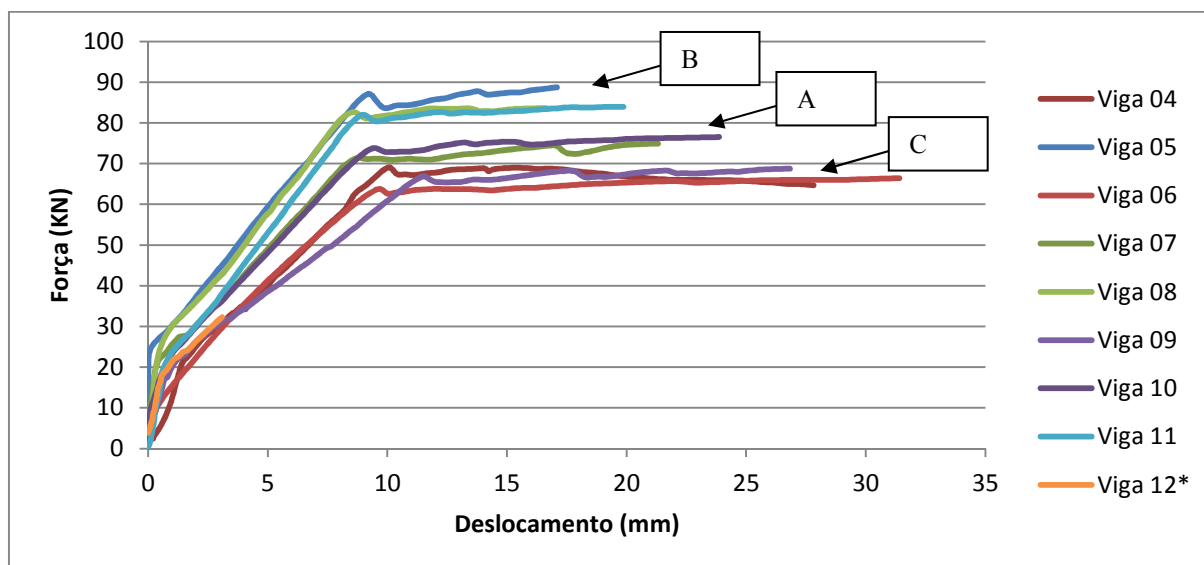


* A viga 12 apresentou problemas de leitura do deslocamento devido ao deslizamento do LVDT.

Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Já no grupo C, pôde ser observado um padrão de fissuras totalmente distinto dos demais, poucas fissuras se comparado com o grupo B, e apesar destas estarem paralelas a viga, apresentam-se visualmente maiores em comparação com o grupo controle.

Figura 17 – Curva Força x Deslocamento até a Ruptura.



* A viga 12 apresentou problemas de leitura do deslocamento devido ao deslizamento do LVDT.
Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

4. CONCLUSÕES

Após a execução dos ensaios propostos nas vigas, e tendo como referências os resultados expressos neste estudo, é possível observar comportamentos distintos entre os grupos, lembrando que o grupo A representa a boa execução de espaçadores, e os grupos B e C representam erros de execução.

Com relação ao grupo B constata-se que houve uma melhora em algumas características do elemento estrutural, como menor deslocamento vertical para carga de serviço e maior resistência à carga de ruptura, ou seja, maior rigidez quando comparado ao grupo controle. Por outro lado notou-se maior número de fissuras na face inferior que indicou falha da aderência aço-concreto por falta de cobrimento necessário para transferir os esforços cisalhantes de aderência.

O grupo C se comportou de forma totalmente contrária ao grupo B, com grandes perdas nas suas principais características, menor resistência à carga de ruptura,

maior deslocamento vertical quando solicitado a carga de serviço, e fissuração na face inferior visualmente mais profundas.

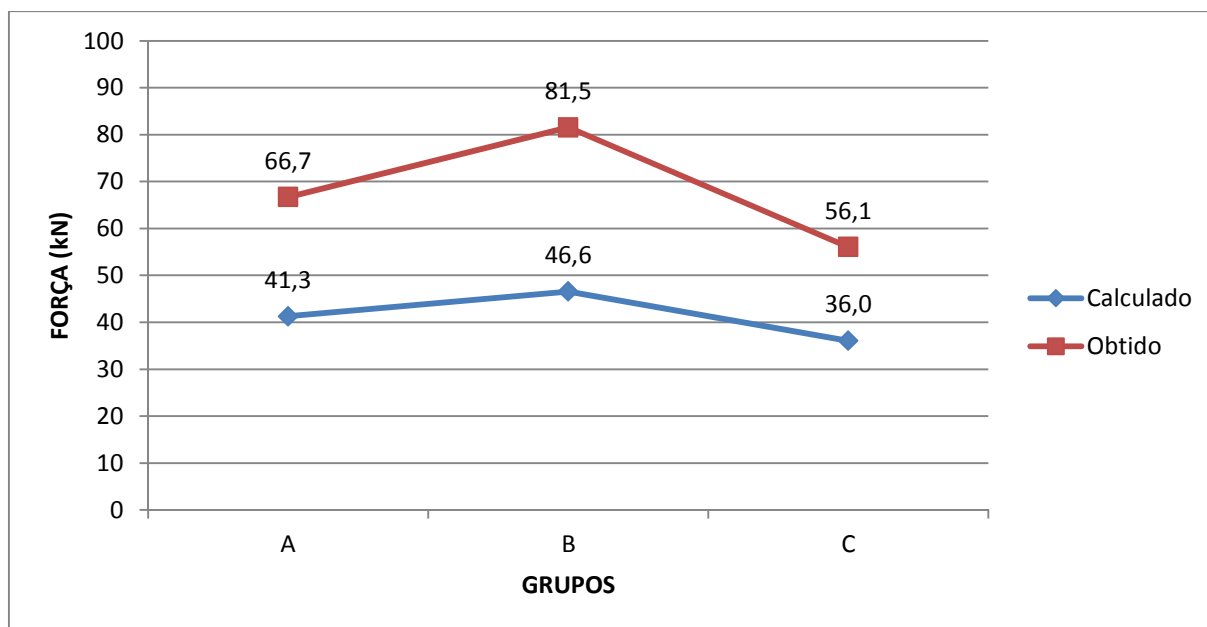
Fazendo uma retroanálise das vigas, e redimensionando as mesmas considerando o erro de execução, ou seja, a mudança da altura útil “d”. Observamos que o comportamento das mesmas com relação à resistência no carregamento de serviço ficou dentro do esperado, maior resistência para o grupo B e menor resistência no grupo C com relação ao grupo controle, que ficam melhores expressos na Tabela 4 e Figura 18.

Tabela 4: Carregamento de Serviço (kN).

Grupo	A	B	C
Calculado	41,3	46,6	36,0
Obtido	66,7	81,5	56,1
Desvio Padrão	18,0	24,7	14,2

Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Figura 18: Carregamento de Serviço.



Fonte: João Pedro Lopes Daitx.

Dessa forma foi visto que o comportamento do grupo B foi o que obteve o melhor desempenho entre os grupos que representavam erros de execução. Lembrando ainda que ambos os grupos representam erros de falta de cobertura, no grupo B na face inferior e no grupo C na face superior, gerando ainda a necessidade de

estudo sobre o impacto desta falha com relação à durabilidade da estrutura. Portanto as conclusões aqui apresentadas vem reforçar que as recomendações de norma devem ser rigorosamente seguidas na execução do projeto estrutural, podendo erros de cobrimento gerarem grandes problemas futuros de desempenho do concreto armado.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738: Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739: Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7222: Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8522: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. Rio de Janeiro, 2008.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Concreto Armado Segundo a NBR 6118:2003**, 3ª. Ed. São Carlos: Ed. Edufscar, 2012.

MORAES, Ricardo Januário. **Avaliação experimental de vigas de concreto armado submetidas à flexão com diferentes sistemas de transpasse na armadura principal**. UNESC (2013/02) 1 – 17.