

ANÁLISE COMPARATIVA DA CAPACIDADE PORTANTE DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE TRASPASSE NA ARMADURA DE FLEXÃO

Pedro Lino Machado Júnior (1), Bruno do Vale Silva (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) *pedrom_jaka@hotmail.com*, (2) *dovalesilva@unesc.net*

RESUMO

Frequentemente é preciso emendar barras de aço, seja pela necessidade de um comprimento maior que 12 metros (tamanho máximo de barras comerciais) ou para aproveitar sobras e recortes. Com isso, se torna obrigatória a emenda de barras, sendo a mais comum a emenda por traspasse, devido a sua facilidade de execução. Diante disso, optou-se pelo estudo de sete (7) vigas de concreto armado com seção transversal de 15 x 25 cm e comprimento de 315 cm submetidas a flexão com diferentes comprimentos de traspasse na região tracionada, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm e 90 cm, com objetivo de reduzir o tamanho do traspasse em relação ao proposto pela norma utilizando valores de tensão de aderência experimentais. Foram analisados a linha elástica, carga de serviço e a carga de ruptura a fim de obter um coeficiente de redução. Como resultado observa-se que com 70 cm de traspasse, correspondente a 30,56% menor que o recomendado pela norma para \varnothing 12,5 mm obteve-se um comportamento constante de carga de ruptura e fissuração.

Palavras chaves: Aderência aço-concreto, vigas de concreto armado, traspasse em vigas.

1 INTRODUÇÃO

O concreto possui uma boa resistência à compressão, porém sua resistência à tração é baixa (cerca de 10% da resistência à compressão para concretos convencionais). Contudo, é imperiosa a necessidade de aliar ao concreto um material com alta resistência a tração, sendo mais comum a utilização de barras de aço, colocadas na posição longitudinal da região tracionada. (FUSCO, 1995)

A existência do concreto armado decorre essencialmente da solidariedade entre o concreto e o aço. (SILVA, 2013). Essa solidariedade entre os materiais impede que haja escorregamento entre a armadura e o concreto devido à existência da aderência e permite o arranjo monolítico das estruturas de concreto armado. (FUSCO, 1995; SILVA, 2010).

Em suma concreto armado é uma associação entre o concreto simples e armadura colocada, de tal modo que ambos resistam aos esforços solicitantes. (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2013; SILVA, 2014).

Para o dimensionamento de um elemento estrutural de concreto armado é necessário o levantamento das ações, cálculos das solicitações, conhecimento das características mecânicas do aço e do concreto, deslocamentos máximos permitidos por norma, dentre outros. Basicamente o dimensionamento fica correlacionado ao cálculo da quantidade de barras de aço que compõem as armaduras necessária para conferir estabilidade ao elemento estrutural.

As barras de aço nervuradas (vergalhões) apresentam usualmente o comprimento de 12 metros. Em algumas circunstâncias ocorre a necessidade da utilização de comprimentos de barras superiores a este valor, fato que implica na utilização de emendas. Segundo a NBR 6118:2014, “as emendas podem ser: por traspasse, por luvas com preenchimento metálico, rosqueadas ou prensadas, por solda, e por outros dispositivos devidamente justificados”. Entretanto a emenda por traspasse é a mais utilizada devido a facilidade de execução. Quando há a necessidade de emendar várias barras há um limite para a quantidade de emendas na mesma seção de 50%. De acordo com a NBR 6118:2014, “consideram-se como na mesma seção transversal as emendas que se sobrepõe ou cujas extremidades mais próximas estejam afastadas de menos que 20% do comprimento de trecho de traspasse.”

Assim este estudo tem como objetivo avaliar experimentalmente o comportamento de sete (7) vigas de concreto armado com seção transversal de 15 x 25 cm e comprimento de 315 cm com diferentes comprimentos de traspasse: 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, comparando com os resultados de Marcon (2014) no intervalo de 21 cm de traspasse, calculado através da tensão de aderência aço-concreto obtida experimentalmente, e 95 cm de traspasse, calculado de acordo com a NBR 6118:2014. Todas as vigas serão submetidas ao ensaio de flexão à quatro pontos para análise da linha elástica decorrente da carga de serviço, determinação da carga até o deslocamento vertical limite de acordo com a NBR 6118:2014 e também a carga até a ruptura das vigas, afim de obter um coeficiente de redução para o cálculo do traspasse utilizando valores de tensão de aderência experimentais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

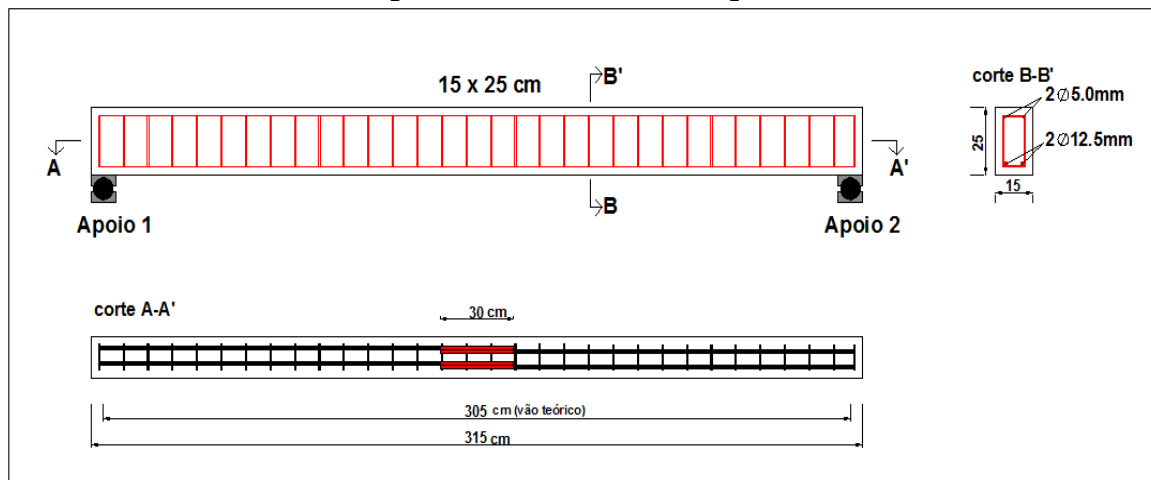
Para o estudo do comportamento das vigas de concreto armado submetidas a esforços de flexão com diferentes tipos de traspasse na armadura tracionada, foram confeccionadas sete (7) vigas com 315 centímetros de comprimento (vão teórico de 305 cm), com seção transversal de 15 x 25 cm, utilizando \varnothing 12.5 mm na armadura de flexão e \varnothing 5.0 mm para armadura de cisalhamento. Foram confeccionados ainda seis corpos de prova cúbicos (20 cm) para os ensaios de aderência aço-concreto divididos em dois métodos: primeiro o Pull-out, seguindo as recomendações da RILEM RC6:1983 e o segundo o Push-in que também seguiu os mesmos parâmetros do pull-out, por não possuir norma própria.

Para as fôrmas das vigas foram utilizadas chapas de compensado naval de 14 mm para garantir a estanqueidade do concreto. Para o dimensionamento dos estribos, foi utilizado o modelo de cálculo 1 da NBR 6118:2014, adotando-se ângulos de inclinação dos estribos de 90 graus e ângulos de inclinação das bielas de compressão de 45 graus. Para todas as vigas estudadas os estribos foram espaçados a cada 10 cm.

Para o traspasse foram utilizados os comprimentos de: 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm. O comprimento de ancoragem em todos os casos foi multiplicado por 2 devido as emendas estarem na mesma seção transversal na face tracionada.

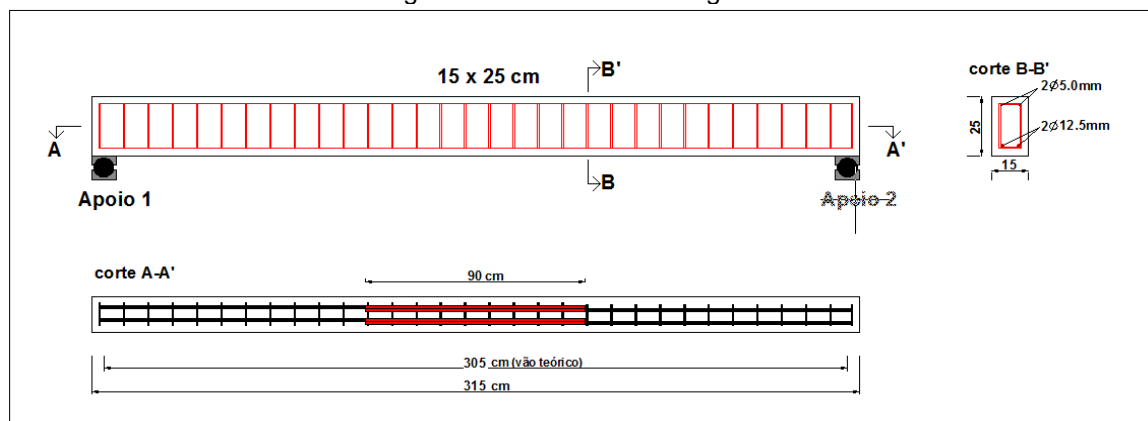
Desta forma, segue o detalhamento da viga de menor traspasse (traspasse de 30 cm) e a viga de maior traspasse (traspasse de 90 cm), variando de 10 cm em 10 cm, conforme as Figuras 01 e 02.

Figura 01: Detalhamento da Viga 30.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

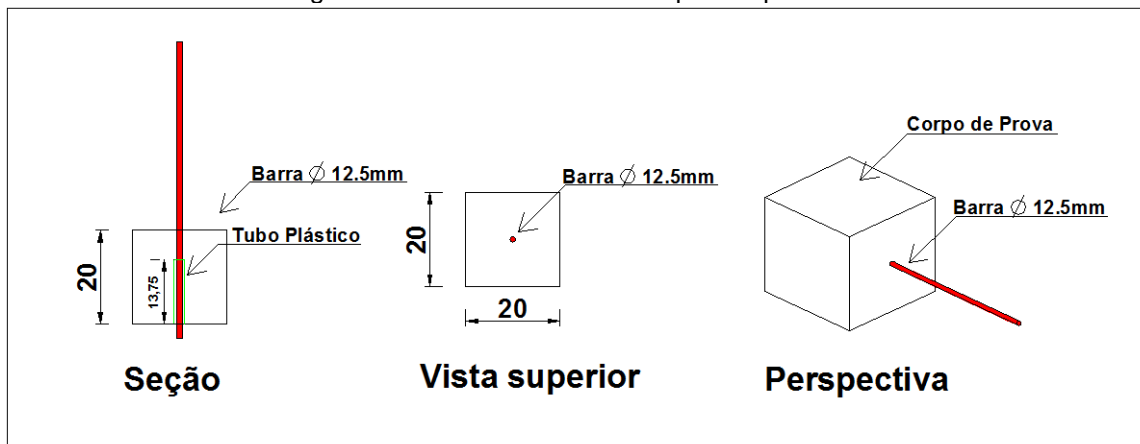
Figura 02: Detalhamento Viga 90.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

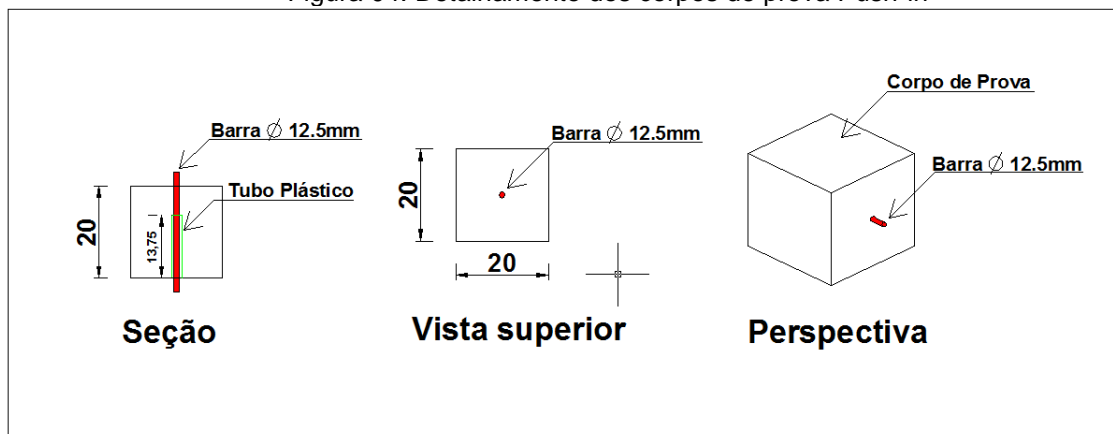
Para os ensaios de aderência aço-concreto foram fabricados seis corpos de prova, divididos em dois ensaios: Ensaio de Pull-out (CP1, CP2, CP3), conforme o detalhamento dos corpos de prova da Figura 03 e o ensaio de Push-in, (CP4, CP5, CP3), conforme o detalhamento dos corpos de prova da Figura 04. Ambos para avaliar a aderência entre o aço e o concreto.

Figura 03: Detalhamento dos corpos de prova Pull-out



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Figura 04: Detalhamento dos corpos de prova Push-in



Fonte:

Pedro Lino Machado Júnior

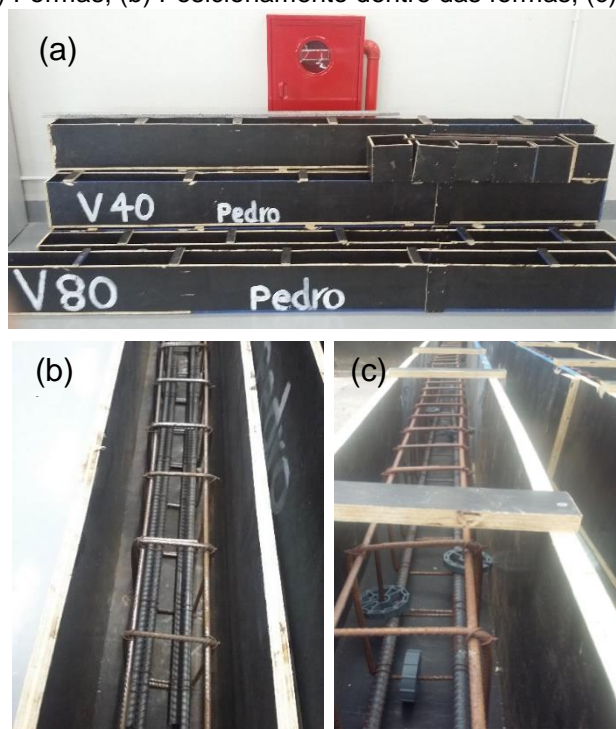
Com os cálculos de dimensionamento e detalhamento das vigas, foi realizado a fabricação das formas (Figura 05-a), bem como os corte das barras de aço para a montagem da armadura das vigas. As barras de aço com ϕ 5.0 mm utilizadas como estribos foram dobradas com pinos conforme especificado na NBR 6118:2014.

A montagem das armaduras foi realizada de acordo com os procedimentos estabelecidos pela NBR 14931:2004. Para a montagem utilizou-se arame recozido número 18, mantendo os espaçamento entre estribos e entre as barras conforme o detalhamento da vigas visto anteriormente na Figura 01 e 02.

Após a montagem das armaduras, foram posicionadas dentro das formas (Figura 05-b) e levadas para o Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) da UNESC/Iparque. Os espaçadores foram colocados ao longo da viga (Figura 05-c)

com a finalidade de garantir um correto posicionamento e cobrimento das armaduras. Conforme NBR 6118:2014, a classe de agressividade adotada foi a Classe II (moderada), que especifica um cobrimento mínimo de 30 mm.

Figura 05: (a) Formas; (b) Posicionamento dentro das formas; (c) Espaçadores;



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Na concretagem foi utilizado concreto usinado. No recebimento do concreto foram moldados os corpos de prova e realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) conforme descrito na NBR NM 67:1998 (Figura 06), obtendo um abatimento de 11 cm.

Figura 6: Ensaio de abatimento (*slump test*)



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Em seguida foram moldados nove (9) corpos de prova cilíndricos de \varnothing 10 cm e altura de 20 cm, com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas do concreto, resistência à compressão axial, compressão diametral e módulo de elasticidade. Foram ainda moldados os 6 corpos de provas cúbicos de 20 cm para avaliar a aderência aço-concreto. A moldagem, cura e estocagem dos corpos de prova seguiram as recomendações da NBR 5738:2015.

Para o adensamento do concreto nas vigas utilizou-se o vibrador de imersão (Figura 07-a), e após a concretagem das vigas (Figura 07-b), foi realizada a cura com aspersão de água, seguindo as recomendações da NBR 14931:2004. E aos sete (7) dias pós concretagem foi feita a desforma das vigas (Figura 07-c) conforme NBR 6118:2014.

Figura 07: (a) Concretagem utilizando vibrador de imersão; (b) Vigas concretadas; (c)

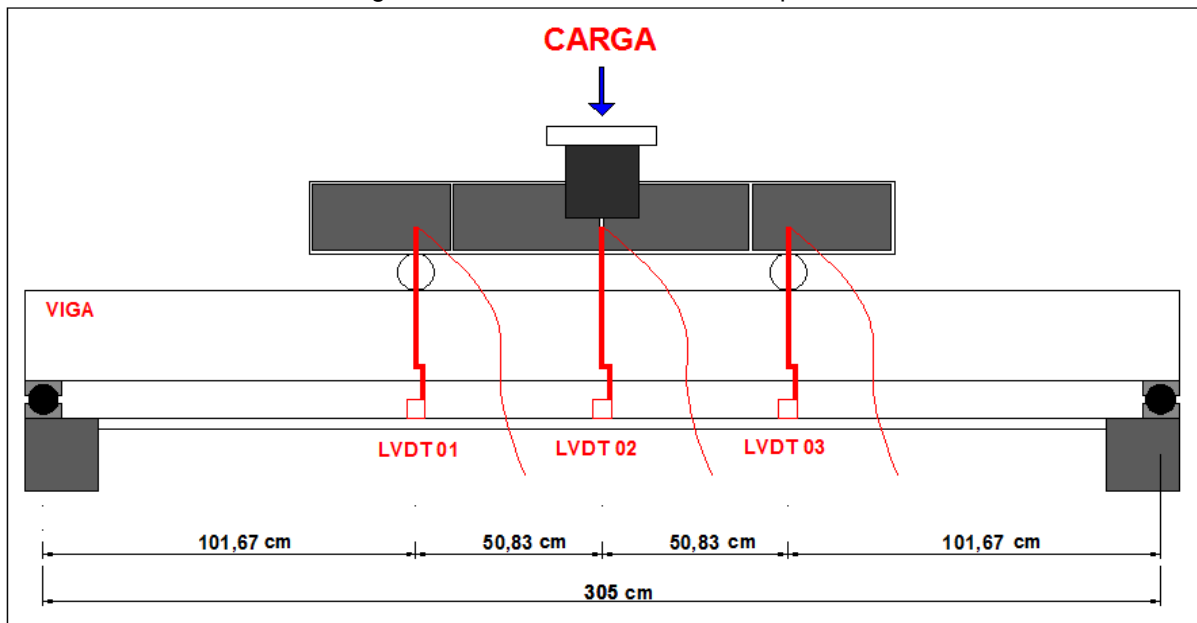


Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Aos 14 dias após a concretagem foi realizado o ensaio de flexão a quatro pontos conforme o detalhamento da (Figura 08), sendo as vigas carregadas até o

deslocamento vertical máximo de serviço permitido pela NBR 6118:2014, obtido a partir da divisão do vão teórico da viga por 250 ($L/250$), resultando assim em um deslocamento máximo de 1,22 cm. Em seguida as vigas foram carregadas até a carga de ruptura.

Figura 08: Detalhamento ensaio a 4 pontos



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

O ensaio foi realizado no Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) da UNESC/Iparque, em um pórtico com cilindro hidráulico com célula de carga (U10M) com capacidade de leitura de 500 kN (Figura 09). Todas as vigas foram aparelhadas em seus terços médios e no centro do vão teórico, três transdutores de deslocamento (LVDT) com curso de leitura de 100 mm, permitindo assim observar o deslocamento máximo da viga conforme demonstra a Figura 09.

Figura 09: cilindro hidráulico e LVDT's posicionados na viga



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Também aos 14 dias, foi realizado os ensaios dos corpos de provas cúbicos (Figura 10) para analisar a tensão de aderência entre o aço e o concreto.

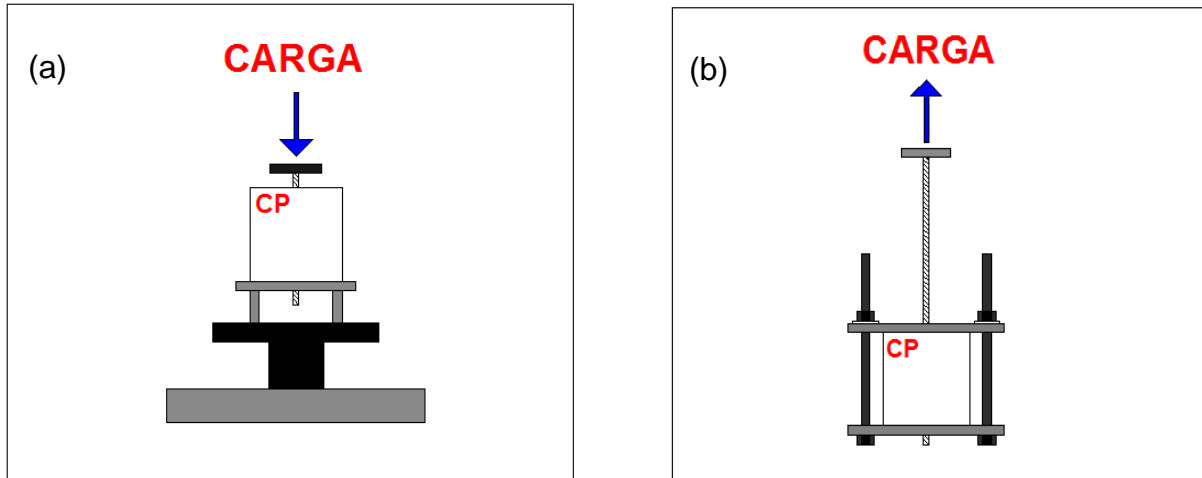
Figura 10: Corpos de prova de aderência



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Para os ensaios foram utilizado uma prensa hidráulica com capacidade de leitura de 2000 kN segundo o esquema da Figura 11-a e 11-b. Seguindo as recomendações da RILEM RC6:1983.

Figura 11: (a) Modelo de ensaio Push-in; (b) Modelo de ensaio Pull-out



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Para os cálculos de verificação da tensão de aderência de acordo com a NBR 6118:2014 utilizou-se a Equação 01. Para o cálculo da resistência de tração de cálculo utilizou-se a Equação 02.

$$f_{bd} = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot f_{ctd} \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

$n_1 = 2,25$ (CA-50 para barra usual, nervurada, de alta resistência);

$n_2 = 1,0$ (situação de boa aderência);

$n_3 = 1,0$ ($\varnothing = 12,5 \text{ mm} < 32 \text{ mm}$);

f_{ctd} = Tensão última de aderência, obtido na Equação 02.

$$f_{ctd} = \frac{0,21 \cdot \sqrt{f_{ck}^2}}{1,4} \quad \text{Equação 02}$$

Para o cálculo da tensão máxima de aderência experimental utilizou-se a Equação 03.

$$\tau_{b\text{máx}} = \frac{F_{\text{máx}}}{\pi \cdot D \cdot L} \quad \text{Equação 03}$$

Onde:

$F_{m\acute{a}x}$ → Carga (N);

D → Diâmetro da barra de aço (mm);

L → Comprimento da barra em (mm).

Para o cálculo do comprimento de ancoragem necessário de acordo com a NBR 6118:2014 utilizou-se a Equação 04 e a Equação 5 para o cálculo do comprimento de ancoragem básico.

$$l_{b_{nsc}} = \left(\alpha_1 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s_{cal}}}{A_{s_{ef}}} \right) \cdot 2 \quad \text{Equação 04}$$

Onde:

α_1 → 1,0 (ancoragem sem gancho);

l_b → Comprimento de ancoragem (cm), obtido na Equação 05;

$A_{s_{cal}}$ → Área de aço calculada (cm²);

$A_{s_{ef}}$ → Área de aço efetiva (cm²);

2 → Coeficiente utilizados para emendas na mesma seção.

$$l_b = \frac{\emptyset \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad \text{Equação 05}$$

Onde:

\emptyset → Diâmetro da barra (mm);

f_{yd} → Resistência de cálculo ao escoamento do aço (MPa);

f_{bd} → tensão última de aderência de cálculo (MPa).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO.

Os ensaios das vigas foram feitos aos 14 dias bem como os ensaios de aderência aço-concreto (Push-in e Pull-out), cujo os resultados obtidos a partir dos

carregamentos estão listados na Tabela 01, os ensaios de controle do concreto (compressão axial, compressão diametral e módulo de elasticidade) estão listados na Tabela 02 também ensaiados aos 14 dias.

Tabela 1: Carga e tensão nos ensaios de aderência.

PUSH-IN			PULL-OUT		
Amostra	Carga máx (kN)	τ_b máx (MPa)	Amostra	Carga máx (kN)	τ_b máx (MPa)
CP 01	34,4	14,04	CP 04	38,73	15,81
CP 02	41,9	17,10	CP 05	25,66	10,47
CP 03	55,4	22,61	CP 06	42,13	17,20
Média	43,9	17,92	Média	35,51	14,49
D. Padrão	10,64	4,34	D. Padrão	8,70	3,55

Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Para verificar se os valores de tensão máxima de aderência obtidos pelos ensaios *push-in* e *pull-out* são diferentes aplicou-se uma análise estatística de variância (ANOVA) com nível de confiança de 95%, ou seja para um fator ser significativo deve-se obter $p_{value} \leq 0,05$. A Figura 12 ilustra os resultados obtidos na ANOVA para a variável resposta tensão máxima de aderência, onde pode-se observar que os dois ensaios geram resultados estatisticamente iguais, com $p_{value} = 0,35$.

Figura 12: Análise ANOVA para os resultados de tensão máxima de aderência.

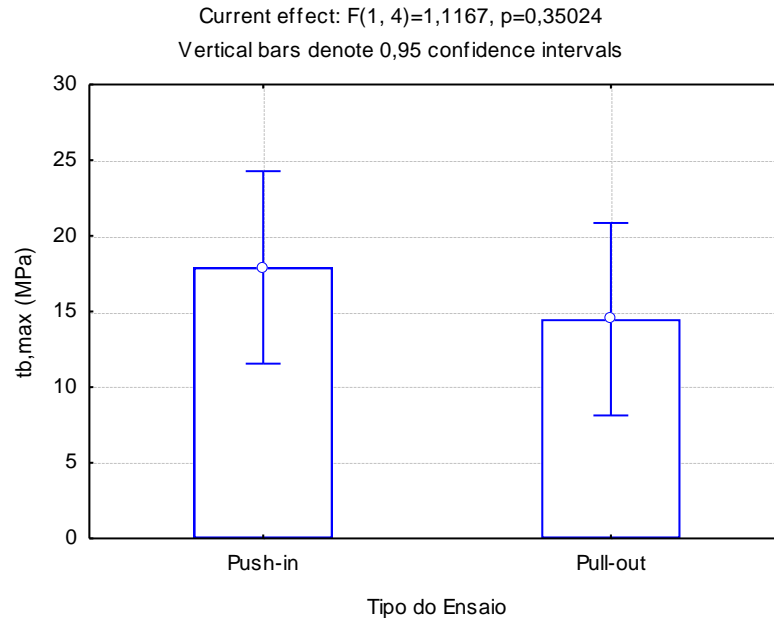


Tabela 2: Controle tecnológico do concreto.

Amostra	Resistência à Compressão Axial (MPa) - 14 dias	Tração por Compressão Diametral (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
CP 1	23,00	3,64	30,99
CP 2	20,80	2,95	33,26
CP 3	23,80	3,18	32,57
Média	22,57	2,95	32,27
Desvio Padrão	1,55	2,08	1,16

Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Por meio dos valores listados na Tabela 02, a tensão de aderência aço-concreto de cálculo obtida através da Equação 01 foi de 2,695 MPa, 6 vezes menor que o valor obtido experimentalmente por meio da Equação 03 de 16,170 MPa de acordo com os dados da Tabela 01, o valor experimental foi obtido considerando a média entre os valores dos dois ensaios. A Equação 06, apresenta a relação entre a tensão máxima de aderência experimental e a tensão de cálculo.

$$f_{bd} = \frac{\tau_{b\text{máx}}}{6}$$

Equação 06

3.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLEXÃO NAS VIGAS DE CONCRETO ARMADO.

Na Tabela 03 são apresentados os valores de carregamentos obtidos no deslocamento vertical máximo permitido pela NBR 6118:2014, e na ruptura das vigas para os diferentes tipos de traspasse.

Tabela 3: Carregamento no L/250 (kN) e na ruptura (kN)

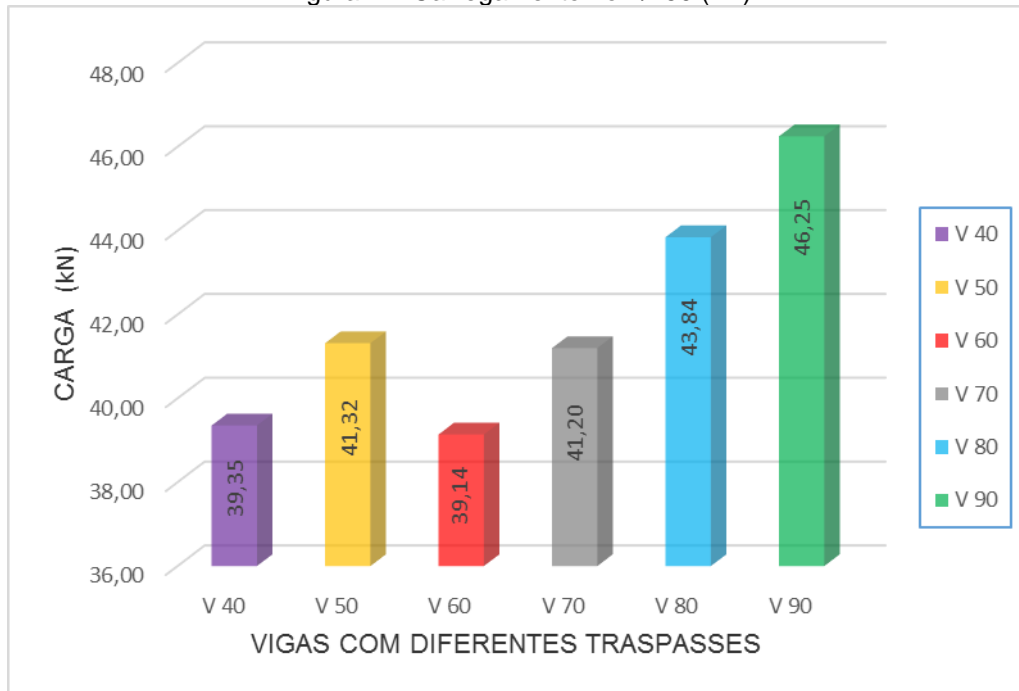
Amostra	L/250	Ruptura
V 30	-	25,10
V 40	39,35	39,55
V 50	41,32	48,86
V 60	39,14	50,24
V 70	41,20	52,20
V 80	43,84	53,54
V 90	46,25	53,70

Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Nota-se quanto ao carregamento na ruptura das vigas que há uma tendência a uma carga constante a partir da viga com 70 cm de traspasse com 2,50% menor que a viga de 80 cm de traspasse, chegando na relação 80 cm para 90 cm de traspasse de 0,29%. Fato que demonstra que a carga de ruptura praticamente se manteve constante após 70 cm de traspasse. Já no carregamento L/250 observa-se que a viga com 30 cm de traspasse chegou a ruptura antes mesmo de atingir o deslocamento L/250, devido à falta de aderência aço-concreto na região da emenda por traspasse.

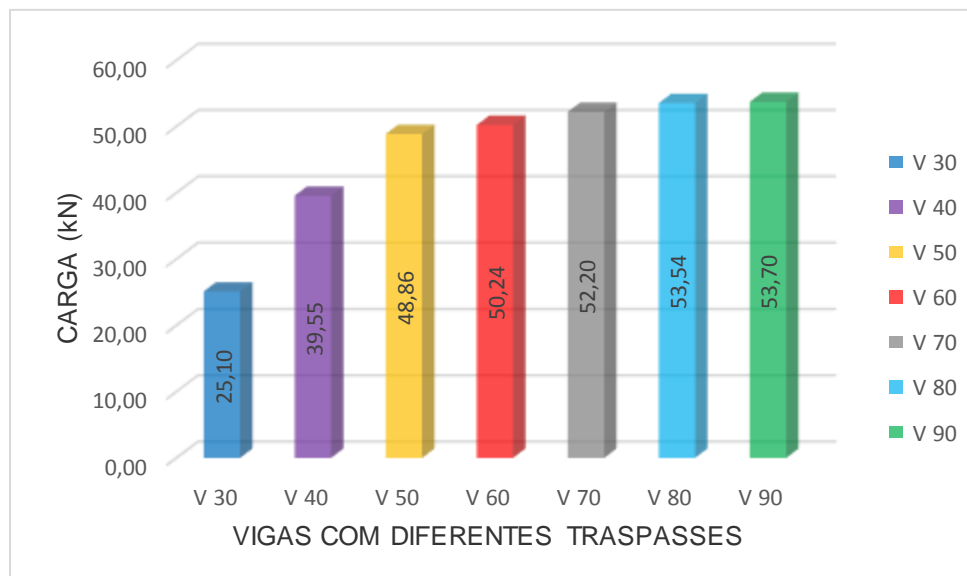
As figuras 12 e 13 ilustram os carregamentos no L/250 e na ruptura respectivamente.

Figura 12: Carregamento no L/250 (kN)



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

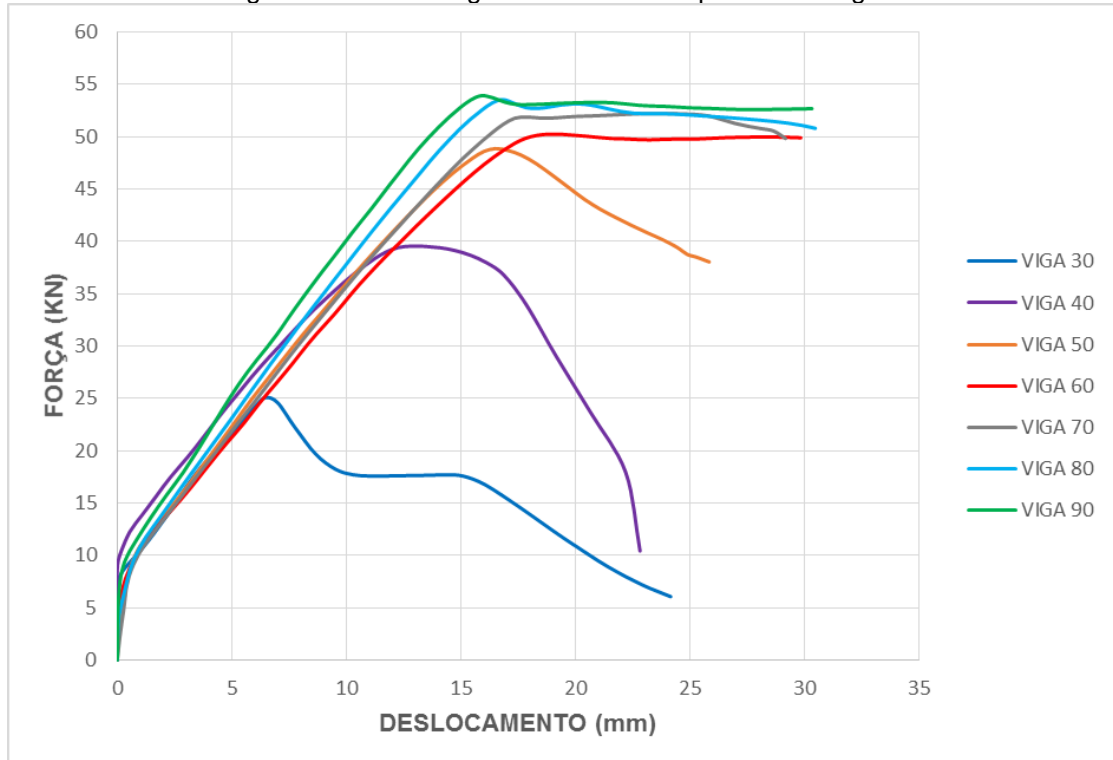
Figura 13: Carregamento na ruptura (kN)



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

A seguir apresentam-se o gráfico de Força x Deslocamento (Figura 14), onde observa-se o comportamento distinto de cada viga.

Figura 14: Curva carga x deslocamento para todas vigas.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

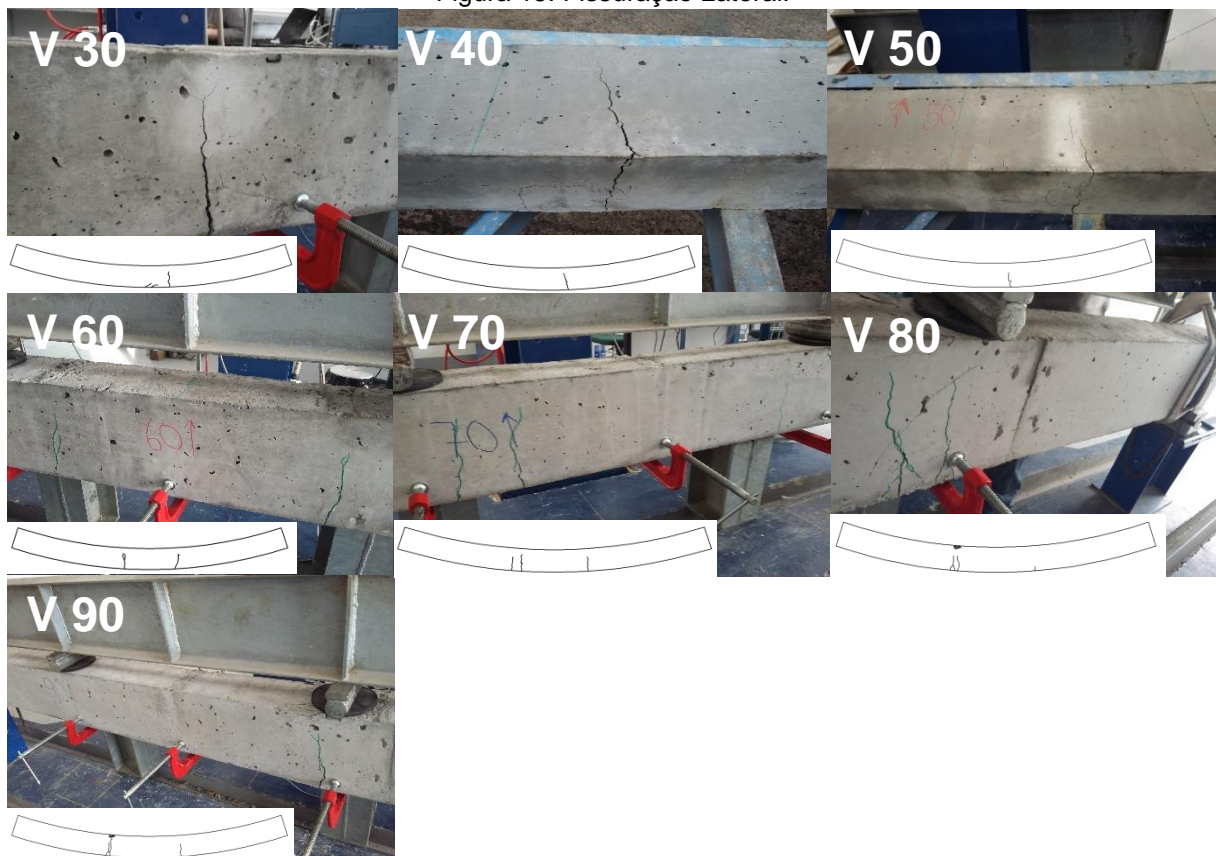
Levando em consideração que com um traspasse 70 cm a viga se comportou de modo similar as vigas com 80 cm e 90 cm foi calculado a tensão de aderência pela Equação 05, onde obteve-se uma tensão de aderência de 3,88 MPa para um comprimento de ancoragem (l_b) igual a 35 cm, pois este valor é dobrado em áreas com traspasse na mesma seção. Esse valor é 43,97% maior que o valor recomendado pela norma por meio da Equação 01. E outro ponto é que 3,88 MPa é 4,17 vezes menor que o valor obtido experimentalmente (16,17 MPa). A Equação 07, mostra a relação entre a Tensão de aderência experimental da viga 70 e a tensão máxima de aderência obtida experimentalmente por meio dos ensaios pull-out e push-in. Já a Equação 08 obtém o valor de comprimento de ancoragem para viga a partir da tensão máxima de aderência experimental.

$$\tau_{b \text{ viga}} = \frac{\tau_{b \text{ máx}}}{4,17} \quad \text{Equação 07}$$

$$l_{b \text{ viga}} = 1,04 \left(\frac{\phi \cdot f_{yd}}{\tau_{b \text{ máx}}} \right) \quad \text{Equação 08}$$

Por meio das fotos da Figura 15 e dados da Figura 14 é possível observar que mesmo após a abertura de fissuras com uma carga de aproximadamente 10 kN as vigas V30, V40, V50 e V60 ainda continuam atuando no estágio II de deformação, porém antes do limite de serviço ($L/250$) a viga V30 rompe por falha de ancoragem na área do traspasse. Após o carregamento é possível notar conforme a Figura 16 uma fissura longitudinal inferior na viga V30, V40, V50 e V60, caracterizando uma ruptura pela falta de aderência entre o aço e o concreto.

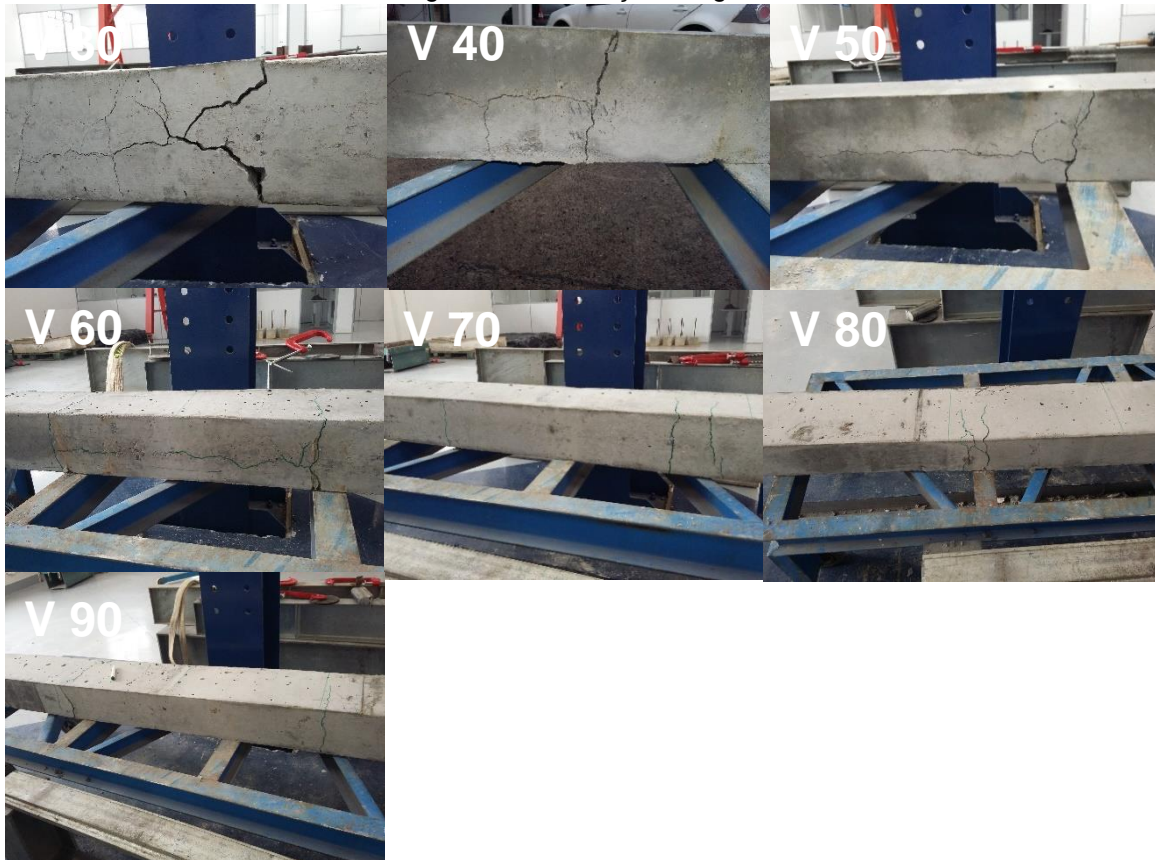
Figura 15: Fissuração Lateral.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Já as vigas V70, V80 e V90 a ruptura do concreto ocorre simultaneamente com o escoamento do aço, no estágio III, ocorrendo fissuras apenas na parte inicial do traspasse.

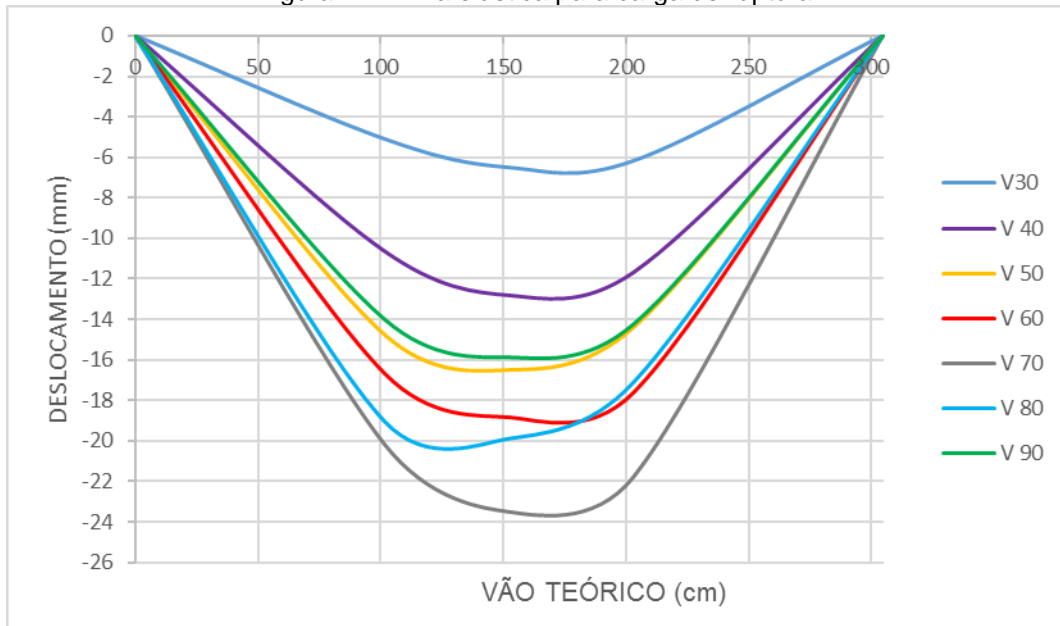
Figura 16: Fissuração Longitudinal.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Por meio do uso dos três LVDTs foi possível traçar a linha elástica das vigas, conforme mostra o gráfico da Figura 17. Nota-se o aumento progressivo da rigidez com o aumento do traspasse. Porém após o traspasse de 50 cm não observa-se um comportamento característico que classifique o comportamento de forma geral.

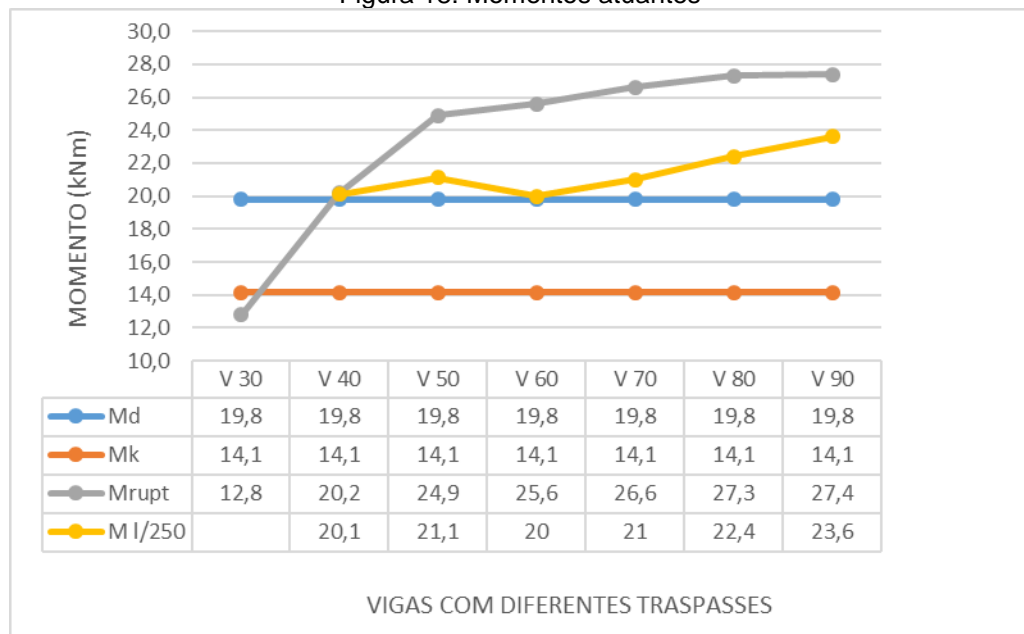
Figura 17: Linha elástica para carga de ruptura.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

Para fins comparativos calculou-se o valores dos momentos característicos e de cálculos como mostra a Figura 18. Pode-se observar que os valores de carga no L/250 ficaram no limite do Md e os valores na ruptura foram superiores ao Md a partir do V50.

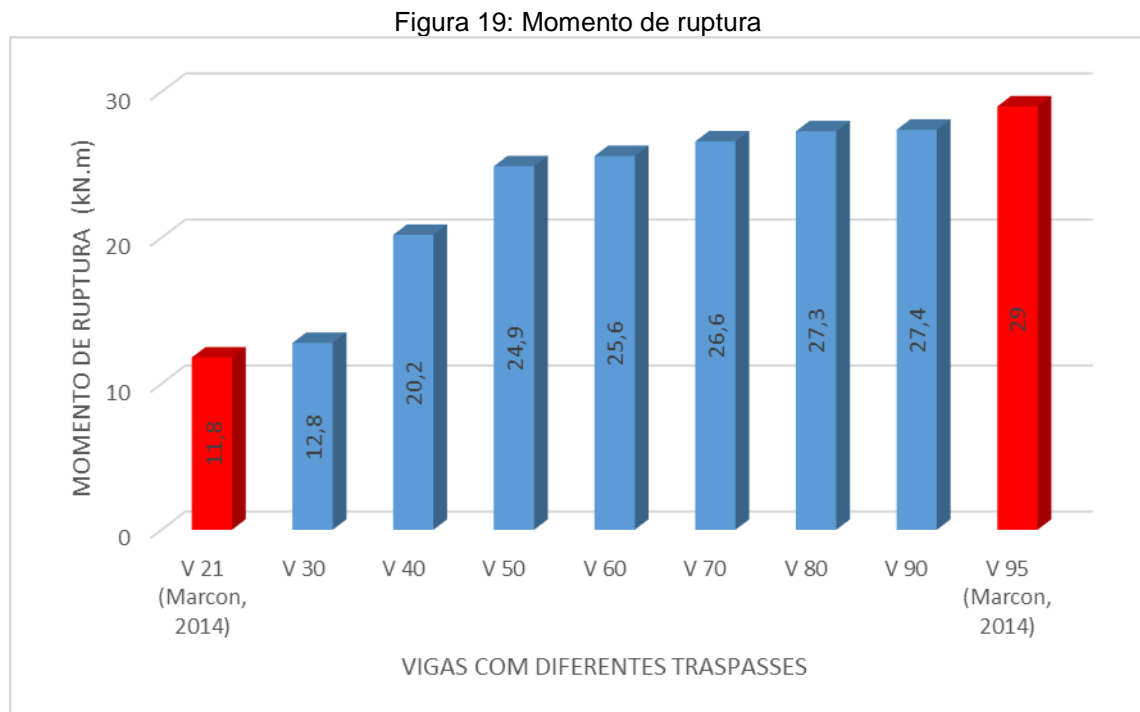
Figura 18: Momentos atuantes



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA COM O TRABALHO DE MARCON (2014).

O Gráfico da Figura 19 apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa e os obtidos por Marcon (2014). Para fins comparativos utilizou-se os valores de momento fletor e para o grupo V21 considerou-se um ponto como dado espúrio. Nota-se que os resultados obtidos nesta pesquisa ficaram dentro da faixa que liga os pontos de Marcon (2014), fato que complementa o estudo. Além disto observa-se um momento quase que constante a partir do V70.



Fonte: Pedro Lino Machado Júnior

4 CONCLUSÃO

Após análise dos resultados verificou-se que o push-in e o pull-out apresentam resultados semelhantes, resultando em uma tensão de aderência aço-concreto máxima experimental de 16,170 MPa, diminuindo o comprimento de ancoragem necessário ($l_{b_{nec}}$) em 83,3% em relação ao comprimento de ancoragem calculado seguindo as recomendações da NBR 6118:2014. Porém é a partir da viga com 70 cm de traspasse que a carga de ruptura tende a ser constante, ocorrendo o

rompimento do concreto junto com o escoamento do aço, o que resulta em valor 30,56% menor do que a norma recomenda. Já as vigas com 30 cm de traspasse à 60 cm, ficou caracterizado a ruptura por falta de aderência entre o aço e o concreto, chegando a viga com 30 cm de traspasse romper antes do deslocamento admissível ($l/250$). Vale salientar que o valor de tensão de aderência que a NBR 6118:2014 sugere é conservador porém eficiente, pois garante a ancoragem necessária em uma viga submetida à flexão. Outro fator importante é que o carregamento dos ensaios deste trabalho foram monotônicos, ou seja, não foram levados em consideração cargas cíclicas que afetam diretamente a aderência aço-concreto.

Sugestão para trabalhos futuros:

- Realizar ensaios em vigas com carregamentos cíclicos;
- Verificar a influência de diferentes concretos.

5 REFERÊNCIAS

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

_____. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 7480: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR NM 67: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Segundo a NBR 6118:2003**, 3ª. Ed. São Carlos: Ed. Edufscar, 2013.

COMITE EUTO-INTERNATIONAL DU BETON (CEB). **RILEM RC 6: Bond Test for Reinforcement Steel – Pull-out Test**. Switzerland, 1983.

FUSCO, P.B. **Técnica de Armar as Estruturas de Concreto**. 1ª edição. Editora PINI, 1995.

MARCON, João Paulo Bretz. **Estudo de Vigas de Concreto Armado Submetidas a Flexão com Diferentes Comprimentos de Traspasse Na Armadura Principal**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UNESC-Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

SILVA, B. V., BARBOSA, M. P., SILVA FILHO, L. C. P., & LORRAIN, M. S. **Investigação experimental sobre o uso de ensaios de aderência aço-concreto para estimativa da resistência à compressão axial do concreto. Parte 2: APULOT**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 7(5), 856-878, 2014.

SILVA, B. V.; BARBOSA, M. P.; SILVA FILHO, L. C. P.; LORRAIN, M.S.. **Experimental investigation on the use of steel-concrete bond tests for estimating axial compressive strength of concrete: part 1**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 6, p. 715-736, 2013.

SILVA, B. V. **Investigação do potencial dos ensaios APULOT e pull-out para estimativa da resistência a compressão do concreto**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2010.