

Para apresentar os resultados das flechas obtidos nos ensaios, organizando-os de forma resumida na tabela a seguir (tabela 26), adotou-se a seguinte nomenclatura: a_n - para os deslocamentos medidos por defletômetros analógicos; t_n - para os deslocamentos medidos por transdutores indutivos.

Tabela 26 – Resumo das cargas e flechas de V-2A.

Viga V-2A (Valores Experimentais)						
Carga	Defletômetros Analógicos			Transdutores		
P _{tot} (kN)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3 (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	t3(mm)
1,00	0,16	0,15	0,12	0,42	0,44	0,43
2,00	0,45	0,44	0,39	0,66	0,71	0,68
3,00	0,73	0,74	0,66	0,99	1,02	0,96
4,00	1,03	1,04	0,95	1,23	1,34	1,25
5,00	1,37	1,41	1,28	1,52	1,68	1,55
6,00	1,66	1,72	1,55	1,83	2,02	1,85
7,00	2,19	2,27	2,07	2,36	2,58	2,37
8,00	2,91	3,03	2,75	3,08	3,32	3,05
9,00	3,62	3,82	3,49	3,80	4,11	3,79
10,00	4,35	4,57	4,18	4,54	4,91	4,50
11,00	5,19	5,43	5,00	5,36	5,75	5,31
12,00	5,94	6,27	5,72	6,09	6,56	6,04
13,00	6,60	6,88	6,37	6,74	7,29	6,68
14,00	7,26	7,73	7,07	7,44	8,05	7,39
15,00	7,83	8,42	7,65	8,03	8,67	8,00
16,00	8,62	9,22	8,44	8,83	9,54	8,79
17,00	9,05	9,67	8,87	9,26	10,00	9,23
18,00	9,80	10,38	9,58	9,95	10,75	9,94
19,00	10,35	11,10	10,21	10,58	11,43	10,58
20,00	10,98	11,82	10,85	11,23	12,13	11,23
21,00	11,90	12,82	11,75	12,14	13,11	12,12

Para obter-se um comparativo entre os valores de deslocamentos (flechas) obtidos com a utilização de defletômetros analógicos e os transdutores, foram

elaborados os gráficos a seguir. Neles podem ser visualizados os valores das flechas dos seguintes modos:

1. Carga X Flecha- Somente para os defletômetros (figura 141);
2. Carga X Flecha- Somente para os transdutores (figura 142);
3. Carga X Flecha- Simultaneamente para os defletômetros e Transdutores (figura 143).

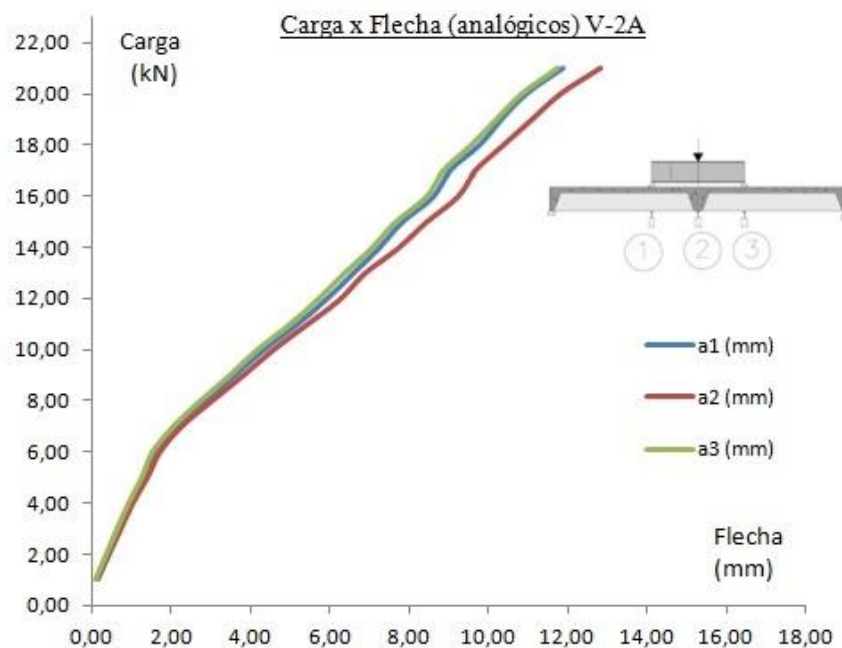


Figura 141 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2A para os defletômetros

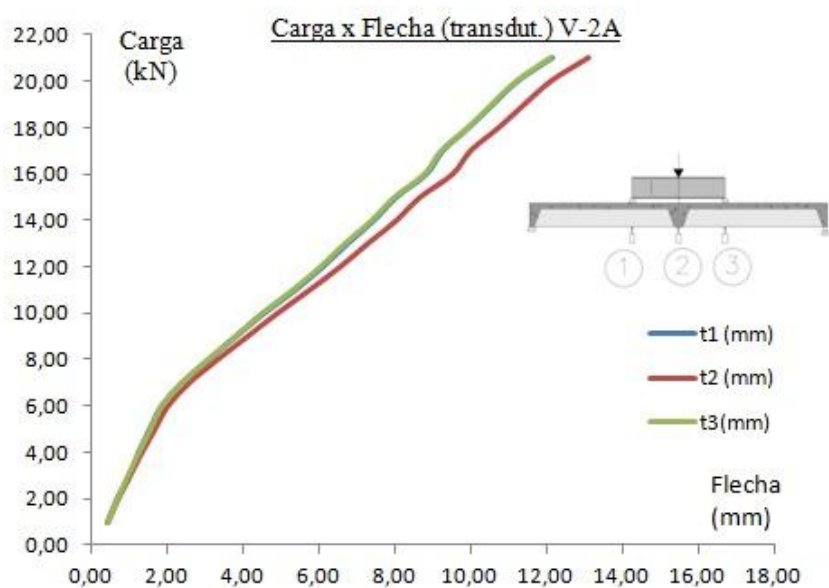


Figura 142 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2A para os transdutores

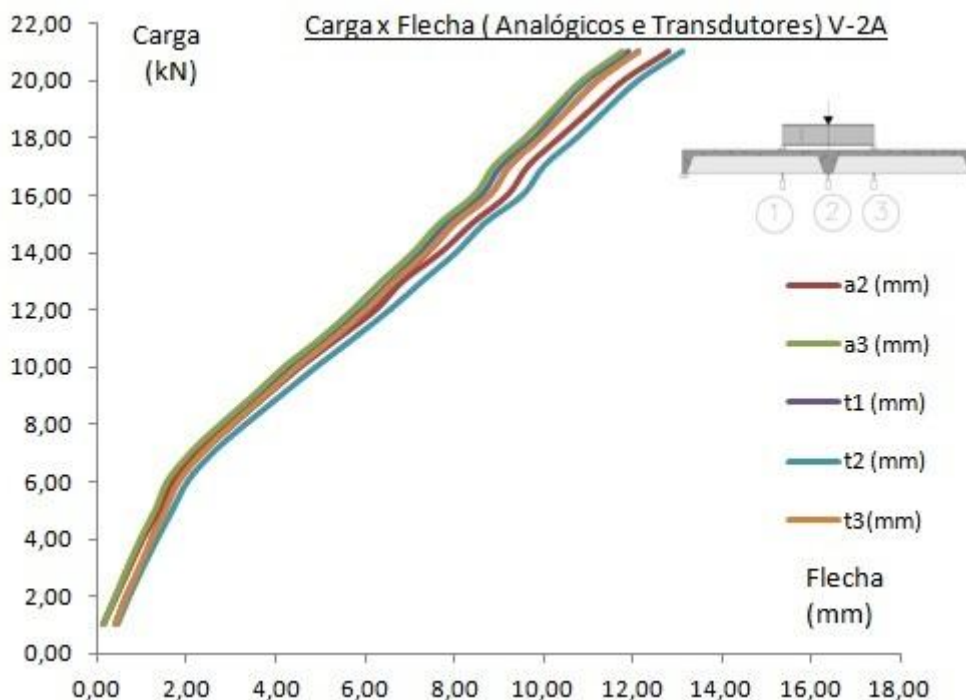


Figura 143 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2A para os defletômetros e transdutores

As flechas foram verificadas até 21kN, valor em que os defletômetros e transdutores foram retirados da viga por medida de segurança, e o ensaio prosseguiu alcançando uma carga de 27,5kN, onde ocorreu a ruptura da peça. Até a carga de ruptura as deformações foram verificadas, sendo estes dados abordados no item a seguir.

4.4.2 Verificação das deformações

A viga V-2A teve suas deformações monitoradas no concreto e no aço. Os extensômetros estavam posicionados de acordo com o apresentado em itens anteriores. As deformações verificadas pelos extensômetros são apresentadas na tabela a seguir, obedecendo a seguinte notação: ϵ_{c1} para as deformações relativas ao extensômetro E_{c1} do concreto, por exemplo; ϵ_{s6} para as deformações dos extensômetros do aço E_{s6} .

Os valores das deformações de tração e compressão do concreto serão apresentados na tabela a seguir (tabela 27).

Tabela 27 – Resumo das cargas e deformações no concreto de V-2A

Viga V-2A- Concreto, direção principal							
Carga	Compressão		Tração	Carga	Compressão		Tração
P_{tot} (kN)	$\varepsilon_{c1}(0/00)$	$\varepsilon_{c3}(0/00)$	$\varepsilon_{c4}(0/00)$	P_{tot} (kN)	$\varepsilon_{c1}(0/00)$	$\varepsilon_{c3}(0/00)$	$\varepsilon_{c4}(0/00)$
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	18,00	-0,1944	-0,1968	0,0596
1,00	-0,0005	-0,0006	0,0049	19,00	-0,2034	-0,2095	0,0628
2,00	-0,0027	-0,0014	0,0002	20,00	-0,2125	-0,2206	0,0677
3,00	-0,0103	-0,0082	0,0061	21,00	-0,2236	-0,2358	0,0733
4,00	-0,0187	-0,0155	0,0127	21,75	-0,2296	-0,2429	0,0778
5,00	-0,0276	-0,0233	0,0191	22,20	-0,2322	-0,2431	0,0795
6,00	-0,0369	-0,0330	0,0243	22,60	-0,2364	-0,2483	0,0813
7,00	-0,0495	-0,0413	0,0321	22,90	-0,2387	-0,2515	0,0832
8,00	-0,0644	-0,0526	0,0381	23,00	-0,2409	-0,2540	0,0845
9,00	-0,0776	-0,0877	0,0422	23,50	-0,2455	-0,2582	0,0879
10,00	-0,0918	-0,1048	0,0432	23,75	-0,2482	-0,2610	0,0901
11,00	-0,1149	-0,1224	0,043	24,00	-0,2515	-0,2644	0,0935
12,00	-0,1283	-0,1371	0,0455	24,50	-0,2560	-0,2687	0,0989
13,00	-0,1397	-0,1476	0,0474	25,00	-0,2601	-0,2720	0,1039
14,00	-0,1518	-0,1569	0,0493	25,50	-0,2651	-0,2774	0,1094
15,00	-0,1630	-0,1647	0,0527	26,00	-0,2696	-0,2816	0,1133
16,00	-0,1740	-0,1730	0,0544	26,65	-0,2734	-0,2843	0,1167
17,00	-0,1829	-0,1831	0,0575	27,00	-0,2783	-0,2851	0,1196

Para a direção principal da viga, os extensômetros que se situavam na parte superior (E_c-1 e E_c-3) apresentaram resultados de deformação (ε_{c1} e ε_{c3}) bastante próximos, e com certa simetria.

Para a extensometria localizada na parte inferior da peça, apenas E_c-4 apresentou resultados considerados válidos de deformações (ε_{c4}), ou seja E_c-5 não apresentou valores compatíveis para um elemento de concreto armado, não tendo os valores apresentados nas tabelas e gráficos.

Os gráficos dos extensômetros localizados no concreto (na zona comprimida e zona tracionada) na direção principal da viga serão apresentadas nas figuras a seguir (figuras 144 e 145).

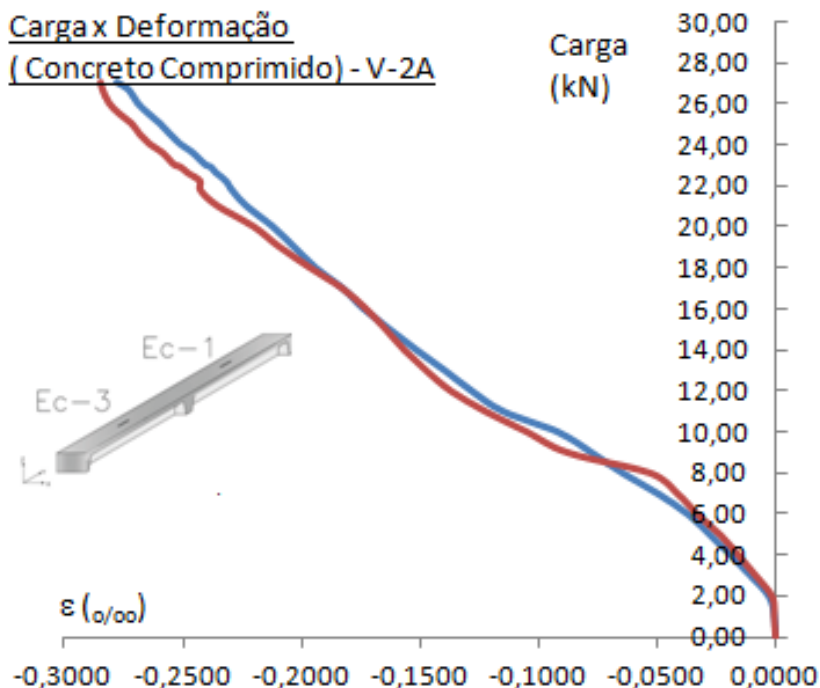


Figura 144 – Gráficos Carga x Deformação da viga V-2A para o concreto comprimido

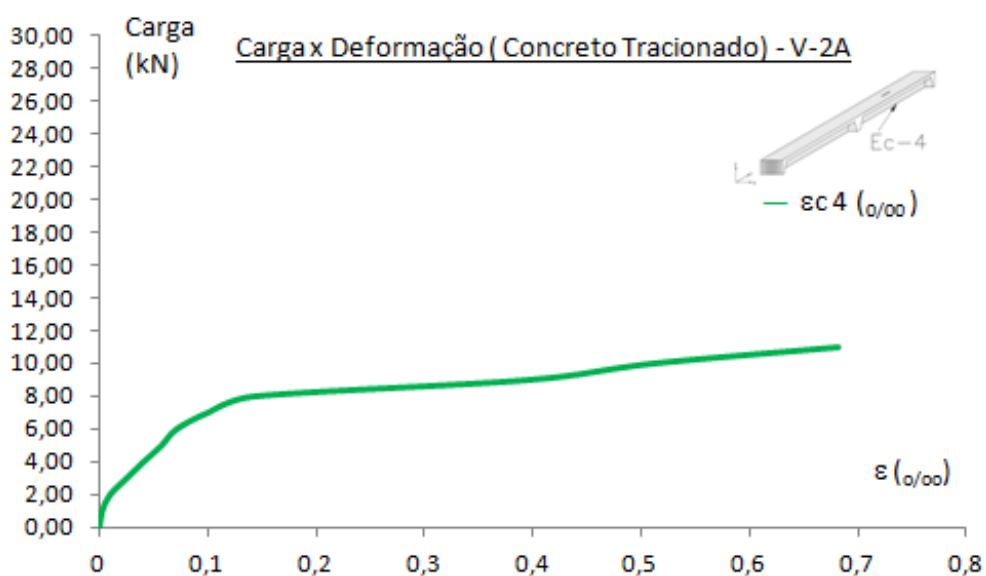


Figura 145 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2A para o concreto tracionado

A nervura secundária teve suas informações monitoradas por intermédio de um extensômetro colado na direção perpendicular ao eixo da viga (direção secundária), com o objetivo de estudar as deformações, e por conseguinte, as tensões. As cargas e as deformações nesta direção são apresentadas na tabela (tabela 28) e no gráfico a seguir (figura 146).

Tabela 28 – Resumo das cargas e deformações no concreto de V-2A, na direção secundária

V-2A -concreto, direção secundária			
P_{tot} (kN)	$\epsilon_{c2(0/00)}$	P_{tot} (kN)	$\epsilon_{c2(0/00)}$
0,00	-0,0004	16,00	0,0224
1,00	-0,0003	17,00	0,0219
2,00	0,0004	18,00	0,0216
3,00	0,0008	19,00	0,0237
4,00	0,0038	20,00	0,0268
5,00	0,0057	21,00	0,0274
6,00	0,0066	21,75	0,0373
1,00	-0,0021	22,20	0,0382
2,00	0	22,60	0,0445
3,00	0,0041	22,90	0,0454
4,00	0,0056	23,00	0,0471
5,00	0,0068	23,50	0,0511
6,00	0,0063	23,75	0,0527
7,00	0,0088	24,00	0,0544
8,00	0,0096	24,50	0,0574
9,00	0,0104	25,00	0,0595
10,00	0,0109	25,50	0,0628
11,00	0,0108	26,00	0,0657
12,00	0,0152	26,65	0,0687
13,00	0,0171	27,00	0,0725
14,00	0,0158	23,55	0,0785
15,00	0,0194		

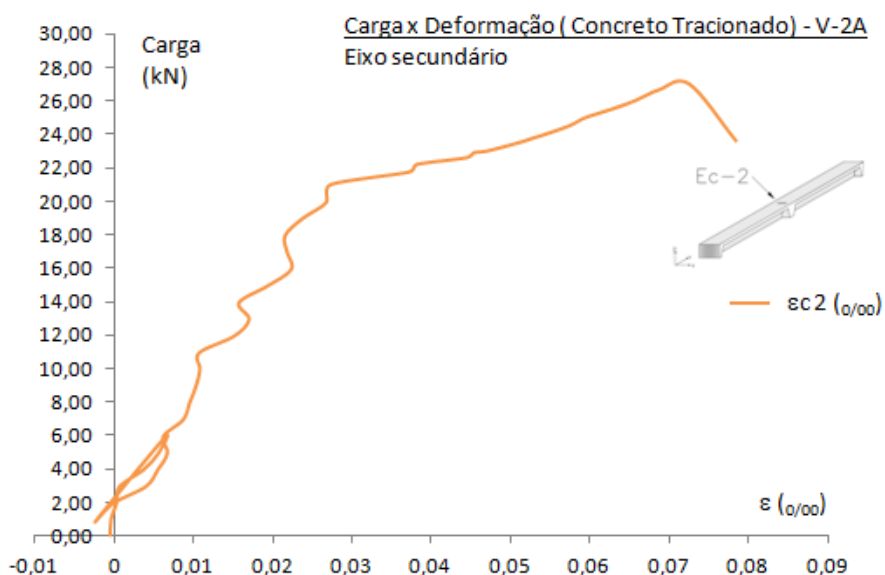


Figura 146 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2A para o concreto tracionado, na direção secundária

As deformações no aço (armaduras) foram verificadas em dois pontos, sendo um na direção principal (E_s-7), e um na direção secundária (E_s-6). Estes extensômetros forneceram, respectivamente, as deformações ϵ_{s6} e ϵ_{s7} . Os valores destas deformações se encontram resumidos na planilha (tabela 29) e nos gráficos a seguir (figuras 147 e 148).

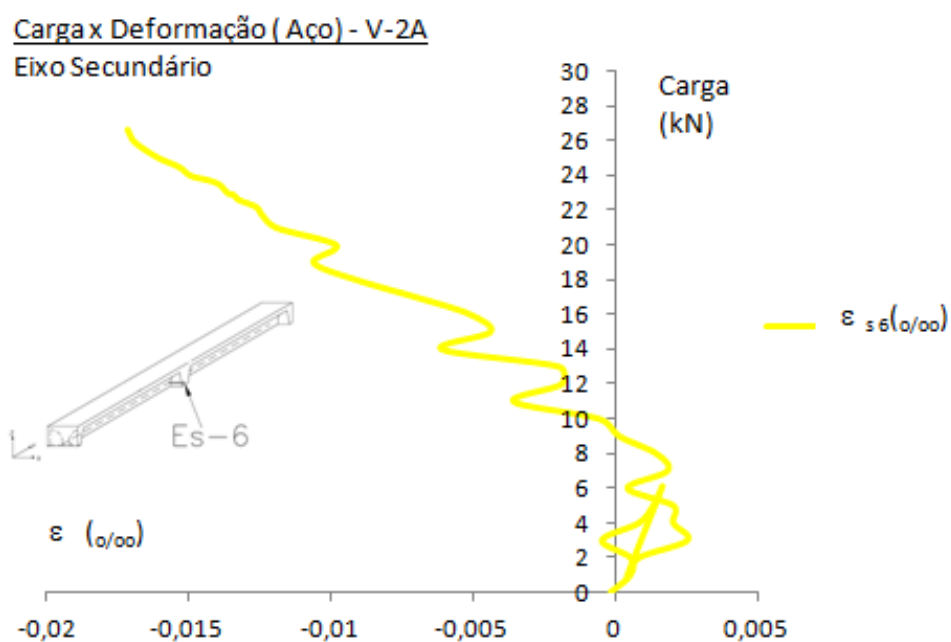


Figura 147 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2A para o aço comprimido, na direção secundária

Tabela 29– Resumo das cargas e deformações no aço de V-2A, nas direções principal e secundária

V-2A -Aço (armadura secundária e principal)					
P_{tot} (kN)	ε_{S6} ($_{0/00}$)	ε_{S7} ($_{0/00}$)	P_{tot} (kN)	ε_{S6} ($_{0/00}$)	ε_{S7} ($_{0/00}$)
0,00	-0,0002	0	16,00	-0,0051	1,1178
1,00	0,0005	-0,0103	17,00	-0,0070	1,1712
2,00	0,0005	0,0027	18,00	-0,0091	1,2447
3,00	-0,0005	0,0255	19,00	-0,0106	1,3194
4,00	0,0008	0,0541	20,00	-0,0098	1,3927
5,00	0,0013	0,0620	21,00	-0,0119	1,4719
6,00	0,0016	0,1063	21,75	-0,0124	1,5352
1,00	0,0004	0,0121	22,20	-0,0126	1,5535
2,00	0,0008	0,0342	22,60	-0,0132	1,5670
3,00	0,0025	0,0603	22,90	-0,0134	1,5780
4,00	0,0020	0,0884	23,00	-0,0136	1,5884
5,00	0,0020	0,1178	23,50	-0,0139	1,6129
6,00	0,0004	0,1465	23,75	-0,0143	1,6282
7,00	0,0018	0,2481	24,00	-0,0149	1,6470
8,00	0,0014	0,4168	24,50	-0,0153	1,6736
9,00	0,0001	0,5356	25,00	-0,0160	1,7143
10,00	-0,0006	0,6411	25,50	-0,0165	1,7587
11,00	-0,0036	0,7232	26,00	-0,0169	1,8266
12,00	-0,0019	0,8086	26,65	-0,0171	1,858
13,00	-0,002	0,8822	27	--	2,0017
14,00	-0,0061	0,9569	23,55	--	2,3653
15,00	-0,0044	1,0281			

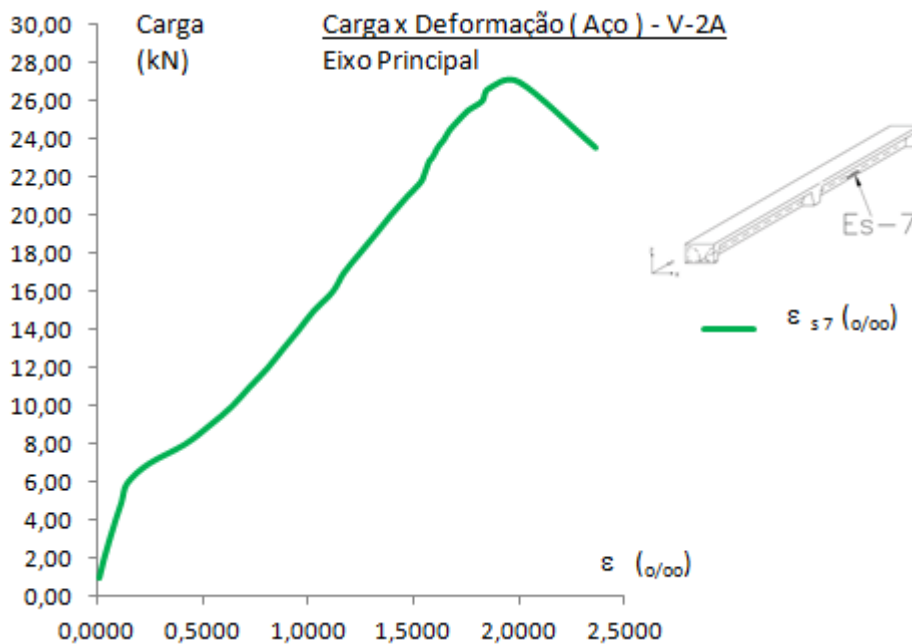


Figura 148 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2A para o aço tracionado, na direção principal

4.4.3 Observação das fissuras

Com o objetivo de identificar e monitorar cada fissura que ocorreu na zona tracionada da viga V-2A, foi utilizado o seguinte código de cores:

- Cor vermelha- primeiro grupo de fissuras;
- Cor azul- segundo grupo de fissuras ;
- Cor verde- terceiro grupo de fissuras ;
- Cor preta- quarto e ultimo grupo de fissuras .

O aspecto das fissuras apresentadas acima pode ser visualizado na foto a seguir (figura 149).



Figura 149 – Aspecto das fissuras da viga V-2A

As fissuras na viga V-2A tornaram-se visíveis, inicialmente para uma carga de 7,0 kN, estando as cargas de surgimento (na parte externa da peça) de cada fissura especificadas na planilha a seguir (tabela 30).

Tabela 30– Resumo das cargas e fissuras de V-2A

Carga em que surgiu a fissura (kN)	Cor de Identificação	Localização
7,00	Vermelho	Nervura principal
10,00	Azul	Nervura principal (figura 150)
12,00	Verde	Nervura principal
13,30	Preta	Próxima a nervura secundária (figura 151)



Figura 150 – Aspecto das fissuras da viga V-2A para uma carga de 10kN

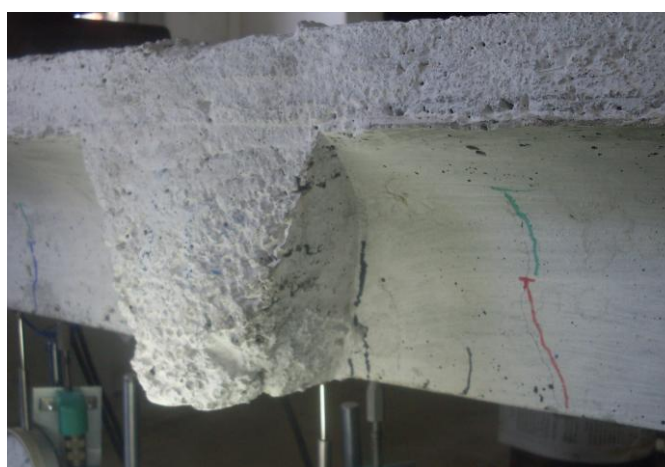


Figura 151 – Aspecto das fissuras da viga V-2A, próximas à nervura secundária, para uma carga de 13kN

O posicionamento das fissuras, após a aplicação crescente dos carregamentos será apresentado na figura e na tabela a seguir (figura 152 e tabela 31), sendo as distancias tomadas em relação ao eixo de simetria da viga. Na mesma tabela são apresentadas as aberturas máximas de cada fissura.

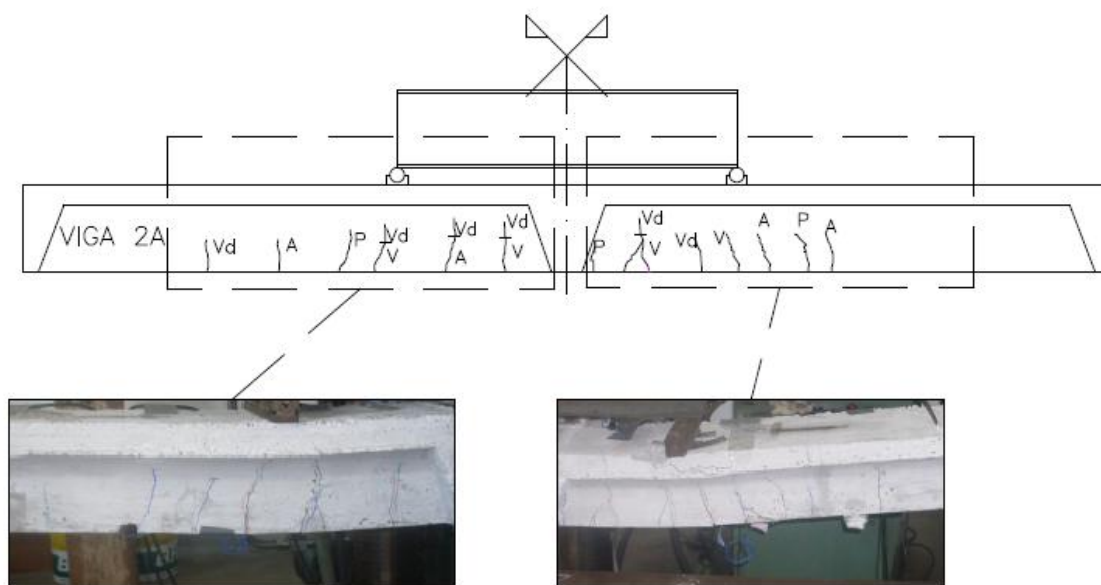


Figura 152 – Detalhe das fissuras de V-2A

Tabela 31– Resumo da posição e abertura das fissuras de V-2A

Viga V-2A- Posição e abertura máxima das fissuras					
Esquerda			Direita		
Fissura/Cor	Dist. (cm)	Abert. Máx. (mm)	Fissura/Cor	Dist. (cm)	Abert. Máx. (mm)
Vermelha/Verde	11,8	1,0/0,75	*Preta	4	--
Azul/Verde	24	0,1/0,75	Vermelha/Verde	15,8	0,15/0,15
Vermelha/Verde	36,9	0,75/0,75	Verde	26	1
Preta	45	0,1	Vermelha	34	1,25
Azul	56	0,15	Azul	39,7	1,25
Verde	69,9	0,7	Preta	47	1
*Prox.Nervura Secundária			Azul	51,8	1

4.4.4 Ruptura da viga V-2A

A ruptura da viga V-2A ocorreu para uma carga de 27,85kN. Nesta fase do ensaio os transdutores já haviam sido retirados, no entanto, boa parte dos strain gages continua a funcionar registrando as deformações até o final do ensaio. Houve esmagamento do concreto na zona comprimida, também ocorrendo deslocamento na zona tracionada expondo a armadura (figura 153 e detalhe “a”). Não houve ruptura do aço da armadura de flexão.

Na transição entre a nervura principal a secundária ocorreu fissuração, mas que não alcançou a mesa da viga (detalhe “b”).



(a)



(b)

Figura 153– Detalhes (a) e (b) da ruptura de V-2A

4.5 Ensaio da viga V-2B

4.5.1 Verificação das flechas

De forma análoga a viga apresentada anteriormente, a metodologia do ensaio da viga V-2B consistiu em carregá-la na prensa hidráulica, de forma lenta, medindo-se as flechas indicadas simultaneamente pelos defletômetros analógicos e pelos transdutores indutivos, em alguns patamares de carga aplicada. Simultaneamente eram medidas as deformações através dos extensômetros (strain gages) colados em algumas partes da peça.

Os deslocamentos (flechas) foram verificados de maneira similar à viga anterior, ou seja, foram utilizados defletômetros analógicos e transdutores indutivos. Estes dispositivos estavam localizados nos mesmos pontos utilizados no ensaio precedente conforme o apresentado na foto a seguir (figuras 154).



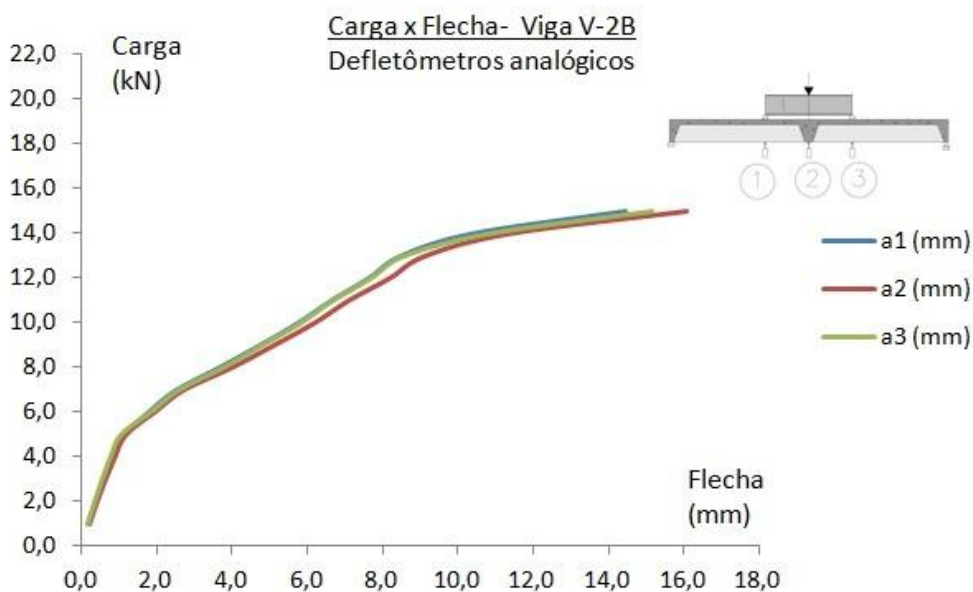
Figura 154 – Detalhes da posição de defletômetros e transdutores na Viga V-2B

Os dados referentes às flechas verificadas serão apresentadas na tabela a seguir (tabela 32), onde foi empregada a mesma nomenclatura para defletômetros e transdutores, conforme explicação anteriormente apresentada.

Tabela 32 – Resumo das cargas e flechas de V-2B

Viga V-2B (Valores Experimentais)						
Carga	Defletômetros Analógicos			Transdutores		
Ptot (kN)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3 (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	t3(mm)
1	0,19	0,22	0,19	0,21	0,2	0,18
2	0,39	0,42	0,37	0,41	0,4	0,36
3	0,62	0,64	0,57	0,63	0,64	0,56
4	0,88	0,89	0,79	0,87	0,89	0,79
5	1,17	1,18	1,07	1,14	1,18	1,07
6	1,8	1,94	1,85	1,75	1,96	1,88
7	2,54	2,72	2,6	2,35	2,74	2,62
8	3,68	4	3,77	3,38	4,08	3,83
9	4,75	5,12	4,8	4,42	5,2	4,85
10	5,77	6,2	5,83	5,39	6,32	5,86
11	6,65	7,11	6,68	6,22	7,25	6,73
12	7,64	8,2	7,69	7,15	8,34	7,78
13	8,5	9,15	8,58	7,97	9,31	8,66
14	10,41	11,4	10,84	9,79	11,64	10,9
15	14,45	16,1	15,15	13,81	16,33	15,31

Embora o ensaio da viga V-2B tenha prosseguido para valores de carga superiores, foi necessária a retirada dos defletômetros e transdutores em um patamar de carga de 15,0kN. Será apresentado a seguir o gráfico Carga x Flecha somente para os defletômetros analógicos (figura 155).

**Figura 155 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2B para os defletômetros**

Para possibilitar uma melhor visualização dos valores lidos pelos transdutores, será apresentado separadamente o gráfico Carga x Flecha (figura 156). Sendo plotado, em seguida, o gráfico de todos os dispositivos juntos (defletômetros e transdutores) na figura 157.

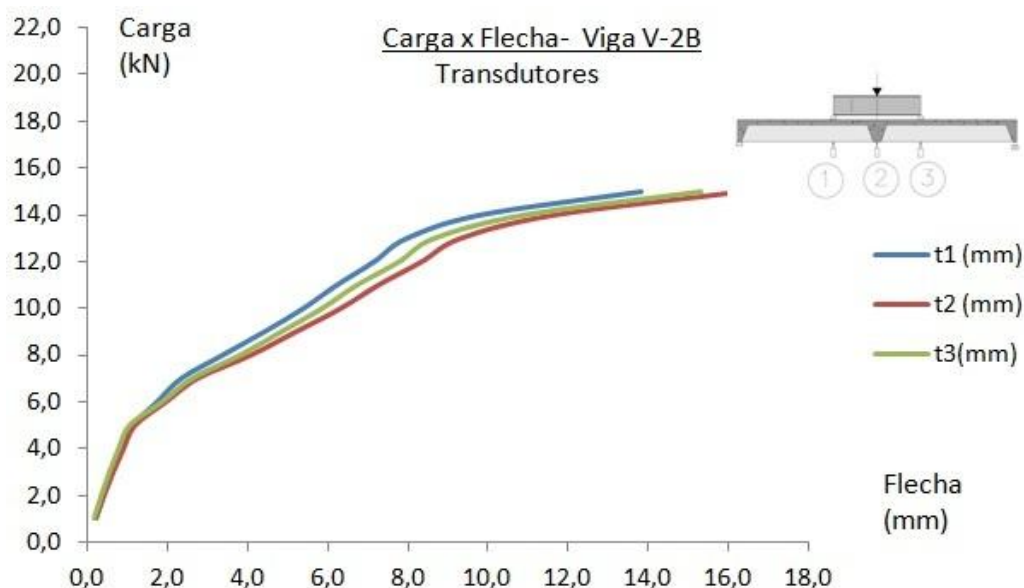


Figura 156 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2B para os transdutores

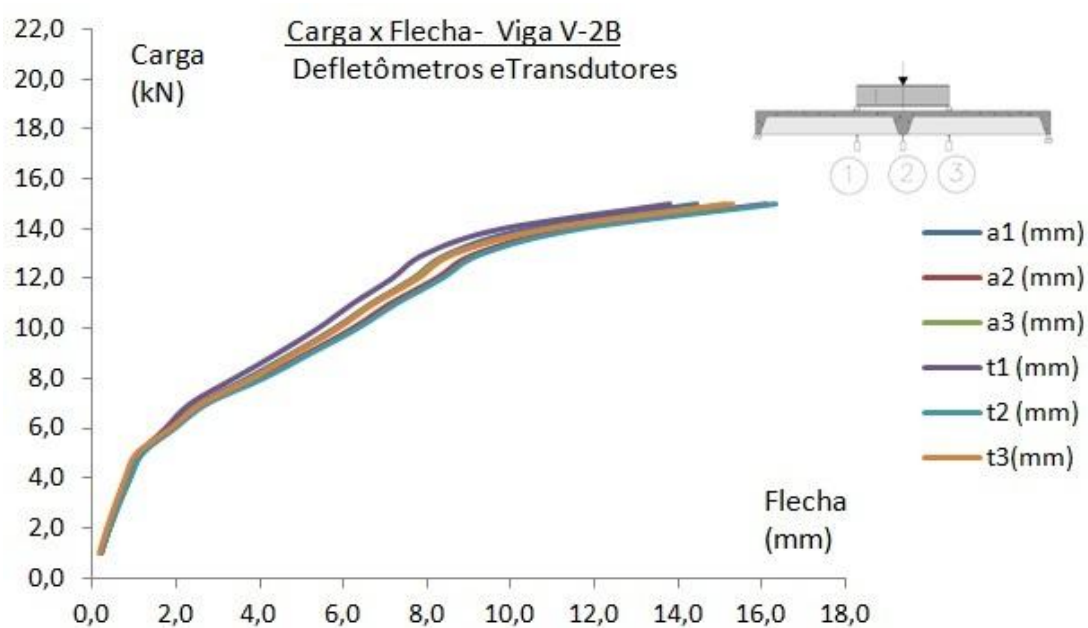


Figura 157 – Gráficos Carga x Flecha da viga V-2B para os defletômetros e transdutores

4.5.2 Verificação das deformações

A viga V-2B teve suas deformações monitoradas no concreto e no aço. As deformações verificadas pelos extensômetros são resumidos na tabela a seguir, obedecendo a mesma notação da viga anterior. Os valores observados de tração e compressão do concreto serão apresentados na tabela a seguir (tabela 33).

Tabela 33 – Resumo das cargas e deformações no concreto de V-2B

Viga V-2B- Concreto, direção principal							
Carga	Compressão		Tração		Carga	Compressão	
P_{tot} (kN)	$\epsilon_{c1(0/00)}$	$\epsilon_{c3(0/00)}$	$\epsilon_{c4(0/00)}$	$\epsilon_{c5(0/00)}$	P_{tot} (kN)	$\epsilon_{c1(0/00)}$	$\epsilon_{c3(0/00)}$
0	0	0	0	0	14	-0,182	-0,204
1	-0,005	-0,005	0,0079	0,0076	15	-0,201	-0,22
2	-0,01	-0,012	0,0146	0,0161	16	-0,211	-0,238
3	-0,016	-0,02	0,0247	0,0261	16,25	-0,22	-0,256
4	-0,021	-0,026	0,0354	0,0395	16,85	-0,23	-0,266
5	-0,027	-0,033	0,0445	0,0544	17	-0,237	-0,272
6	-0,033	-0,043	0,053	0,0766	17,1	-0,242	-0,276
7	-0,042	-0,058	0,0555	0,1063	17	-0,242	-0,283
8	-0,051	-0,077	0,063	0,1681	18	-0,249	-0,306
9	-0,06	-0,102	0,0795	--	18,4	-0,252	-0,313
10	-0,088	-0,125	--	--	18,55	-0,252	-0,315
11	-0,111	-0,144	--	--	18,7	-0,262	-0,324
12	-0,132	-0,171	--	--	18,55	-0,271	-0,329
13	-0,152	-0,187	--	--	17,1	-0,269	-0,326

Na tabela 33, os grifos representam valores repetidos ou não coerentes com o material instrumentado, significando que o strain gage parou de registrar deformações, mesmo havendo acréscimo nas cargas. Na zona comprimida isso ocorre para cargas mais elevadas e próximas a ruptura; já nos extensômetros localizados na zona tracionada será a fissuração do concreto que acarretará o fim do funcionamento destes dispositivos.

Convém ressaltar que mesmo que as fissuras da zona tracionada não atinjam diretamente um extensômetro, elas geram uma descontinuidade na região em torno deste. Com isso ocorre contração ou relaxação do strain gage, e conseqüente paralisação no seu funcionamento.

Os gráficos das deformações ϵ_1 e ϵ_3 (concreto comprimido) serão apresentados a seguir (figura 158).

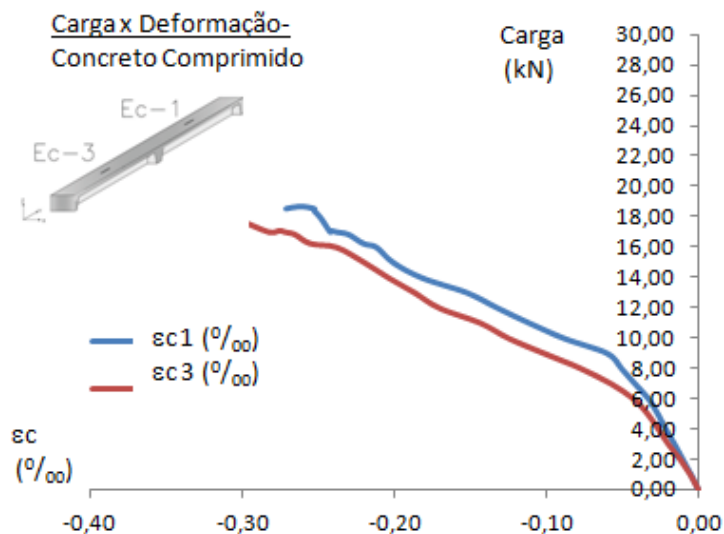


Figura 158 – Gráficos Carga x Deformação da viga V-2B para o concreto comprimido

Para construção do gráfico representando as deformações da zona de concreto tracionado de V-2B, adotaram-se apenas os valores válidos da tabela 34, ou seja, foram desprezados os valores repetidos de deformações que denotam apenas que um determinado extensômetro parou de funcionar.

As deformações desta zona tracionada só puderam ser observadas para valores de carga próximos de 10,0 kN (vide figura 159). A partir deste valor, as fissuras alcançaram a região dos extensômetros, ocasionando parada no seu funcionamento.

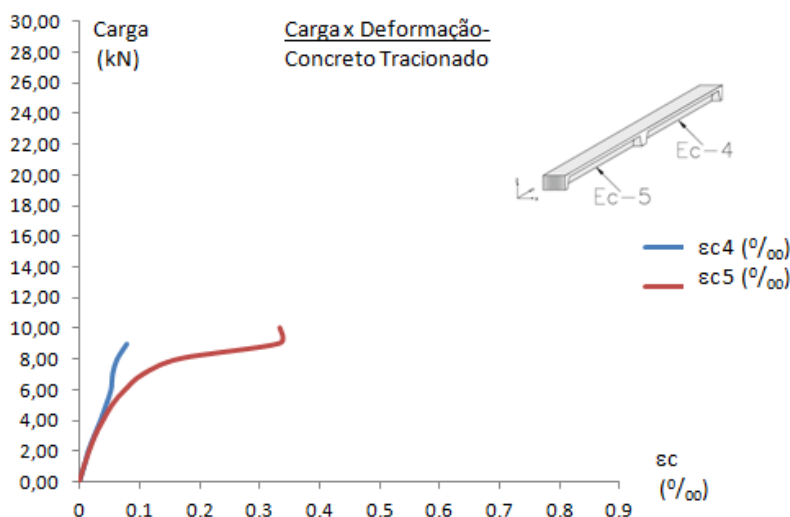


Figura 159 – Gráficos Carga x Deformação da viga V-2B para o concreto tracionado

Em conformidade ao procedimento adotado na viga anterior, a nervura secundária teve suas informações monitoradas por intermédio de um extensômetro colado na direção perpendicular ao eixo da viga (direção secundária). As cargas e

as deformações nesta direção são apresentadas na tabela (tabela 34) e no gráfico a seguir (figura 160).

Tabela 34 – Resumo das cargas e deformações no concreto tracionado de V-2B, na direção secundária

V-2B -concreto, direção secundária			
P_{tot} (kN)	ϵ_{c2} (10^{-3})	P_{tot} (kN)	ϵ_{c2} (10^{-3})
0	0	14	0,0126
1	0,0011	15	0,0159
2	0,0002	16	0,0204
3	0,001	16,25	0,025
4	0,0031	16,85	0,0277
5	0,0041	17	0,0295
6	0,0049	17,1	0,0306
7	0,0038	17	0,0357
8	0,006	18	0,0381
9	0,0047	18,4	0,0414
10	0,0075	18,55	0,0426
11	0,0079	18,7	0,0469
12	0,0066	18,55	0,0515
13	0,0091	17,1	0,0519

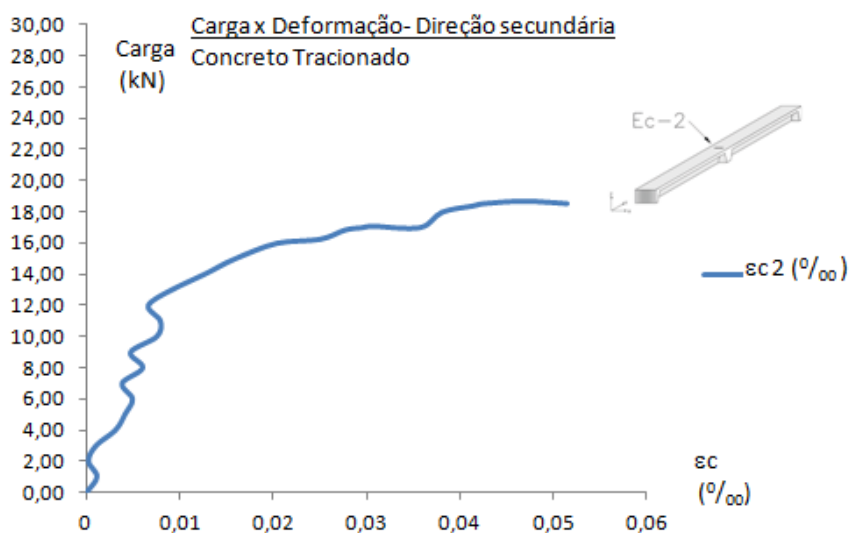


Figura 160 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2B para o concreto tracionado, na direção secundária

As deformações no aço (armaduras) foram verificadas em três pontos, sendo dois na direção principal (E_s -6 e E_s -8), e um na direção secundária (E_s -7). Estes extensômetros forneceram, respectivamente, as deformações ϵ_{s6} , ϵ_{s8} e ϵ_{s7} . Os valores das deformações ϵ_{s6} e ϵ_{s8} se encontram resumidos na planilha (tabela 35) e no gráfico a seguir (figura 161).

Tabela 35 – Resumo das cargas e deformações no aço de V-2B, nas direções principal secundária

Viga V-2B- Aço na direção principal					
Carga	Tração		Carga	Tração	
P_{tot} (kN)	$\epsilon_{s6}(0,00)$	$\epsilon_{s8}(0,00)$	P_{tot} (kN)	$\epsilon_{s6}(0,00)$	$\epsilon_{s8}(0,00)$
0,00	0,000	0,000	14,00	--	--
1,00	0,015	0,016	15,00	--	--
2,00	0,028	0,035	16,00	--	--
3,00	0,048	0,057	16,25	--	--
4,00	0,073	0,087	16,85	--	--
5,00	0,107	0,160	17,00	--	--
6,00	0,205	0,588	17,10	--	--
7,00	0,608	0,773	17,00	--	--
8,00	0,840	0,978	18,00	--	--
9,00	0,997	1,165	18,40	--	--
10,00	1,162	1,347	18,55	--	--
11,00	1,309	1,497	18,70	--	--
12,00	1,463	1,646	18,55	--	--
13,00	1,677	2,258	17,10	--	--

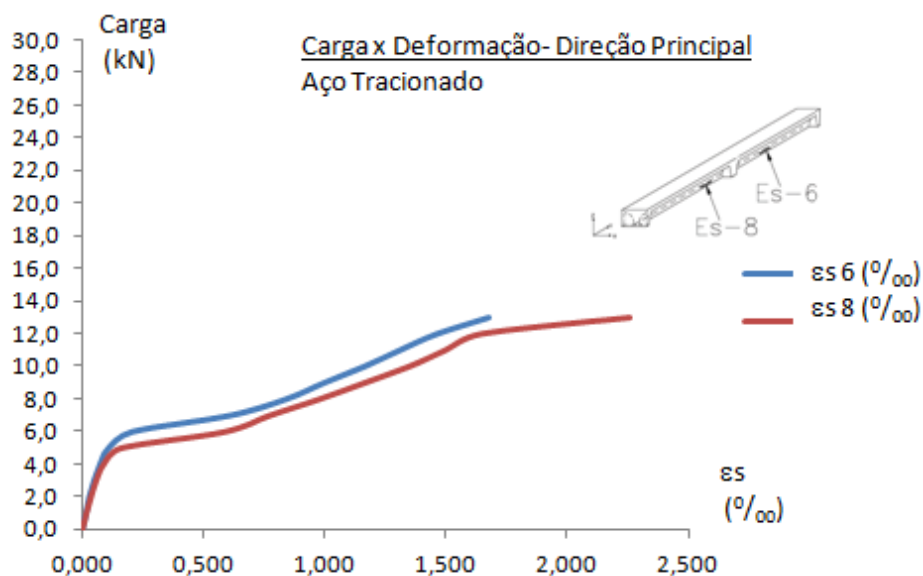


Figura 161 – Gráficos Carga x Deformação da viga V-2B para o aço tracionado

Vale ressaltar que os valores utilizados para construção dos gráficos de ε_{s6} e ε_{s8} foram apenas os considerados válidos, ou seja, desprezaram-se os valores repetidos ou inconsistentes com o material instrumentado.

Na direção da nervura secundária o extensômetro ε_{s7} apresentou um comportamento bastante diferenciado dos demais, variando de deformações de tração para deformações de compressão (figura 162).

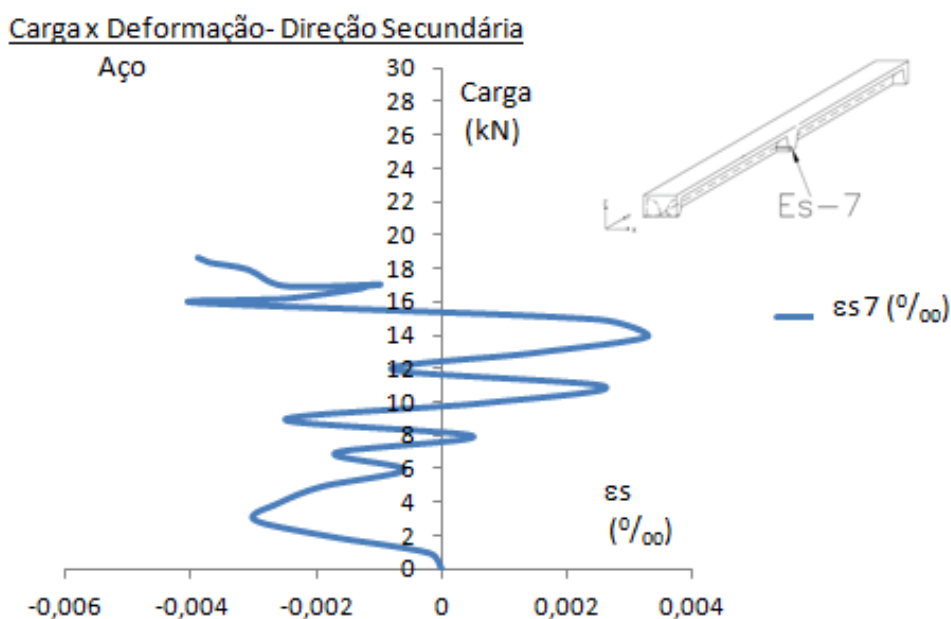


Figura 162 – Gráfico Carga x Deformação da viga V-2B para o aço na direção secundária

4.5.3 Observação das fissuras

A sequencia de cores utilizadas para designar cada fissura, de acordo com a ordem em que estas se tornaram perceptíveis no lado externo da viga, obedeceu a mesma codificação apresentada no item anterior. Estes dados encontram-se organizados na tabela a seguir com as respectivas cargas de surgimento.

Na viga V-2B a carga em que as fissuras se tornaram mais visíveis foi de 6,25kN, no entanto, pode ser percebida uma inflexão nos gráficos Carga x Flecha para valor de carga de aproximadamente 5,5kN, contudo, estando a peça fissurada apenas internamente.

Serão apresentados na tabela a seguir os valores de carga em que as fissuras se tornaram mais perceptíveis (tabela 36)

Tabela 36 – Resumo das cargas e fissuras de V-2B

Carga em que surgiu a fissura (kN)	Cor de Identificação	Localização
6,25	Vermelho	Nervura principal
7	Verde	Nervura principal
8	Azul	Nervura principal
13,3	Preta	Próxima ao apoio
17	Preta	Próx. á nervura secundária

As figuras a seguir apresentam a viga em duas situações: sem fissuras, com carga de 5,0kN (figura 163); fissurada, com carga de 10kN (figura 164).

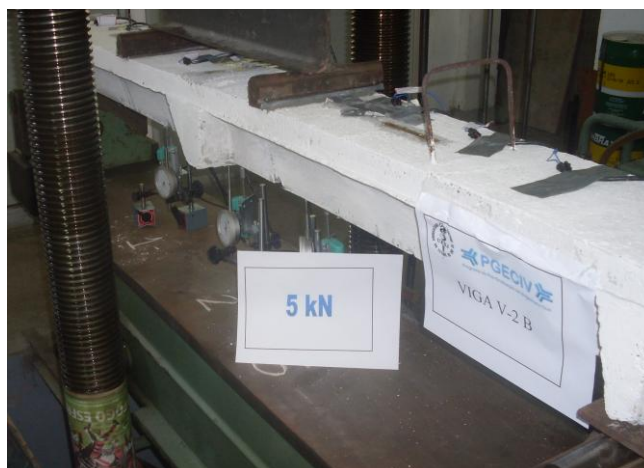


Figura 163 – Detalhes da carga sem o aparecimento de fissuras na Viga V-2B



Figura 164 – Detalhes da carga com o aparecimento de fissuras na Viga V-2B

O aspecto das fissuras, após a aplicação crescente dos carregamentos será apresentado na figura a seguir (figura 165).

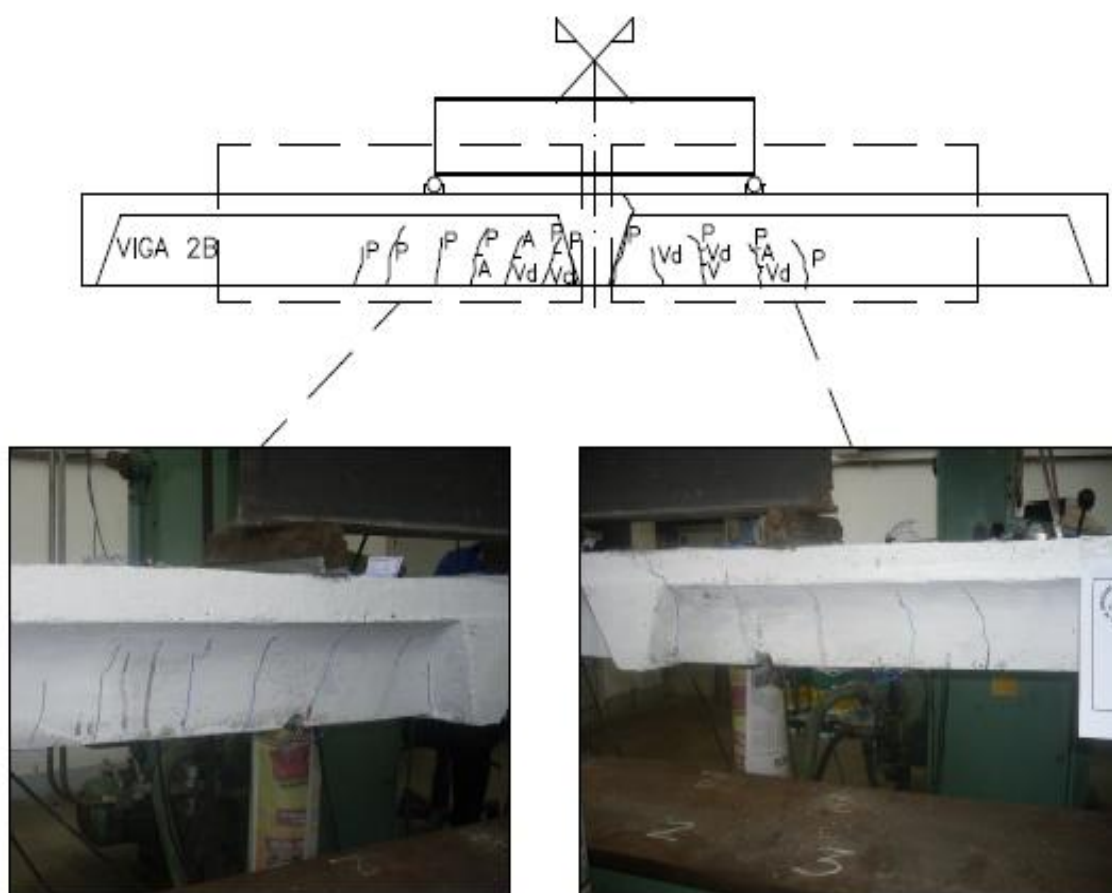


Figura 165– Detalhe das fissuras de V-2B

A posição exata de cada fissura apresentada na figura anterior, ou seja, sua distância até o eixo de simetria da viga, será apresentada na tabela a seguir. Cada fissura teve a progressão de sua abertura monitorada, estando os valores máximos de abertura, também, organizados na tabela seguinte (tabela 37).

Tabela 37– Resumo das posições e aberturas máximas das fissuras de V-2B

Viga V-2B- Posição das fissuras					
Esquerda			Direita		
Fissura/Cor	Distancia (cm)	Abert. Máx. (mm)	Fissura/Cor	Distancia (cm)	Abert. Máx. (mm)
Preta	4	0,15	Preta	4	0,15
Verde/Preta	11	0,9 / 0,9	Verde	23	0,9
Verde/Azul	19	0,9 / 0,25	Vermelha/Verde/Preta	32,8	0,90/ 0,20/0,15
Azul/Preta	26	0,25/0,10			
Preta	32,5	0,1	Verde/Azul/Preta	45	0,20/ 0,25/0,15
Preta	42,9	0,1			
Preta	49,8	0,1	Preta	44	0,15

4.5.4 Ruptura da viga V-2B

A ruptura da viga V-2B ocorreu para uma carga de 18,75kN. Nesta fase do ensaio os transdutores já haviam sido retirados, no entanto, os strain gages localizados na zona comprimida do concreto (E_c-1 e E_c-3) continuaram registrando as deformações até o final do ensaio.

Na armadura de flexão, ocorreu a ruptura do aço em região localizada a cerca de 23,0 cm do eixo de simetria da viga. Logo, pode-se verificar que a ruptura do aço ocorreu em região localizada sob a segunda fissura a direita do eixo da viga (figura 166 e detalhe).

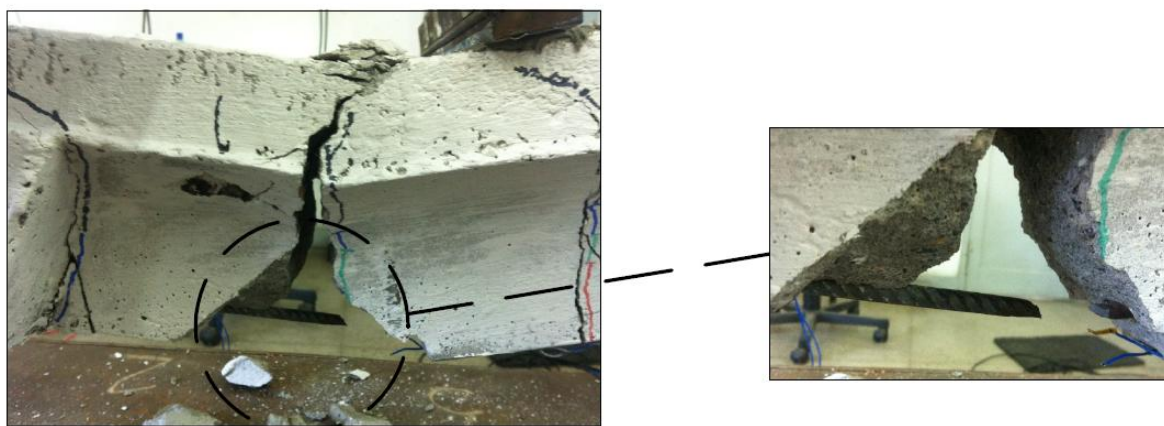


Figura 166 – Detalhe da ruptura do aço de V-2B

Houve esmagamento do concreto na zona comprimida, no lado da viga em que vinham se registrando ao longo do ensaio as maiores deformações (E_c-3), também ocorrendo deslocamento na zona tracionada na mesma direção. Ao se alcançar a carga de ruptura, a maior parte das fissuras alcançou a mesa da viga. Ocorreu, ainda, uma maior abertura da fissura que se formou na interface entre a nervura principal e secundária, conforme apresentado na foto e no detalhe a seguir (figura 167 e detalhe).

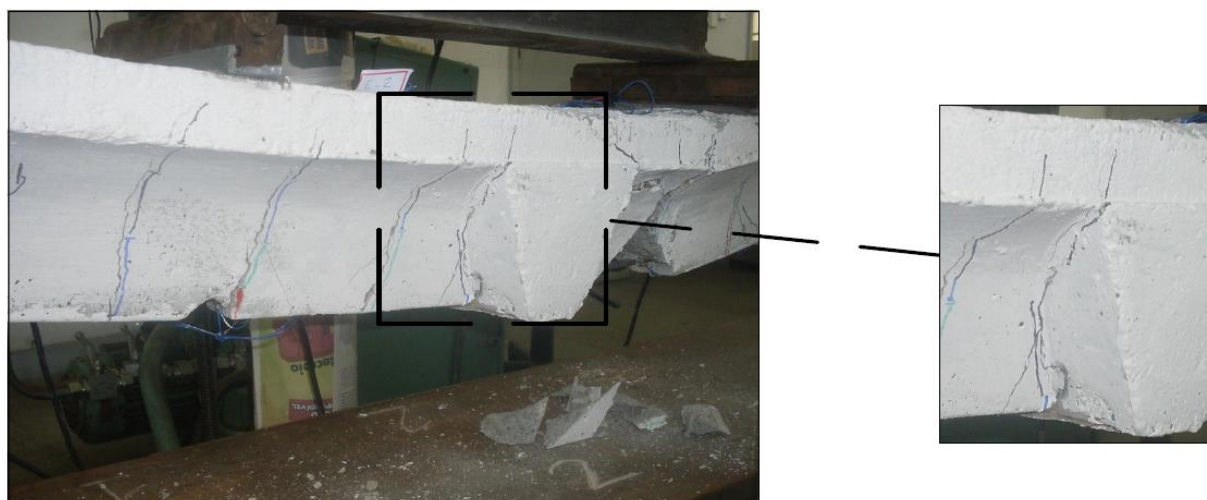


Figura 167 – Detalhe do esmagamento do concreto de V-2B

A foto a seguir (figura 168) apresenta o aspecto geral de V-2B, após o término do ensaio.



Figura 168 – Aspecto de V-2B após o término do ensaio

4.6 Ensaio da Viga V-3

4.6.1 Verificação das flechas

A metodologia do ensaio da viga V-3 foi diferenciada em relação às demais vigas, pois a aplicação das cargas foi feita em ciclos. Em cada ciclo a carga era elevada a certo patamar e depois era reduzida gradativamente a zero, perfazendo um total de cinco ciclos até a ruptura da peça .

A finalidade deste procedimento era causar danos severos de fissuração, promovendo deformações residuais e maiores aberturas de fissuras. Cabe ressaltar que o ensaio desta viga foi realizado para um trabalho de conclusão de curso, desenvolvido por um aluno de graduação, cujo tema era injeção de fissuras com resina epoxe.

Na tabela a seguir (tabela 38) foram resumidos os dados das flechas e cargas para os cinco ciclos de ensaio.

Tabela 38 – Resumo dos ciclos, cargas e flechas de V-3

Viga V-3 (Valores Experimentais)									
Ciclos	Carga	Flechas			Ciclos	Carga	Flechas		
	P _{tot} (kN)	a ₁ (mm)	a ₂ (mm)	a ₃ (mm)		P _{tot} (kN)	a ₁ (mm)	a ₂ (mm)	a ₃ (mm)
1º Ciclo	0	0,02	0,04	0,03	2º Ciclo	4	2,6	2,79	2,61
	1	0,26	0,27	0,26		8	4,35	4,66	4,3
	1,5	0,4	0,4	0,37		10	5,25	5,61	5,15
	2	0,52	0,53	0,48		8	5,53	5,95	5,4
	2,5	0,66	0,67	0,62		4	4,05	4,5	4,07
	3	0,77	0,79	0,71		0	1,74	2,09	1,78
	3,5	0,9	0,93	0,83	3º Ciclo	4	2,72	2,91	2,72
	4	1,02	1,05	0,93		8	4,64	4,96	4,57
	4,5	1,18	1,21	1,07		10	5,45	5,81	5,33
	5	1,35	1,38	1,23		0	1,73	1,89	1,77
	5,5	1,52	1,57	1,4	4º Ciclo	10	5,61	6	5,5
	6	1,74	1,79	1,59		0	1,8	1,96	1,84
	6,5	1,96	2,04	1,8		10	5,52	5,89	5,42
	7	2,4	2,54	2,33		0	1,52	1,65	1,59
	7,5	2,77	2,94	2,72	5º Ciclo	10	5,69	6,04	5,55
	8	3,08	3,3	3,03		10,5	5,8	6,18	5,68
	8,5	3,49	3,72	3,45		11	6,12	6,52	5,98
	9	4,4	4,68	4,3		11,5	6,45	6,88	6,31
	9,5	4,57	4,87	4,48		12	6,69	7,14	6,55
	10	4,98	5,32	4,88		12,5	7,02	7,49	6,87
8	5,28	5,67	5,12	13		7,53	8,11	7,35	
4	4,06	4,59	3,93	13,5		7,94	8,55	7,77	
0	1,83	1,98	1,89	14		8,39	9,05	8,25	
				14		9,31	9,92	8,96	