

## Referências Bibliográficas

ANSYS. **Reference Manual**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de Estruturas de Aço em Edifícios**. Rio de Janeiro, 2008, 237p.

BARROS, D. A. (2011). **Análise Numérica de Ligação entre Viga de Aço e Pilar Misto Preenchido com Concreto**. 2011. 134f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

BRACONI, A., SALVATORE, W., TREMBLAY, R., BURSI, O.S. **Behaviour and modelling of partial strength beam-to-column composite joints for seismic applications**. Earthquake Eng Struct Dyn 2007;36(1):142–61.

CBCA, 2004. **Ligações em Estruturas Metálicas - Série “Manual de Construção em Aço”**. Instituto brasileiro de siderurgia - Centro brasileiro da construção em aço (CBCA), Rio de Janeiro, 2004.

CODE, CEB-FIP Model. **Model code for concrete structures**. Bulletin D'Information, n. 117-E, 1990.

DA SILVA, L.S., SIMÕES, R.D., CRUZ, P.J.S. **Experimental behaviour of end-plate beam-to-column composite joints under monotonical loading**. Engineering structures Elsevier Science; 2001; 23; 1383-1409.

DE NARDIN, S. (2003). **Pilares misto preenchidos: estudo da flexo-compressão e de ligações viga-pilar**. 339f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

DE NARDIN, S.; EL DEBS, A. L. H. C. (2007). **Detalhes de ligação entre pilares mistos preenchidos e viga de aço: estudo experimental**. Caderno de Engenharia de Estruturas. vol.9; nº36,p.65-94.

STANDARD, European (EN 1993-1-8). **Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1.8: Design of joints**. Brussels: European Committee for Standardization, 2000.

STANDARD, European (EN 1994-1-1). **Eurocode 4: Design composite steel and concrete structures – Part 1.1: General rules and rules for building**. Brussels: European Committee for Standardization, 153p, 2004.

FAELLA, C., PILUSO, V. AND RIZZANO, G. **Structural steel semi-rigid connections: theory, design and software**. CRC Press LLC, 328p, 2000.

FIGUEIREDO, L. M. B.; GONÇALVES, R. M. **Comportamento de ligações mistas viga-pilar**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, vol.9, n° 36,p-95-116, 2007.

FU, F.; LAM, D. **Experimental study on semi-rigid composite joints with steel beams and precast hollowcore slabs**. Journal of Constructional Steel Research, n°62,p-771-782, 2006.

HIGASHIYAMA, H. et al. **Fatigue of headed studs welded with improved ferrules under rotating shear force**. J Constr Steel Res (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2013.09.012>.

KATTNER, M., CRISINEL, M. **Finite element modelling of semi-rigid composite joints**. Comput Struct 2000;78:341–53.

LIEW, J. Y. R., TEO, T. H., Shanmugam, N.E. **Testing of steel–concrete composite connections and appraisal of results**. J Constr Steel Res 2000; 56:117–50.

LIEW, J. Y. R., TEO, T. H., Shanmugam, N.E. **Composite joints subject to reversal of loading — part 1: experimental study**. J. Construct. Steel Res. 2003; 60; 221-246.

LIEW, J. Y. R., TEO, T. H., Shanmugam, N.E. **Composite joints subject to reversal of loading — part 2: analytical assessment**. J Constr Steel Res 2003, 60; 247-268.

LIMA, L. R. O. de. **Avaliação de ligações viga-coluna em estruturas de aço submetidas à flexão no eixo de menor inércia**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil –PUC-Rio, Brasil, 189 p, 1999.

LIMA, L. R. O. de. **Comportamento de ligações com placa de extremidade em estruturas de aço submetidas a momento fletor e força axial**. 2003. 267f. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.

MAIRAL, R. (2010). **Análise estrutural de vigas mistas de aço e concreto em perfis formados a frio: estudo da ligação viga pilar e da região de momento negativo**. 2010. 150f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, T. J. L. DE (2007). **Pisos mistos aço-concreto com ligações semi-rígidas sob ação de cargas de gravidade: análise estática não-linear e dinâmica, experimental e numérica**. 2007. 230f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

PILUSO, V., RIZZANO, G., TOLONE, I. **An advanced mechanical model for composite connections under hogging/ sagging moments.** J Constr Steel Res 2012; 72: 35-50.

PIRES, V. H. S. (2003). **Automação do cálculo de vigas mistas semi-contínuas incluindo ligações mistas.** 2003. 198f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

PISAREK, Z. **Mechanical model of steel-concrete composite joint under sagging bending moment.** SSP – Journal of Civil Engineering Vol. 7 – 33-42, Issue 1, 2012.

QUEIROZ, G.; PIMENTA, R. J.; DA MATA, L. A. (2001). **Elementos das estruturas mistas de aço e concreto.** Belo Horizonte, Ed. O Lutador.

RAMIRES, F. B. (2010). **Contribuição das componentes mistas em ligações semi-rígidas.** 300f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2010.

RODRIGUES, M. C. (2009). **Modelagem numérica de ligações viga-coluna em aço sob momento fletor e força normal.** 178f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, UERJ, Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, M. C. (2007). **Avaliação Estrutural de “T-Stubs” em Ligações Viga-Coluna em Estruturas de Aço através do Método dos Elementos Finitos.** 119f. Projeto Final de Graduação em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil, UERJ, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, L. S. DA; SIMÕES, R. D.; CRUZ, P. J. S. (2001). **Experimental behaviour of end-plate beam-to-column composite joints under monotonical loading.** Engineering Structures, n°23, p.1383-1409.

## **Apêndice A – Resumo dos Ensaios**

Neste apêndice são apresentados os valores obtidos para cada ensaio, e os respectivos cálculos para os valores derivados. Essa forma de apresentação mostra todos os dados de cada ensaio em uma única tabela, o que facilita a comparação e a verificação dos dados obtidos.

|                                          |                  |                                |                |                             |                            |                      |                      |
|------------------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                   | (Nome do ensaio) |                                | (1)            | Série pertencente do ensaio |                            |                      |                      |
| Série                                    | (1)              | (2) ensaios                    |                | (2)                         | Número de ensaios da série |                      |                      |
| <b>Arranjo</b>                           |                  |                                |                |                             |                            |                      |                      |
| (Imagem)                                 |                  | (Imagem)                       |                |                             | (Imagem)                   |                      |                      |
| Vista frontal                            |                  | Vista lateral                  |                |                             | Vista superior             |                      |                      |
| <i>Extensômetros</i>                     |                  | <i>Dados Montagem</i>          |                |                             |                            |                      |                      |
| (Imagem)                                 |                  | <u>Conectores</u>              |                |                             |                            |                      |                      |
|                                          |                  | Quantidade                     |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | Espaçamento inicial (d1) (mm)  |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | Espaçamento inicial (d2) (mm)  |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | <u>Armadura</u>                |                |                             |                            |                      |                      |
|                                          |                  | Comprimento (mm)               |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | Quantidade / lado              |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | Diâmetro (mm)                  |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | <u>Concreto</u>                |                |                             |                            |                      |                      |
|                                          |                  | f <sub>ck</sub> previsto (MPa) |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)   |                |                             | (3) automático             |                      |                      |
|                                          |                  | <u>Extensômetros</u>           |                |                             |                            |                      |                      |
|                                          |                  | Quantidade / posição           |                |                             | (4) a preencher            |                      |                      |
|                                          |                  | Posição 1 (mm)                 |                |                             | (4) a preencher            |                      |                      |
|                                          |                  | Posição 2 (mm)                 |                |                             | (4) a preencher            |                      |                      |
|                                          |                  | <u>Execução</u>                |                |                             |                            |                      |                      |
| Modificação                              |                  |                                | (3) automático |                             |                            |                      |                      |
| <b>Resultados</b>                        |                  |                                |                |                             |                            |                      |                      |
| Força total (kN)                         |                  |                                |                | Modo de ruptura             |                            |                      |                      |
| Prevista                                 | Obtida           | Prevista                       | Obtida         | Prevista                    |                            | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                         | (5)              | CP                             | (9)            | (13)                        |                            | (14)                 |                      |
| F <sub>barra</sub>                       | (6)              | ΣCB                            | (10)           | F/barra (kN)                |                            | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                       | (7)              | ΣCR                            | (11)           | prevista                    | ①                          | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                        | (8)              | ΣTP                            | (12)           | obtida                      | ②                          | (15)                 | (16)                 |
|                                          |                  |                                |                |                             |                            | f <sub>u</sub> (MPa) | (17)                 |
| <b>Força Axial</b>                       |                  |                                |                |                             |                            |                      |                      |
| Força barra (kN)                         |                  |                                |                | σ <sub>crit</sub> (MPa)     |                            |                      |                      |
| Prevista                                 |                  |                                |                | Prevista                    |                            |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                         | ③                | F <sub>ens</sub>               | ④              | σ <sub>nom</sub>            | ⑤                          | σ <sub>ens</sub>     | ⑥                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                  |                  | prevista                       |                | ⑦                           | obtida                     | ⑧                    | obt/prev<br>⑨        |
| σ <sub>crit</sub> /f <sub>ck</sub> (MPa) |                  | prevista                       |                | ⑩                           | obtida                     | ⑪                    | obt/prev<br>⑫        |

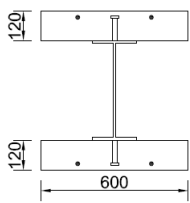
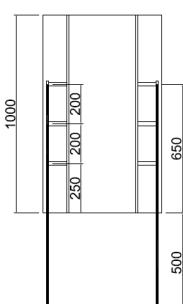
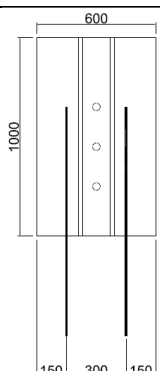
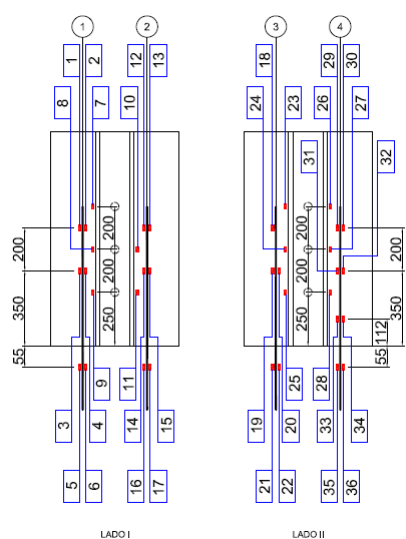
|                                         |                  |             |                                    |                             |                                     |              |                |
|-----------------------------------------|------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------|
| Ensaio                                  | (Nome do ensaio) |             | (1)                                | Série pertencente do ensaio |                                     |              |                |
| Série                                   | (1)              | (2) ensaios |                                    | (2)                         | Número de ensaios da série          |              |                |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |                  |             | Força barra Obtida (kN)            |                             | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                |
| Barra                                   | interno          | externo     | int                                | ext                         | int                                 | ext          | Barra          |
| 1                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 1              |
| 2                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 2              |
| 3                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 3              |
| 4                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 4              |
| 5                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 5              |
| 6                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 6              |
| 7                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 7              |
| 8                                       | (18)             | (18)        | (13)                               | (13)                        | (14)                                | (14)         | 8              |
|                                         | (19)             | (19)        | (20)                               | (20)                        | (21)                                | (21)         | máx            |
|                                         | (22)             | (22)        | (23)                               | (23)                        | (24)                                | (24)         | $\Sigma$       |
| $\Sigma$ Lado 1                         | (25)             | (25)        | (26)                               | (26)                        | (27)                                | (27)         | $\Sigma$ barra |
|                                         | (15)             | (15)        | (15)                               | (15)                        | (15)                                | (15)         | CP             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | (25)             | (25)        | (26)                               | (26)                        | (27)                                | (27)         | (23) / (9)     |
|                                         | (16)             | (16)        | (16)                               | (16)                        | (16)                                | (16)         |                |
|                                         | (17)             | (17)        | (17)                               | (17)                        | (17)                                | (17)         |                |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |                  | (18)        |                                    |                             |                                     |              |                |
| $F_{máx} / \Sigma A_{norm}$ (MPa)       |                  | (19)        |                                    |                             |                                     |              |                |
| $CB / \Sigma A_{norm}$ (MPa)            |                  | (20)        |                                    |                             |                                     |              |                |
| Força de arrancamento                   |                  |             |                                    |                             |                                     |              |                |
| Força barra (kN)                        |                  |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa)       |                                     |              |                |
| Prevista                                |                  |             |                                    | Prevista                    |                                     |              |                |
| $F_{nom}$                               | ①                | $F_{ens}$   | ②                                  | $\sigma_{nom}$              | ③                                   | $\tau_{ens}$ | ④              |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |                  |             | prevista                           | ⑤                           | obtida                              | ⑥            | obt/prev<br>⑦  |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |                  |             | prevista                           | ⑧                           | obtida                              | ⑨            | obt/prev<br>⑩  |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |                  |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                             | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                |
| Barra                                   | interno          | externo     | int                                | ext                         | int                                 | ext          | Barra          |
| 1                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 1              |
| 2                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 2              |
| 3                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 3              |
| 4                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 4              |
| 5                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 5              |
| 6                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 6              |
| 7                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 7              |
| 8                                       | (18)             | (18)        | ⑪                                  | ⑪                           | ⑫                                   | ⑫            | 8              |
|                                         | (19)             | (19)        | (20)                               | (20)                        | (21)                                | (21)         | máx            |
|                                         | (22)             | (22)        | (23)                               | (23)                        | (24)                                | (24)         | $\Sigma$       |
| $\Sigma$ Lado 1                         | (25)             | (25)        | (26)                               | (26)                        | (27)                                | (27)         | $\Sigma$ barra |
|                                         | (15)             | (15)        | (15)                               | (15)                        | (15)                                | (15)         | $F_{nom}$      |

| Ensaio                     | (Nome do ensaio) |                          | (1)                        | Série pertencente do ensaio |                            |                      |                      |
|----------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Série                      | (1)              | (2) ensaios)             |                            | (2)                         | Número de ensaios da série |                      |                      |
| Deformação específica (μϵ) |                  |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |                             | σcrit<br>Obtida (MPa)      |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | (25)             | (25)                     | (26)                       | (26)                        | (27)                       | (27)                 |                      |
|                            | ⓐ                | ⓐ                        | ⓐ                          | ⓐ                           | ⓐ                          | ⓐ                    |                      |
|                            | ⓑ                | ⓑ                        | ⓑ                          | ⓑ                           | ⓑ                          | ⓑ                    |                      |
| σcrit externo (MPa)        |                  | ⓓ                        | Σ Lado 1- media            |                             | ⓑ                          | ⓑ                    |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |                  | ⓔ                        | Σ Lado 2- media            |                             | ⓑ                          | ⓑ                    |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |                  | ⓕ                        | Σ - media                  |                             | ⓓ                          | ⓓ                    |                      |
| Anor (mm²)                 |                  | (28)                     |                            |                             | E (MPa)                    | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |                  | (29)                     | Valores nominais           |                             | ⓑ                          | ⓑ                    | ⓑ                    |
| Solda Conector             |                  |                          |                            |                             |                            |                      |                      |
|                            |                  |                          | Prevista                   | Obtida                      |                            | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |                  | t <sub>effmin</sub> (mm) | ⓐ                          | ⓐ                           | F <sub>con</sub> (kN)      | ⓑ                    | ⓓ                    |
| exp_form                   |                  | t <sub>effmin</sub> (mm) | (30)                       | (31)                        | F <sub>con</sub> (kN)      | ⓑ                    | ⓓ                    |
| exp_pad                    |                  | t <sub>effmin</sub> (mm) | (30)                       | (31)                        | F <sub>con</sub> (kN)      | ⓑ                    | ⓓ                    |

#### Descrições:

- (5) Corresponde ao valor calculado referente a ruptura devido a ancoragem da barra.
- (6) Corresponde ao valor calculado referente a ruptura devido ao rompimento da barra.
- (7) Corresponde ao valor calculado referente a ruptura devido ao cisalhamento do conector.
- (8) Menor valor entre os possíveis tipos de ruptura ((5), (6) e (7)). Quando o ensaio foi modificado, o menor valor é obtido entre ((5) e (6)).
- (9) Força do ensaio obtida pela célula de carga principal.
- (10) Força do ensaio obtida pelo somatório das células de cargas sobre as barras redondas. Valor a preencher.
- (11) Força do ensaio obtida pelo somatório dos extensômetros nas barras redondas. Valor a preencher.
- (12) Força do ensaio obtida pelo transdutor de pressão. Valor a preencher.
- (13) Modo de ruptura previsto, relacionada a força prevista para a ruptura do ensaio (8).
- (14) Modo de ruptura obtido, relacionado a força obtida no ensaio (9).
- (15) Referente ao valor obtido para módulo de elasticidade, quando o material foi ensaiado. Valor a preencher.
- (16) Referente ao valor obtido da tensão de escoamento, quando o material foi ensaiado. Valor a preencher.
- (17) Referente ao valor obtido da tensão de ruptura, quando o material foi ensaiado. Valor a preencher.
- (18) Valores obtidos nos ensaios para as deformações correspondentes a força de ruptura obtida.
- (19) Maior valor da deformação obtida entre as barras 1 a 8.
- (20) Maior valor entre as forças obtidas por (13) ou (11).
- (21) Maior valor entre as tensões obtidas por (14) ou (16).
- (22) Somatório de deformações obtidas entre as barras 1 a 8.
- (23) Somatório de forças obtidas por (13) ou (11).
- (24) Somatório de tensões obtidas por (14) ou (12).
- (25) Somatório de deformações obtidas entre as barras do Lado 1 ou do Lado 2.
- (26) Somatório de forças obtidas por (13) ou (11) para o Lado 1 ou do Lado 2.

|             |                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (27)        | Somatório de tensões obtidas por (14) ou (12) para o Lado 1 ou do Lado 2.                                                     |
| (28)        | Área transversal da barra.                                                                                                    |
| (29)        | Área longitudinal da barra.                                                                                                   |
| (30)        | Obtido através do gráfico de ensaios dos conectores, referente aos valores calculados considerando os resultados dos ensaios. |
| (31)        | Obtido através do gráfico de ensaios dos conectores, referente aos valores dos ensaios.                                       |
| Formulário: |                                                                                                                               |
| (1)         | = $F_{prev} / \text{número de barras}$                                                                                        |
| (2)         | = $C_p / \text{número de barras}$                                                                                             |
| (3)         | = $Anor * f_{y\_padrão} / 1000$                                                                                               |
| (4)         | = $Anor * f_{y\_ensaiado} / 1000$                                                                                             |
| (5)         | = $F_{nom} * 1000 / Anor$                                                                                                     |
| (6)         | = $F_{ens} * 1000 / Anor$                                                                                                     |
| (7)         | = $F_{prev} * 1000 / (\text{num\_barras} * Anor)$                                                                             |
| (8)         | = $CP * 1000 / (\text{num\_barras} * Anor)$                                                                                   |
| (9)         | = $\sigma_{crit\_obtido} / \sigma_{crit\_prevista}$                                                                           |
| (10)        | = (7) / $f_{ck\_previsto}$                                                                                                    |
| (11)        | = (8) / $f_{ck\_obtido}$                                                                                                      |
| (12)        | = (10) / (11)                                                                                                                 |
| (13)        | = $(18) * 10^{-6} * Anor * E / 1000$                                                                                          |
| (14)        | = (13) * 1000 / Anor                                                                                                          |
| (15)        | $\sum \text{Lado 1\_interno} / \sum \text{interno}$                                                                           |
| (16)        | $\sum \text{Lado 2\_interno} / \sum \text{interno}$                                                                           |
| (17)        | $\sum \text{interno} / \sum$                                                                                                  |
| (18)        | = $(22) * 1000 / (\text{num\_barras} * Anor)$                                                                                 |
| (19)        | = $(19) * 1000 / Anor$                                                                                                        |
| (20)        | = $(9) * 1000 / (\text{num\_barras} * Anor)$                                                                                  |
|             |                                                                                                                               |
| (1)         | = $Acis * \sigma_{nom} / 1000$                                                                                                |
| (2)         | = $Acis * \sigma_{ens} / 1000$                                                                                                |
| (3)         | = (5) / 2                                                                                                                     |
| (4)         | = (6) / 2                                                                                                                     |
| (5)         | = $(8) * 1000 / (\text{num\_barras} * Acis)$                                                                                  |
| (6)         | = $(9) * 1000 / (\text{num\_barras} * Acis)$                                                                                  |
| (7)         | = (5) / (6)                                                                                                                   |
| (8)         | = (5) / $f_{ck\_previsto}$                                                                                                    |
| (9)         | = (6) / $f_{ck\_obtido}$                                                                                                      |
| (10)        | = (8) / (9)                                                                                                                   |
| (11)        | = $((18) * 10^{-6} * Acis * E / 1000) / 2$                                                                                    |
| (12)        | Valores dos ensaios do aço                                                                                                    |
| (13)        | = $(22) * 1000 / (\text{num\_barras} * Acis)$                                                                                 |
| (14)        | = $(19) * 1000 / Acis$                                                                                                        |
| (15)        | = $(9) * 1000 / (\text{num\_barras} * Acis)$                                                                                  |
| (16)        | = (13) * 1000 / Acis                                                                                                          |
| (17)        | = (27) / num_barras_lado                                                                                                      |
| (18)        | = (24) / num_barras                                                                                                           |
| (19)        | = (8) / num_conectores                                                                                                        |
| (20)        | = (9) / num_conectores                                                                                                        |
| (0)         | = $((19) / (0,67 * 0,9 * 345 / 1000)) / A_{con}$ ou = $((20) / (0,67 * 0,9 * 345 / 1000)) / A_{con}$                          |

|                                                                                    |            |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 0 . 1 |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Série                                                                              | P0 . 0X    | ( (2 ensaios)    |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Arranjo                                                                            |            |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
|   |            |                  |        |  |        |  |                      |
| Vista frontal                                                                      |            |                  |        | Vista lateral                                                                     |        | Vista superior                                                                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |            |                  |        | Dados Montagem                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|  |            |                  |        | Conectores                                                                        |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Quantidade                                                                        |        | 3                                                                                   |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                     |        | 250                                                                                 |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                     |        | 200                                                                                 |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Armadura                                                                          |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Comprimento (mm)                                                                  |        | 1150 (500 + 650)                                                                    |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Quantidade / lado                                                                 |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Diâmetro (mm)                                                                     |        | 16                                                                                  |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Concreto                                                                          |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                    |        | 30                                                                                  |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                      |        | 28                                                                                  |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Extensômetros                                                                     |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Quantidade / posição                                                              |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Posição 1 (mm)                                                                    |        | 445                                                                                 |                      |
|                                                                                    |            |                  |        | Posição 2 (mm)                                                                    |        | 350                                                                                 |                      |
| Execução                                                                           |            |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Modificação                                                                        |            | não              |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Resultados                                                                         |            |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Força total (kN)                                                                   |            |                  |        | Modo de ruptura                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida     | Prevista         | Obtida | Prevista                                                                          |        | Obtida                                                                              |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 569,4      | CP               | 535,0  | Barra                                                                             |        | Rompimento barra 4                                                                  |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1      | ΣCB              | -      | F/barra (kN)                                                                      |        | Ensaio dos materiais                                                                |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4      | ΣCR              | -      | prevista                                                                          | 100,5  | E (MPa)                                                                             | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1      | ΣTP              | -      | obtida                                                                            | 133,8  | -                                                                                   | -                    |
|                                                                                    |            |                  |        |                                                                                   |        | f <sub>u</sub> (MPa)                                                                | -                    |
| Força Axial                                                                        |            |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |            |                  |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                           |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                           |            |                  |        | Prevista                                                                          |        |                                                                                     |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5      | F <sub>ens</sub> | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                  | 500,0  | σ <sub>ens</sub>                                                                    | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |            | prevista         |        | 500,0                                                                             | obtida | 665,2                                                                               | obt/prev<br>133,1%   |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |            | prevista         |        | 16,7                                                                              | obtida | 23,8                                                                                | obt/prev<br>142,6%   |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.0.1  |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.0X   | (2) ensaios |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 655,1   | 32,2        | 27,0                               | 1,3                   | 134,3                               | 6,6          | 1                           |
| 2                                       | 624,3   | 83,9        | 25,7                               | 3,5                   | 128,0                               | 17,2         | 2                           |
| 3                                       | 556,8   | 377,4       | 22,9                               | 15,6                  | 114,1                               | 77,4         | 3                           |
| 4                                       | 950,4   | 2271,2      | 39,2                               | 93,6                  | 194,8                               | 465,6        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 950,4   | 2271,2      | 39,2                               | 93,6                  | 194,8                               | 465,6        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2786,6  | 2764,6      | 114,9                              | 114,0                 | 571,3                               | 566,7        | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1279,4  | 116,1       | 52,7                               | 4,8                   | 262,3                               | 23,8         | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 45,9%   | 4,2%        | 45,9%                              | 4,2%                  | 45,9%                               | 4,2%         |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1507,2  | 2648,5      | 62,1                               | 109,2                 | 309,0                               | 542,9        | 21,3%                       |
|                                         | 54,1%   | 95,8%       | 54,1%                              | 95,8%                 | 54,1%                               | 95,8%        |                             |
|                                         | 50,2%   | 49,8%       | 50,2%                              | 49,8%                 | 50,2%                               | 49,8%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 141,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 465,6       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 2,9                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 665,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 4,1          | obt/prev<br>133,1%          |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>142,6%          |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 655,1   | 32,2        | 2193,9                             | 107,7                 | 0,8                                 | 0,0          | 1                           |
| 2                                       | 624,3   | 83,9        | 2090,9                             | 281,1                 | 0,8                                 | 0,1          | 2                           |
| 3                                       | 556,8   | 377,4       | 1864,6                             | 1263,8                | 0,7                                 | 0,5          | 3                           |
| 4                                       | 950,4   | 2271,2      | 3182,9                             | 7605,9                | 1,2                                 | 2,9          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 950,4   | 2271,2      | 3182,9                             | 7605,9                | 1,2                                 | 2,9          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2786,6  | 2764,6      | 9332,3                             | 9258,5                | 3,5                                 | 3,5          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1279,4  | 116,1       | 4284,7                             | 388,8                 | 1,6                                 | 0,1          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 45,9%   | 4,2%        | 45,9%                              | 4,2%                  | 45,9%                               | 4,2%         |                             |

|                            |        |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|----------------------------|--------|--------------------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0.0.1 |                          |                            |        |                       |                      |                      |
| Série                      | P0.0X  | (2) ensaios)             |                            |        |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |        |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1507,2 | 2648,5                   | 5047,6                     | 8869,7 | 1,9                   | 3,3                  | 28,3%                |
|                            | 54,1%  | 95,8%                    | 54,1%                      | 95,8%  | 54,1%                 | 95,8%                |                      |
|                            | 50,2%  | 49,8%                    | 50,2%                      | 49,8%  | 50,2%                 | 49,8%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |        | 283,4                    | Σ Lado 1- media            |        | 0,8                   | 0,1                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |        | 232,8                    | Σ Lado 2- media            |        | 1,0                   | 1,7                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |        | 4,1                      | Σ - media                  |        | 0,9                   | 0,9                  |                      |
| Anor (mm²)                 |        | 201,06                   |                            |        | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |        | 32672,56                 | Valores nominais           |        | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |        |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|                            |        |                          | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 5,4                        | 7,2    | F <sub>con</sub> (kN) | 67,0                 | 89,2                 |
| exp_form                   |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 4,2                        | 5,6    | F <sub>con</sub> (kN) | 67,0                 | 89,2                 |
| exp_pad                    |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 2,2                        | 8,2    | F <sub>con</sub> (kN) | 67,0                 | 89,2                 |

**Considerações:**

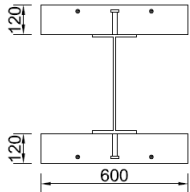
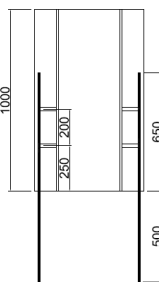
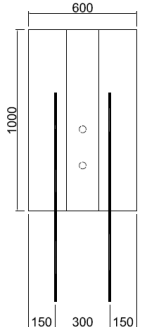
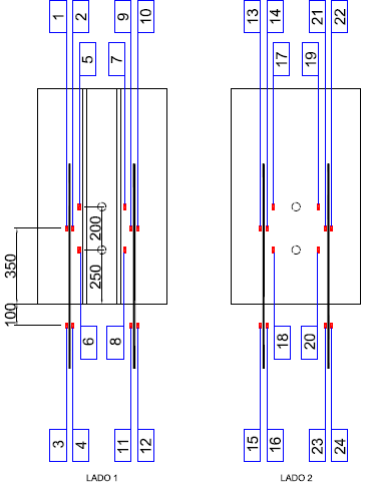
- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específicas, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externo

Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.
- A força obtida pela célula de carga foi 33% superior a prevista.  
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e a força prevista, observa-se um valor de 7% superior para a esperada.
- Observa-se a grande diferença de esforços nas barras, tendo os maiores valores a barra 4, onde ocorreu a ruptura.  
O desequilíbrio entre os lados também pode ser observado com esta comparação de barras.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |        |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.0.2 |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Série                                                                              | P0.0X  | ( (2 ensaios) )  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Arranjo                                                                            |        |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
|   |        |                  |        |  |        |  |                      |
| Vista frontal                                                                      |        |                  |        | Vista lateral                                                                     |        | Vista superior                                                                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |        |                  |        | Dados Montagem                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|  |        |                  |        | Conectores                                                                        |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Quantidade                                                                        |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                     |        | 250                                                                                 |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                     |        | 200                                                                                 |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Armadura                                                                          |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Comprimento (mm)                                                                  |        | 1150 (500 + 650)                                                                    |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Quantidade / lado                                                                 |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Diâmetro (mm)                                                                     |        | 16                                                                                  |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Concreto                                                                          |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                    |        | 30                                                                                  |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                      |        | 28                                                                                  |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Extensômetros                                                                     |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Quantidade / posição                                                              |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Posição 1 (mm)                                                                    |        | 400                                                                                 |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Posição 2 (mm)                                                                    |        | 350                                                                                 |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Execução                                                                          |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |        |                  |        | Modificação                                                                       |        | não                                                                                 |                      |
| Resultados                                                                         |        |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Força total (kN)                                                                   |        |                  |        | Modo de ruptura                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida | Prevista         | Obtida | Prevista                                                                          |        | Obtida                                                                              |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 569,2  | CP               | 385,0  | Barra                                                                             |        | Conector                                                                            |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1  | ΣCB              | -      | F/barra (kN)                                                                      |        | Ensaio dos materiais                                                                |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 473,0  | ΣCR              | -      | prevista                                                                          | 118,3  | E (MPa)                                                                             | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1  | ΣTP              | -      | obtida                                                                            | 96,3   | -                                                                                   | -                    |
|                                                                                    |        |                  |        |                                                                                   |        | f <sub>u</sub> (MPa)                                                                | -                    |
| Força Axial                                                                        |        |                  |        |                                                                                   |        |                                                                                     |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |        |                  |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                           |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                           |        |                  |        | Prevista                                                                          |        |                                                                                     |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5  | F <sub>ens</sub> | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                  | 500,0  | σ <sub>ens</sub>                                                                    | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |        | prevista         |        | 500,0                                                                             | obtida | 478,7                                                                               | obt/prev<br>95,7%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |        | prevista         |        | 16,7                                                                              | obtida | 17,1                                                                                | obt/prev<br>102,6%   |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.0.2  |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.0X   | (2) ensaios |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 904,8   | 1102,6      | 37,3                               | 45,4                  | 185,5                               | 226,0        | 1                           |
| 2                                       | 864,1   | 3340,8      | 35,6                               | 101,0                 | 177,1                               | 502,0        | 2                           |
| 3                                       | 137,3   | 2815,3      | 5,7                                | 100,8                 | 28,1                                | 501,5        | 3                           |
| 4                                       | 237,3   | 6360,6      | 9,8                                | 102,5                 | 48,6                                | 509,8        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 904,8   | 6360,6      | 37,3                               | 102,5                 | 185,5                               | 509,8        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2143,4  | 13619,4     | 88,3                               | 349,7                 | 439,4                               | 1739,3       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1768,9  | 4443,4      | 72,9                               | 146,4                 | 362,6                               | 728,0        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 82,5%   | 32,6%       | 82,5%                              | 41,9%                 | 82,5%                               | 41,9%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 374,5   | 9175,9      | 15,4                               | 203,3                 | 76,8                                | 1011,3       | 90,8%                       |
|                                         | 17,5%   | 67,4%       | 17,5%                              | 58,1%                 | 17,5%                               | 58,1%        |                             |
|                                         | 13,6%   | 86,4%       | 20,2%                              | 79,8%                 | 20,2%                               | 79,8%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 434,9       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 509,8       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 3,1                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 478,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 2,9          | obt/prev<br>95,7%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>102,6%          |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 904,8   | 1102,6      | 3030,1                             | 3692,7                | 1,1                                 | 1,4          | 1                           |
| 2                                       | 864,1   | 3340,8      | 2893,7                             | 8206,3                | 1,1                                 | 3,1          | 2                           |
| 3                                       | 137,3   | 2815,3      | 459,7                              | 8190,0                | 0,2                                 | 3,1          | 3                           |
| 4                                       | 237,3   | 6360,6      | 794,6                              | 8328,1                | 0,3                                 | 3,1          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 904,8   | 6360,6      | 3030,1                             | 8328,1                | 1,1                                 | 3,1          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2143,4  | 13619,4     | 7178,1                             | 28417,0               | 2,7                                 | 10,7         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1768,9  | 4443,4      | 5923,8                             | 11898,9               | 2,2                                 | 4,5          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 82,5%   | 32,6%       | 82,5%                              | 41,9%                 | 82,5%                               | 41,9%        |                             |

|                            |        |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|--------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0.0.2 |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0.0X  | (2) ensaios)             |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |        |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 374,5  | 9175,9                   | 1254,3                     | 16518,1 | 0,5                   | 6,2                  | 87,0%                |
|                            | 17,5%  | 67,4%                    | 17,5%                      | 58,1%   | 17,5%                 | 58,1%                |                      |
|                            | 13,6%  | 86,4%                    | 20,2%                      | 79,8%   | 20,2%                 | 79,8%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |        | 869,8                    | Σ Lado 1- media            |         | 1,1                   | 2,2                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |        | 254,9                    | Σ Lado 2- media            |         | 0,2                   | 3,1                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |        | 2,9                      | Σ - media                  |         | 0,7                   | 2,7                  |                      |
| Anor (mm²)                 |        | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |        | 32672,56                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |        |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |        |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 7,8     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 96,3                 |
| exp_form                   |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 6,0     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 96,3                 |
| exp_pad                    |        | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 10,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 96,3                 |

**Considerações:**

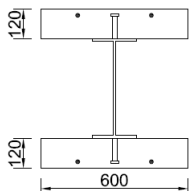
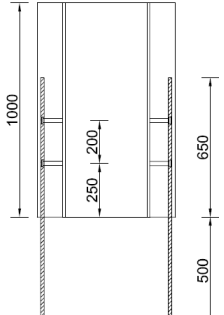
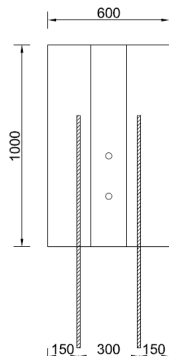
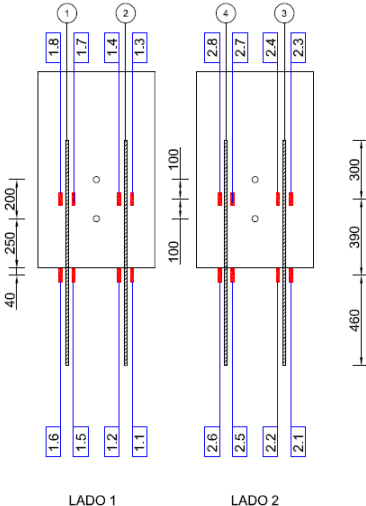
- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externo

Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.
- A força obtida pela célula de carga foi 4% inferior a prevista, valor dentro dos limites de tolerância.  
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se que a força total é superior em 6%.
- Observa-se a grande diferença de esforços nas barras e entre barras de mesmo lado, sendo a diferença entre os somatórios das barras superior a 50%.  
O desequilíbrio entre os lados também pode ser observado com esta comparação de barras.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 11 |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Série                                                                              | P0 . 1X | ( 2) ensaios)                                                                      |        |                                                                                     |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|   |         |  |        |  |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 250                                                                                 |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1150 (500 + 650)                                                                    |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 16                                                                                  |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 38,5                                                                                |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 390                                                                                 |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Modificação                                                                        |         | sim                                                                                |        |                                                                                     |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura                                                                     |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                                                                            |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 596,2   | CP                                                                                 | 351,3  | Barra                                                                               |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1   | ΣCB                                                                                | 422,6  | Rompimento barra 3                                                                  |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                                | -      | Ensaio dos materiais                                                                |                      |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1   | ΣTP                                                                                | -      | F/barra (kN)                                                                        |                      |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | prevista                                                                            | 100,5                |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | obtida                                                                              | 87,8                 |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | E (MPa)                                                                             | f <sub>y</sub> (MPa) |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | 251940                                                                              | 577,7                |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | f <sub>u</sub> (MPa)                                                                | 782,1                |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                                                                            |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                   | 116,2  | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0                |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | σ <sub>ens</sub>                                                                    | 577,7                |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 500,0                                                                               | obtida               |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | 436,8                                                                               | obt/prev 87,4%       |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 16,7                                                                                | obtida               |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        | 11,3                                                                                | obt/prev 68,1%       |

|                                         |         |               |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|---------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.11   |               |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.1X   | (2 ensaios)   |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |               | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo       | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 592,5   | 1464,5        | 24,4                               | 60,4                  | 121,5                               | 300,2        | 1                           |
| 2                                       | 25,0    | <u>8644,0</u> | 1,0                                | <u>104,0</u>          | 5,1                                 | <u>517,3</u> | 2                           |
| 3                                       | 1255,0  | <u>8734,5</u> | 51,7                               | <u>104,0</u>          | 257,3                               | <u>517,3</u> | 3                           |
| 4                                       | 118,0   | 516,0         | 4,9                                | 21,3                  | 24,2                                | 105,8        | 4                           |
| 5                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 1255,0  | 8734,5        | 51,7                               | 104,0                 | 257,3                               | 517,3        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1990,5  | 19359,0       | 82,0                               | 289,6                 | 408,1                               | 1440,5       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 617,5   | 10108,5       | 25,5                               | 164,4                 | 126,6                               | 817,5        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 31,0%   | 52,2%         | 31,0%                              | 56,7%                 | 31,0%                               | 56,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1373,0  | 9250,5        | 56,6                               | 125,3                 | 281,5                               | 623,0        | 82,4%                       |
|                                         | 69,0%   | 47,8%         | 69,0%                              | 43,3%                 | 69,0%                               | 43,3%        |                             |
|                                         | 9,3%    | 90,7%         | 22,1%                              | 77,9%                 | 22,1%                               | 77,9%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 360,1         |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 517,3         | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 3,2                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 436,8         |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |               |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |               |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |               |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$     | 9437,5                             | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | 288,9                       |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |               | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 2,7          | obt/prev<br>87,4%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |               | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>68,1%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |               | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo       | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 592,5   | 1464,5        | 1984,2                             | 4904,5                | 0,7                                 | 1,8          | 1                           |
| 2                                       | 25,0    | <u>8644,0</u> | 83,7                               | 8450,0                | 0,0                                 | 3,2          | 2                           |
| 3                                       | 1255,0  | <u>8734,5</u> | 4202,9                             | 8450,0                | 1,6                                 | 3,2          | 3                           |
| 4                                       | 118,0   | 516,0         | 395,2                              | 1728,1                | 0,1                                 | 0,7          | 4                           |
| 5                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -             | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 1255,0  | 8734,5        | 4202,9                             | 8450,0                | 1,6                                 | 3,2          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1990,5  | 19359,0       | 6666,1                             | 23532,6               | 2,5                                 | 8,9          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 617,5   | 10108,5       | 2068,0                             | 13354,5               | 0,8                                 | 5,0          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 31,0%   | 52,2%         | 31,0%                              | 56,7%                 | 31,0%                               | 56,7%        |                             |

|                            |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 11 |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0 . 1X | ( 2 ensaios)             |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1373,0  | 9250,5                   | 4598,1                     | 10178,1 | 1,7                   | 3,8                  | 72,0%                |
|                            | 69,0%   | 47,8%                    | 69,0%                      | 43,3%   | 69,0%                 | 43,3%                |                      |
|                            | 9,3%    | 90,7%                    | 22,1%                      | 77,9%   | 22,1%                 | 77,9%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 720,3                    | Σ Lado 1- media            |         | 0,4                   | 2,5                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 258,6                    | Σ Lado 2- media            |         | 0,9                   | 1,9                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,7                      | Σ - media                  |         | 0,6                   | 2,2                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 32672,56                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 7,1     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 87,8                 |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 5,6     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 87,8                 |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 7,6     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 96,3                 |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

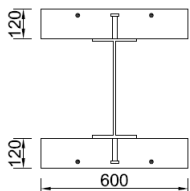
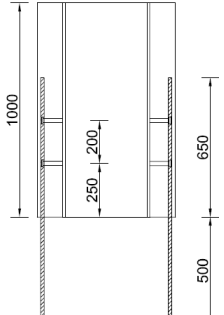
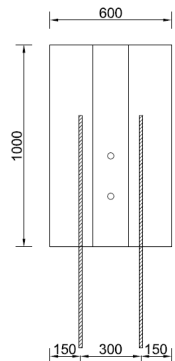
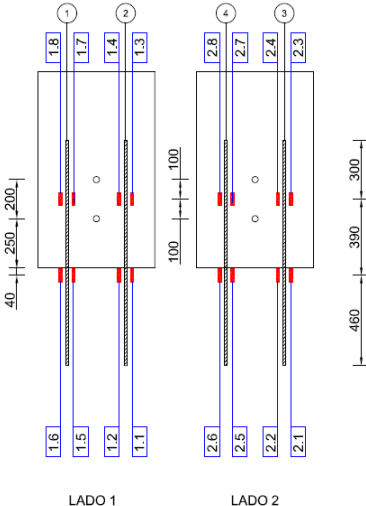
Barra 3 com maior carga aplicada e a Barra 2 quase não recebe esforços.

Barra 2 e 3 com cargas aplicadas superiores as demais.
- A força obtida pela célula de carga foi 14% inferior a prevista.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se que a força calculado pelo extensômetro na barra foi superior em 14%.

Para a comparação de tensão observa-se uma diferença de 13% quando utilizado os valores totais, mas quando utilizada as deformações específicas, observa-se que a tensão normal é 3% superior e a cisalhante 258%.
- Observa-se um equilíbrio entre o somatório de deformações específicas entre os lados.

Porém, ao analisar cada lado, é possível verificar que oo lado 2 os valores de cada barra são discrepantes.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Ensaio                                                                             | P0 . 12 |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Série                                                                              | P0 . 1X |                  | ( 2) ensaios) |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Arranjo                                                                            |         |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
|   |         |                  |               |  |        |                      |  |  |
| Vista frontal                                                                      |         |                  |               | Vista lateral                                                                      |        |                      | Vista superior                                                                      |  |
| Extensômetros                                                                      |         |                  |               | Dados Montagem                                                                     |        |                      |                                                                                     |  |
|  |         |                  |               | Conectores                                                                         |        |                      |                                                                                     |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade                                                                         |        |                      | 2                                                                                   |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                      | 250                                                                                 |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                      | 200                                                                                 |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Armadura                                                                           |        |                      |                                                                                     |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Comprimento (mm)                                                                   |        |                      | 1150 (500 + 650)                                                                    |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade / lado                                                                  |        |                      | 2                                                                                   |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                      | 16                                                                                  |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Concreto                                                                           |        |                      |                                                                                     |  |
|                                                                                    |         |                  |               | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                      | 30                                                                                  |  |
|                                                                                    |         |                  |               | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                      | 38,5                                                                                |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Extensômetros                                                                      |        |                      |                                                                                     |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade / posição                                                               |        |                      | 2                                                                                   |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                      | 460                                                                                 |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                      | 390                                                                                 |  |
| Execução                                                                           |         |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Modificação                                                                        |         |                  | sim           |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Resultados                                                                         |         |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Força total (kN)                                                                   |         |                  |               | Modo de ruptura                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista         | Obtida        | Prevista                                                                           |        |                      | Obtida                                                                              |  |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 596,2   | CP               | 424,1         | Barra                                                                              |        |                      | Ancoragem Barra 2                                                                   |  |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1   | ΣCB              | 456,9         | F/barra (kN)                                                                       |        |                      | Ensaio dos materiais                                                                |  |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR              | -             | prevista                                                                           | 149,1  | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa)                                                                |  |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1   | ΣTP              | -             | obtida                                                                             | 106,0  | 251940               | 577,7                                                                               |  |
|                                                                                    |         |                  |               |                                                                                    |        | f <sub>u</sub> (MPa) | 782,1                                                                               |  |
| Força Axial                                                                        |         |                  |               |                                                                                    |        |                      |                                                                                     |  |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                  |               | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |        |                      |                                                                                     |  |
| Prevista                                                                           |         |                  |               | Prevista                                                                           |        |                      |                                                                                     |  |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub> | 116,2         | σ <sub>nom</sub>                                                                   | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | 577,7                                                                               |  |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista         |               | 500,0                                                                              | obtida | 527,3                | obt/prev 105,5%                                                                     |  |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista         |               | 16,7                                                                               | obtida | 13,7                 | obt/prev 82,2%                                                                      |  |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.12   |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.1X   | (2 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 741,0   | 5852,0      | 30,5                               | 103,0                 | 43,6                                | 509,0        | 1                           |
| 2                                       | 836,5   | 4847,0      | 34,5                               | 102,0                 | 43,6                                | 506,0        | 2                           |
| 3                                       | 384,0   | 10942,0     | 15,8                               | 105,0                 | 43,6                                | 521,0        | 3                           |
| 4                                       | 212,5   | -           | 8,8                                | -                     | 43,6                                | -            | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 836,5   | 10942,0     | 34,5                               | 105,0                 | 171,5                               | 521,0        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2174,0  | 21641,0     | 89,6                               | 310,0                 | 445,7                               | 1536,0       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1577,5  | 10699,0     | 65,0                               | 205,0                 | 323,4                               | 1015,0       | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 72,6%   | 49,4%       | 72,6%                              | 66,1%                 | 72,6%                               | 66,1%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 596,5   | 10942,0     | 24,6                               | 105,0                 | 122,3                               | 521,0        | 73,1%                       |
|                                         | 27,4%   | 50,6%       | 27,4%                              | 33,9%                 | 27,4%                               | 33,9%        |                             |
|                                         | 9,1%    | 90,9%       | 22,4%                              | 77,6%                 | 22,5%                               | 77,5%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 385,5       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 522,2       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 3,2                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 527,3       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | 9437,5                             | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | 288,9                       |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 3,2          | obt/prev<br>105,5%          |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>82,2%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 741,0   | 5852,0      | 2481,6                             | 8368,8                | 0,9                                 | 3,2          | 1                           |
| 2                                       | 836,5   | 4847,0      | 2801,4                             | 8287,5                | 1,1                                 | 3,1          | 2                           |
| 3                                       | 384,0   | 10942,0     | 1286,0                             | 8531,3                | 0,5                                 | 3,2          | 3                           |
| 4                                       | 212,5   | -           | 711,6                              | -                     | 0,3                                 | -            | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 836,5   | 10942,0     | 2801,4                             | 8531,3                | 1,1                                 | 3,2          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2174,0  | 21641,0     | 7280,6                             | 25187,5               | 2,7                                 | 9,5          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1577,5  | 10699,0     | 5282,9                             | 16656,3               | 2,0                                 | 6,3          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 72,6%   | 49,4%       | 72,6%                              | 66,1%                 | 72,6%                               | 66,1%        |                             |

|                            |         |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 12 |                          |                            |        |                       |                      |                      |
| Série                      | P0 . 1X | ( 2) ensaios)            |                            |        |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 596,5   | 10942,0                  | 1997,6                     | 8531,3 | 0,8                   | 3,2                  | 77,1%                |
|                            | 27,4%   | 50,6%                    | 27,4%                      | 33,9%  | 27,4%                 | 33,9%                |                      |
|                            | 9,1%    | 90,9%                    | 22,4%                      | 77,6%  | 22,4%                 | 77,6%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 770,9                    | Σ Lado 1- media            |        | 1,0                   | 3,1                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 261,1                    | Σ Lado 2- media            |        | 0,4                   | 1,6                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,2                      | Σ - media                  |        | 0,7                   | 2,4                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |        | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 32672,56                 | Valores nominais           |        | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 8,5    | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 106,0                |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 6,8    | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 106,0                |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 12,0   | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 106,0                |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

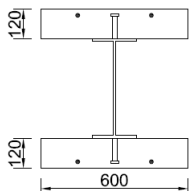
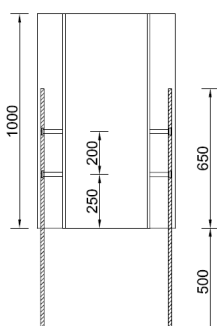
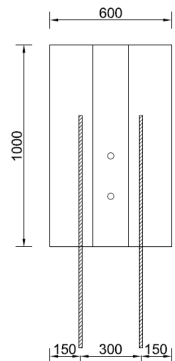
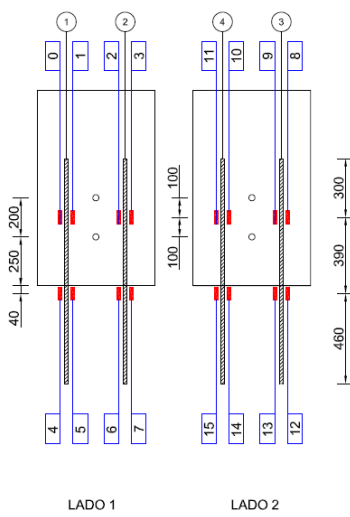
Barra 1 e 2 com maiores cargas aplicadas e próximas entre si e a Barra 3 e 4 também.

Barra 3 com deformação específica muito superior as das demais barras válidas.
- Os valores de força foram próximas entre o previsto e obtido, assim como os de tensão normal e cisalhante.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se que os valores encontrados são próximos.

Para a comparação de tensão observa-se uma diferença de 5% quando utilizado os valores totais, mas quando utilizada as deformações específicas, observa-se que a tensão normal é 5% superior e a cisalhante 349%.
- Observa-se um equilíbrio entre o somatório de deformações específicas entre os lados.

Porém, ao analisar cada lado e cada barra, é possível verificar que a maior deformação específica não ocorreu na barra que rompeu.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa. Ensaios com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                                                           |         |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                                                                    | P0.11.r |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Série                                                                                                                     | P0.1X   | ( 3 ensaios)     |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Arranjo                                                                                                                   |         |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
|                                          |         |                  |        |  |        |  |                      |
| Vista frontal                                                                                                             |         |                  |        | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |                      |
| Extensômetros                                                                                                             |         |                  |        | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |                      |
| <br><div>LADO 1</div> <div>LADO 2</div> |         |                  |        | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Quantidade                                                                         |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 250                                                                                 |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1150 (500 + 650)                                                                    |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Quantidade / lado                                                                  |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 16                                                                                  |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 29                                                                                  |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |                      |
|                                                                                                                           |         |                  |        | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 390                                                                                 |                      |
| Execução                                                                                                                  |         |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Modificação                                                                                                               |         | não              |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Resultados                                                                                                                |         |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Força total (kN)                                                                                                          |         |                  |        | Modo de ruptura                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                                                                  | Obtida  | Prevista         | Obtida | Prevista                                                                           |        | Obtida                                                                              |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                                                          | 596,2   | CP               | 319,0  | Barra                                                                              |        | Solda Conector                                                                      |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                                                        | 402,1   | ΣCB              | -      | F/barra (kN)                                                                       |        | Ensaio dos materiais                                                                |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                                                        | 475,6   | ΣCR              | -      | prevista                                                                           | 100,5  | E (MPa)                                                                             | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                                                         | 402,1   | ΣTP              | -      | obtida                                                                             | 79,8   | -                                                                                   | -                    |
|                                                                                                                           |         |                  |        |                                                                                    |        | f <sub>u</sub> (MPa)                                                                | -                    |
| Força Axial                                                                                                               |         |                  |        |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |
| Força barra (kN)                                                                                                          |         |                  |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |        |                                                                                     |                      |
| Prevista                                                                                                                  |         |                  |        | Prevista                                                                           |        |                                                                                     |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                                                          | 100,5   | F <sub>ens</sub> | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                   | 500,0  | σ <sub>ens</sub>                                                                    | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                                                                   |         | prevista         |        | 500,0                                                                              | obtida | 396,6                                                                               | obt/prev<br>79,3%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                                                                 |         | prevista         |        | 16,7                                                                               | obtida | 13,7                                                                                | obt/prev<br>82,1%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.11.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.1X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 717,5   | 1930,0      | 29,6                               | 79,6                  | 147,1                               | 395,7        | 1                           |
| 2                                       | 498,0   | 1619,0      | 20,5                               | 66,7                  | 102,1                               | 331,9        | 2                           |
| 3                                       | 764,5   | 1416,0      | 31,5                               | 58,4                  | 156,7                               | 290,3        | 3                           |
| 4                                       | 597,0   | 1723,0      | 24,6                               | 71,0                  | 122,4                               | 353,2        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 764,5   | 1930,0      | 31,5                               | 79,6                  | 156,7                               | 395,7        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2577,0  | 6688,0      | 106,2                              | 275,7                 | 528,3                               | 1371,0       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1215,5  | 3549,0      | 50,1                               | 146,3                 | 249,2                               | 727,5        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 47,2%   | 53,1%       | 47,2%                              | 53,1%                 | 47,2%                               | 53,1%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1361,5  | 3139,0      | 56,1                               | 129,4                 | 279,1                               | 643,5        | 86,4%                       |
|                                         | 52,8%   | 46,9%       | 52,8%                              | 46,9%                 | 52,8%                               | 46,9%        |                             |
|                                         | 27,8%   | 72,2%       | 27,8%                              | 72,2%                 | 27,8%                               | 72,2%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 342,8       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 395,7       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 2,4                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 396,6       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 2,4          | obt/prev<br>79,3%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>82,1%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 717,5   | 1930,0      | 2402,9                             | 6463,4                | 0,9                                 | 2,4          | 1                           |
| 2                                       | 498,0   | 1619,0      | 1667,8                             | 5421,9                | 0,6                                 | 2,0          | 2                           |
| 3                                       | 764,5   | 1416,0      | 2560,3                             | 4742,1                | 1,0                                 | 1,8          | 3                           |
| 4                                       | 597,0   | 1723,0      | 1999,3                             | 5770,2                | 0,8                                 | 2,2          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 764,5   | 1930,0      | 2560,3                             | 6463,4                | 1,0                                 | 2,4          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2577,0  | 6688,0      | 8630,2                             | 22397,7               | 3,3                                 | 8,4          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1215,5  | 3549,0      | 4070,6                             | 11885,4               | 1,5                                 | 4,5          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 47,2%   | 53,1%       | 47,2%                              | 53,1%                 | 47,2%                               | 53,1%        |                             |

|                            |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0.11.r |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0.1X   | (3 ensaios)              |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1361,5  | 3139,0                   | 4559,6                     | 10512,3 | 1,7                   | 4,0                  | 68,6%                |
|                            | 52,8%   | 46,9%                    | 52,8%                      | 46,9%   | 52,8%                 | 46,9%                |                      |
|                            | 27,8%   | 72,2%                    | 27,8%                      | 72,2%   | 27,8%                 | 72,2%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 685,5                    | Σ Lado 1- media            |         | 0,8                   | 2,2                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 197,8                    | Σ Lado 2- media            |         | 0,9                   | 2,0                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,4                      | Σ - media                  |         | 0,8                   | 2,1                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 32672,56                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 6,4     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 79,8                 |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 5,0     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 79,8                 |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 5,6     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 79,8                 |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externo

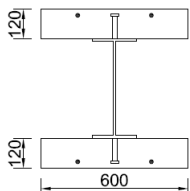
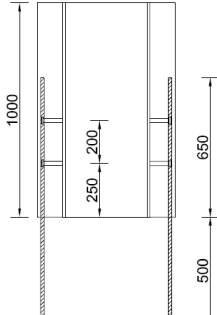
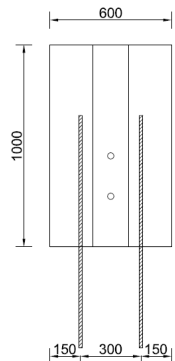
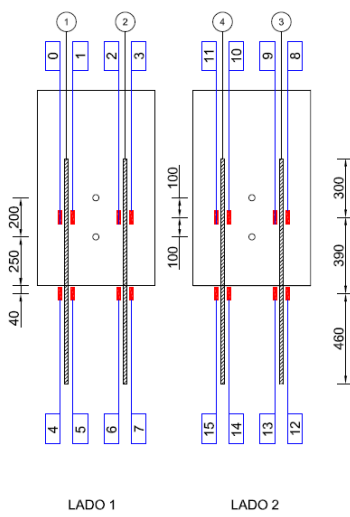
Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.
- A força obtida pela célula de carga foi 21% inferior a prevista.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força prevista, a diferença permanece a mesma, ou seja, 21%.

Para a comparação de tensão observa-se uma diferença de 21% quando utilizado os valores totais, mesmo desvio quando utilizada as deformações específicas.
- Observa-se um equilíbrio entre o somatório de deformações específicas entre os lados e entre as barras.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.12.r |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.1X   | (3 ensaios)                                                                        |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |         |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                         | 250                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                         | 200                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        |                         | 1150 (500 + 650)                                                                    |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                         | 16                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                         | 30                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                         | 29                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                         | 460                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                         | 390                                                                                 |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         |                                                                                    | não    |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 596,2   | CP                                                                                 | 352,2  | Barra                   |                                                                                     | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1   | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                                | -      | prevista                | 100,5                                                                               | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1   | ΣTP                                                                                | -      | obtida                  | 88,1                                                                                | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 500,0                   | obtida                                                                              | 437,9                | obt/prev<br>87,6%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 16,7                    | obtida                                                                              | 15,1                 | obt/prev<br>90,6%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.12.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.1X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 714,5   | 879,0       | 29,5                               | 36,2                  | 146,5                               | 180,2        | 1                           |
| 2                                       | 760,0   | 1283,0      | 31,3                               | 52,9                  | 155,8                               | 263,0        | 2                           |
| 3                                       | 821,0   | 1776,5      | 33,8                               | 73,2                  | 168,3                               | 364,2        | 3                           |
| 4                                       | 865,0   | 2112,0      | 35,7                               | 87,1                  | 177,3                               | 433,0        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 865,0   | 2112,0      | 35,7                               | 87,1                  | 177,3                               | 433,0        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3160,5  | 6050,5      | 130,3                              | 249,4                 | 647,9                               | 1240,4       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1474,5  | 2162,0      | 60,8                               | 89,1                  | 302,3                               | 443,2        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 46,7%   | 35,7%       | 46,7%                              | 35,7%                 | 46,7%                               | 35,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1686,0  | 3888,5      | 69,5                               | 160,3                 | 345,6                               | 797,1        | 70,8%                       |
|                                         | 53,3%   | 64,3%       | 53,3%                              | 64,3%                 | 53,3%                               | 64,3%        |                             |
|                                         | 34,3%   | 65,7%       | 34,3%                              | 65,7%                 | 34,3%                               | 65,7%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 310,1       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 433,0       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 2,7                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 437,9       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 2,7          | obt/prev<br>87,6%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>90,6%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 714,5   | 879,0       | 2392,8                             | 2943,7                | 0,9                                 | 1,1          | 1                           |
| 2                                       | 760,0   | 1283,0      | 2545,2                             | 4296,7                | 1,0                                 | 1,6          | 2                           |
| 3                                       | 821,0   | 1776,5      | 2749,5                             | 5949,4                | 1,0                                 | 2,2          | 3                           |
| 4                                       | 865,0   | 2112,0      | 2896,8                             | 7073,0                | 1,1                                 | 2,7          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 865,0   | 2112,0      | 2896,8                             | 7073,0                | 1,1                                 | 2,7          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3160,5  | 6050,5      | 10584,3                            | 20262,7               | 4,0                                 | 7,6          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1474,5  | 2162,0      | 4938,0                             | 7240,4                | 1,9                                 | 2,7          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 46,7%   | 35,7%       | 46,7%                              | 35,7%                 | 46,7%                               | 35,7%        |                             |

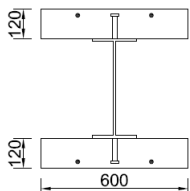
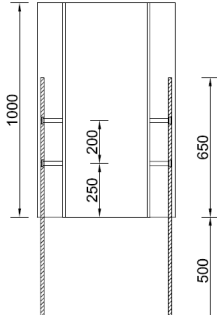
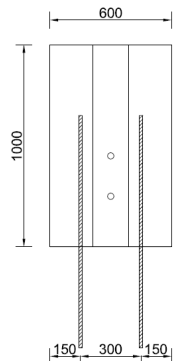
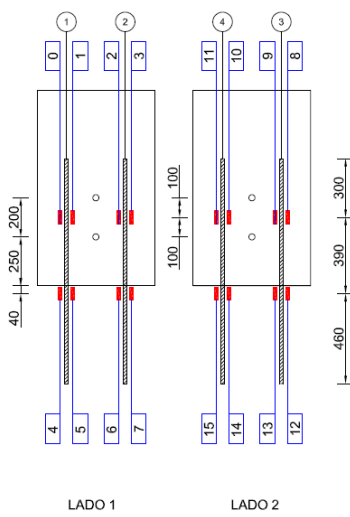
|                            |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0.12.r |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0.1X   | (3 ensaios)              |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1686,0  | 3888,5                   | 5646,3                     | 13022,3 | 2,1                   | 4,9                  | 62,0%                |
|                            | 53,3%   | 64,3%                    | 53,3%                      | 64,3%   | 53,3%                 | 64,3%                |                      |
|                            | 34,3%   | 65,7%                    | 34,3%                      | 65,7%   | 34,3%                 | 65,7%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 620,2                    | Σ Lado 1- media            |         | 0,9                   | 1,4                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 216,5                    | Σ Lado 2- media            |         | 1,1                   | 2,5                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,7                      | Σ - media                  |         | 1,0                   | 1,9                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 32672,56                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 7,1     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 88,1                 |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 6,1     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 88,1                 |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 9,9     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 88,1                 |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Barra 4 levemente superior as demais que se encontram dentro de um limite.
- Os valores de força obtido teve diferença de 12% em relação ao valor de força previsto. Para tensão normal e cisalhante este valor chegou a 13%. Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força prevista, observa-se a mesma diferença de 13%. Para a comparação de tensão observa-se uma diferença de 13% quando utilizado os valores totais, mesmo valor quando utilizada as deformações específicas.
- Observa-se que o somatório de deformações específicas entre os lados não está equilibrado, tendo o lado 2 com maiores deformações específicas que o lado 1, cerca de 50%.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.13.r |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.1X   | ( 3 ensaios)                                                                       |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|   |         |  |        |  |        |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |        |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 250                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1150 (500 + 650)                                                                    |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 16                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 29                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 390                                                                                 |        |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         | sim                                                                                |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura                                                                     |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                                                                            |        | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 596,2   | CP                                                                                 | 516,0  | Barra                                                                               |        | Rompimento barra 4   |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 402,1   | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)                                                                        |        | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                                | -      | prevista                                                                            | 100,5  | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 402,1   | ΣTP                                                                                | -      | obtida                                                                              | 88,1   | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                                                                            |        |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 500,0                                                                               | obtida | 641,6                | obt/prev 128,3%      |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 16,7                                                                                | obtida | 22,1                 | obt/prev 132,8%      |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.13.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.1X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 695,0   | -           | 28,6                               | -                     | 142,5                               | -            | 1                           |
| 2                                       | 709,0   | 5993,0      | 29,2                               | 103,0                 | 145,3                               | 512,3        | 2                           |
| 3                                       | 295,0   | 4259,0      | 12,2                               | 102,0                 | 60,5                                | 507,3        | 3                           |
| 4                                       | 984,0   | 2299,0      | 40,6                               | 94,8                  | 201,7                               | 471,3        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 984,0   | 5993,0      | 40,6                               | 103,0                 | 201,7                               | 512,3        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2683,0  | 12551,0     | 110,6                              | 299,8                 | 550,0                               | 1490,9       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1404,0  | 5993,0      | 57,9                               | 103,0                 | 287,8                               | 512,3        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 52,3%   | 47,7%       | 52,3%                              | 34,4%                 | 52,3%                               | 34,4%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1279,0  | 6558,0      | 52,7                               | 196,8                 | 262,2                               | 978,6        | 58,1%                       |
|                                         | 47,7%   | 52,3%       | 47,7%                              | 65,6%                 | 47,7%                               | 65,6%        |                             |
|                                         | 17,6%   | 82,4%       | 26,9%                              | 73,1%                 | 26,9%                               | 73,1%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 372,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 512,3       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 3,2                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 641,6       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 8168,1  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,1                   | obtida                              | 3,9          | obt/prev<br>128,3%          |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>132,8%          |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 695,0   | -           | 2327,5                             | -                     | 0,9                                 | -            | 1                           |
| 2                                       | 709,0   | 5993,0      | 2374,4                             | 8368,8                | 0,9                                 | 3,2          | 2                           |
| 3                                       | 295,0   | 4259,0      | 987,9                              | 8287,5                | 0,4                                 | 3,1          | 3                           |
| 4                                       | 984,0   | 2299,0      | 3295,4                             | 7699,2                | 1,2                                 | 2,9          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 984,0   | 5993,0      | 3295,4                             | 8368,8                | 1,2                                 | 3,2          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2683,0  | 12551,0     | 8985,2                             | 24355,5               | 3,4                                 | 9,2          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1404,0  | 5993,0      | 4701,9                             | 8368,8                | 1,8                                 | 3,2          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 52,3%   | 47,7%       | 52,3%                              | 34,4%                 | 52,3%                               | 34,4%        |                             |

|                            |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0.13.r |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0.1X   | (3 ensaios)              |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1279,0  | 6558,0                   | 4283,3                     | 15986,7 | 1,6                   | 6,0                  | 74,5%                |
|                            | 47,7%   | 52,3%                    | 47,7%                      | 65,6%   | 47,7%                 | 65,6%                |                      |
|                            | 17,6%   | 82,4%                    | 26,9%                      | 73,1%   | 26,9%                 | 73,1%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 745,4                    | Σ Lado 1- media            |         | 0,9                   | 1,6                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 256,1                    | Σ Lado 2- media            |         | 0,8                   | 3,0                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,9                      | Σ - media                  |         | 0,8                   | 2,3                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 32672,56                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 8,1                        | 10,4    | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 129,0                |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 6,4                        | 8,1     | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 129,0                |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 14,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 100,5                | 129,0                |

**Considerações:**

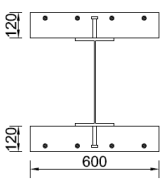
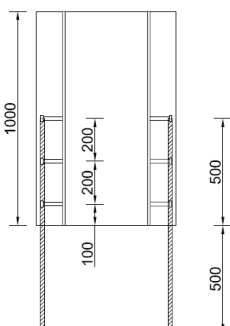
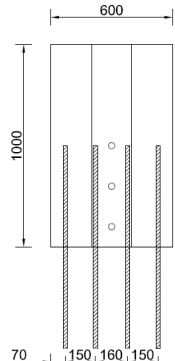
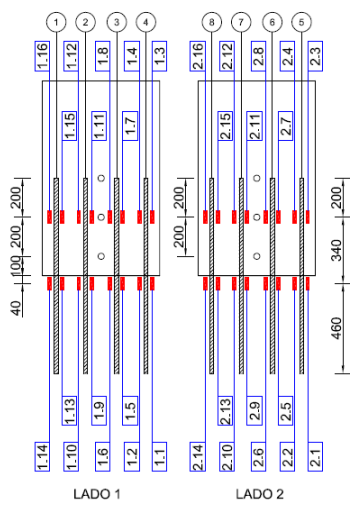
- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

A Barra 3 recebe menos esforços internamente.

Existe um equilíbrio entre as deformações específicas, apesar da Barra 4 ter recebido menos carga.
- O valor de força obtida teve diferença de 28% em relação ao valor de força previsto. Para tensão normal e cisalhante este valor também foi de 28%.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 20%.

Para a comparação de tensão observa-se uma diferença de 2%.
- Observa-se que o somatório de deformações específicas entre os lados está equilibrado, porém a barra que apresenta menor deformação específica foi a que rompeu no acidente.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 21 |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0 . 2X | ( (2) ensaios)                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |         |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        |                         | 3                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                         | 100                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                         | 200                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        |                         | 1000 (500 + 500)                                                                    |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        |                         | 4                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                         | 20                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                         | 30                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                         | 38,5                                                                                |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                         | 460                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                         | 340                                                                                 |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         |                                                                                    | não    |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 1146,5  | CP                                                                                 | 253,7  | Conector                |                                                                                     | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 1256,6  | ΣCB                                                                                | 335,8  | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4   | ΣCR                                                                                | -      | prevista                | 89,2                                                                                | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 713,4   | ΣTP                                                                                | -      | obtida                  | 31,7                                                                                | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 283,9                   | obtida                                                                              | 100,9                | obt/prev<br>35,6%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 9,5                     | obtida                                                                              | 2,6                  | obt/prev<br>27,7%    |

|                                         |         |               |                                       |                       |                                        |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|---------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0 . 21 |               |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Série                                   | P0 . 2X | ( 2) ensaios) |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |               | Força barra<br>Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$<br>Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo       | int                                   | ext                   | int                                    | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 175,0   | 819,0         | 11,3                                  | 52,7                  | 35,9                                   | 167,9        | 1                           |
| 2                                       | 124,0   | 833,5         | 8,0                                   | 53,7                  | 25,4                                   | 170,9        | 2                           |
| 3                                       | 162,0   | 647,5         | 10,4                                  | 41,7                  | 33,2                                   | 132,7        | 3                           |
| 4                                       | 23,0    | 725,0         | 1,5                                   | 46,7                  | 4,7                                    | 148,6        | 4                           |
| 5                                       | 164,0   | 821,5         | 10,6                                  | 52,9                  | 33,6                                   | 168,4        | 5                           |
| 6                                       | 160,5   | 176,0         | 10,3                                  | 11,3                  | 32,9                                   | 36,1         | 6                           |
| 7                                       | 220,0   | 476,5         | 14,2                                  | 30,7                  | 45,1                                   | 97,7         | 7                           |
| 8                                       | 193,0   | 649,0         | 12,4                                  | 41,8                  | 39,6                                   | 133,0        | 8                           |
| máx                                     | 220,0   | 833,5         | 14,2                                  | 53,7                  | 45,1                                   | 170,9        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1221,5  | 5148,0        | 78,7                                  | 331,5                 | 250,4                                  | 1055,3       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 484,0   | 3025,0        | 31,2                                  | 194,8                 | 99,2                                   | 620,1        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 39,6%   | 58,8%         | 39,6%                                 | 58,8%                 | 39,6%                                  | 58,8%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 737,5   | 2123,0        | 47,5                                  | 136,7                 | 151,2                                  | 435,2        | 130,7%                      |
|                                         | 60,4%   | 41,2%         | 60,4%                                 | 41,2%                 | 60,4%                                  | 41,2%        |                             |
|                                         | 19,2%   | 80,8%         | 19,2%                                 | 80,8%                 | 19,2%                                  | 80,8%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 131,9         |                                       |                       |                                        |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 170,9         | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)         |                       | 1,7                                    |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 100,9         |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |               |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |               |                                       | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                        |              |                             |
| Prevista                                |         |               |                                       | Prevista              |                                        |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7854,0  | $F_{ens}$     | -                                     | $\sigma_{nom}$        | 250,0                                  | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |               | prevista                              | 2,8                   | obtida                                 | 1,0          | obt/prev<br>35,6%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |               | prevista                              | 0,1                   | obtida                                 | 0,1          | obt/prev<br>27,7%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |               | Força cisalhante barra<br>Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc<br>Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo       | int                                   | ext                   | int                                    | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 175,0   | 819,0         | 563,5                                 | 2637,3                | 0,4                                    | 1,7          | 1                           |
| 2                                       | 124,0   | 833,5         | 399,3                                 | 2684,0                | 0,3                                    | 1,7          | 2                           |
| 3                                       | 162,0   | 647,5         | 521,7                                 | 2085,0                | 0,3                                    | 1,3          | 3                           |
| 4                                       | 23,0    | 725,0         | 74,1                                  | 2334,6                | 0,0                                    | 1,5          | 4                           |
| 5                                       | 164,0   | 821,5         | 528,1                                 | 2645,3                | 0,3                                    | 1,7          | 5                           |
| 6                                       | 160,5   | 176,0         | 516,8                                 | 566,7                 | 0,3                                    | 0,4          | 6                           |
| 7                                       | 220,0   | 476,5         | 708,4                                 | 1534,4                | 0,5                                    | 1,0          | 7                           |
| 8                                       | 193,0   | 649,0         | 621,5                                 | 2089,9                | 0,4                                    | 1,3          | 8                           |
| Máx                                     | 220,0   | 833,5         | 708,4                                 | 2684,0                | 0,5                                    | 1,7          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1221,5  | 5148,0        | 3933,4                                | 16577,2               | 2,5                                    | 10,6         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 484,0   | 3025,0        | 1558,5                                | 9740,9                | 1,0                                    | 6,2          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 39,6%   | 58,8%         | 39,6%                                 | 58,8%                 | 39,6%                                  | 58,8%        |                             |

|                            |         |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 21 |                          |                            |        |                       |                      |                      |
| Série                      | P0 . 2X | ( 2) ensaios)            |                            |        |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 737,5   | 2123,0                   | 2374,8                     | 6836,3 | 1,5                   | 4,4                  | 26,4%                |
|                            | 60,4%   | 41,2%                    | 60,4%                      | 41,2%  | 60,4%                 | 41,2%                |                      |
|                            | 19,2%   | 80,8%                    | 19,2%                      | 80,8%  | 19,2%                 | 80,8%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 527,7                    | Σ Lado 1- media            |        | 0,2                   | 1,6                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 85,4                     | Σ Lado 2- media            |        | 0,4                   | 1,1                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 1,0                      | Σ - media                  |        | 0,3                   | 1,3                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16                   |                            |        | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 31415,93                 | Valores nominais           |        | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |        |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 9,6                        | 3,4    | F <sub>con</sub> (kN) | 118,9                | 42,3                 |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 7,3                        | 2,7    | F <sub>con</sub> (kN) | 118,9                | 42,3                 |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 12,0                       | 0,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 118,9                | 42,3                 |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externo

Aplicação de esforços sobre as barras

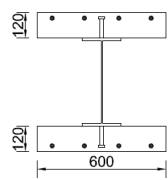
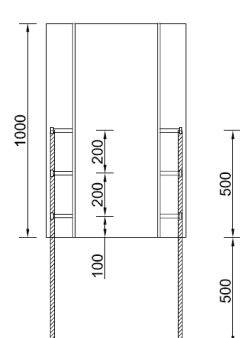
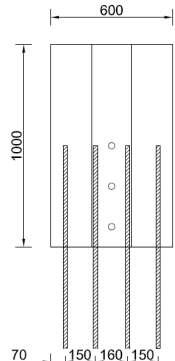
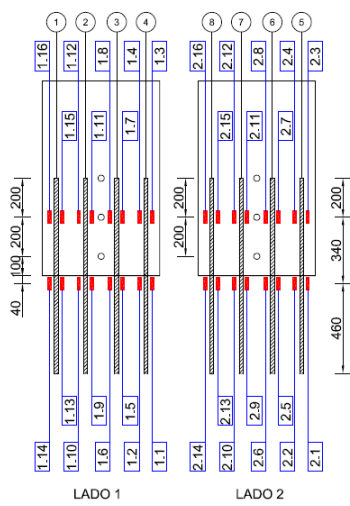
Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Barra 6 recebe menos carga que as demais barras.
- O valor de força obtida correspondeu a 36% do valor previsto.

Para tensão normal este valor também foi de 34%.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força prevista, observa-se a diferença de 66% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 29% do valor previsto.
- Observa-se uma diferença de 17% entre o somatório de deformações específicas dos dois lados, sendo superior no Lado 2. Observa-se que a Barra 6 atingiu deformações específicas inferiores as demais barras.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 22 |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Série                                                                              | P0 . 2X | ( (2) ensaios)                                                                     |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|   |         |  |        |  |        |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |        |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        | 3                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 100                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1000 (500 + 500)                                                                    |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        | 4                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 20                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 38,5                                                                                |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 340                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Execução                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Modificação                                                                        |        |                                                                                     |        | sim                  |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura                                                                     |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                                                                            |        | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 1146,5  | CP                                                                                 | 890,9  | Ancoragem Barra                                                                     |        | Ancoragem barra 8    |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 1256,6  | ΣCB                                                                                | 1170,8 | F/barra (kN)                                                                        |        | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4   | ΣCR                                                                                | 1252,1 | prevista                                                                            | 143,3  | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 1146,5  | ΣTP                                                                                | 1368,9 | obtida                                                                              | 111,4  | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                                                                            |        |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 456,2                                                                               | obtida | 354,5                | obt/prev<br>77,7%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 15,2                                                                                | obtida | 9,2                  | obt/prev<br>60,6%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.22   |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.2X   | (2) ensaios |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 708,5   | 2287,0      | 45,6                               | 147,3                 | 145,2                               | 468,8        | 1                           |
| 2                                       | 1058,0  | 2458,5      | 68,1                               | 158,3                 | 216,9                               | 504,0        | 2                           |
| 3                                       | 1445,0  | 2251,0      | 93,1                               | 145,0                 | 296,2                               | 461,5        | 3                           |
| 4                                       | 1746,0  | 3630,5      | 112,4                              | 158,5                 | 357,9                               | 504,5        | 4                           |
| 5                                       | 899,0   | 2394,5      | 57,9                               | 154,2                 | 184,3                               | 490,9        | 5                           |
| 6                                       | 129,0   | 2177,0      | 8,3                                | 140,2                 | 26,4                                | 446,3        | 6                           |
| 7                                       | 129,0   | 1810,0      | 8,3                                | 116,6                 | 26,4                                | 371,1        | 7                           |
| 8                                       | 825,0   | 2376,0      | 53,1                               | 153,0                 | 169,1                               | 487,1        | 8                           |
| máx                                     | 1746,0  | 3630,5      | 112,4                              | 158,5                 | 357,9                               | 504,5        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 6939,5  | 19384,5     | 446,9                              | 1173,1                | 1422,6                              | 3734,1       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 4957,5  | 10627,0     | 319,3                              | 609,1                 | 1016,3                              | 1938,8       | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 71,4%   | 54,8%       | 71,4%                              | 51,9%                 | 71,4%                               | 51,9%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1982,0  | 8757,5      | 127,6                              | 564,0                 | 406,3                               | 1795,3       | 131,7%                      |
|                                         | 28,6%   | 45,2%       | 28,6%                              | 48,1%                 | 28,6%                               | 48,1%        |                             |
|                                         | 26,4%   | 73,6%       | 27,6%                              | 72,4%                 | 27,6%                               | 72,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 466,8       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 504,5       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 5,0                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 354,5       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7854,0  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 3,5          | obt/prev<br>77,7%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>60,6%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 708,5   | 2287,0      | 2281,5                             | 7364,4                | 1,5                                 | 4,7          | 1                           |
| 2                                       | 1058,0  | 2458,5      | 3406,9                             | 7916,7                | 2,2                                 | 5,0          | 2                           |
| 3                                       | 1445,0  | 2251,0      | 4653,1                             | 7248,5                | 3,0                                 | 4,6          | 3                           |
| 4                                       | 1746,0  | 3630,5      | 5622,4                             | 7925,0                | 3,6                                 | 5,0          | 4                           |
| 5                                       | 899,0   | 2394,5      | 2894,9                             | 7710,6                | 1,8                                 | 4,9          | 5                           |
| 6                                       | 129,0   | 2177,0      | 415,4                              | 7010,2                | 0,3                                 | 4,5          | 6                           |
| 7                                       | 129,0   | 1810,0      | 415,4                              | 5828,4                | 0,3                                 | 3,7          | 7                           |
| 8                                       | 825,0   | 2376,0      | 2656,6                             | 7651,0                | 1,7                                 | 4,9          | 8                           |
| Máx                                     | 1746,0  | 3630,5      | 5622,4                             | 7925,0                | 3,6                                 | 5,0          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 6939,5  | 19384,5     | 22346,1                            | 58655,0               | 14,2                                | 37,3         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 4957,5  | 10627,0     | 15963,8                            | 30454,7               | 10,2                                | 19,4         | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 71,4%   | 54,8%       | 71,4%                              | 51,9%                 | 71,4%                               | 51,9%        |                             |

|                            |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 22 |                          |                            |         |                       |                      |                      |
| Série                      | P0 . 2X | ( 2) ensaios)            |                            |         |                       |                      |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |                      |                      |
| Σ Lado 2                   | 1982,0  | 8757,5                   | 6382,3                     | 28200,3 | 4,1                   | 18,0                 | 93,4%                |
|                            | 28,6%   | 45,2%                    | 28,6%                      | 48,1%   | 28,6%                 | 48,1%                |                      |
|                            | 26,4%   | 73,6%                    | 27,6%                      | 72,4%   | 27,6%                 | 72,4%                |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 1867,0                   | Σ Lado 1- media            |         | 2,5                   | 4,8                  |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 252,3                    | Σ Lado 2- media            |         | 1,0                   | 4,5                  |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,5                      | Σ - media                  |         | 1,8                   | 4,7                  |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16                   |                            |         | E (MPa)               | f <sub>y</sub> (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 31415,93                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500                  | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |                      |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista             | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 15,4                       | 12,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 191,1                | 148,5                |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 9,0     | F <sub>con</sub> (kN) | 191,1                | 148,5                |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 16,0                       | 13,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 191,1                | 148,5                |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças entre as Barras, com maior verificação nas Barras 6 e 7.

Barra 4 levemente superior, mas dentro do limite de espera para o local.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 30% superior ao valor previsto.

Valor da somatório das forças 42% superior ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se a proximidade entre os valores.

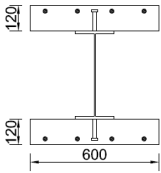
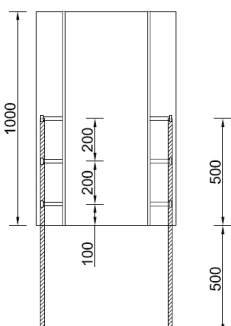
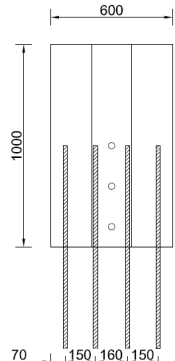
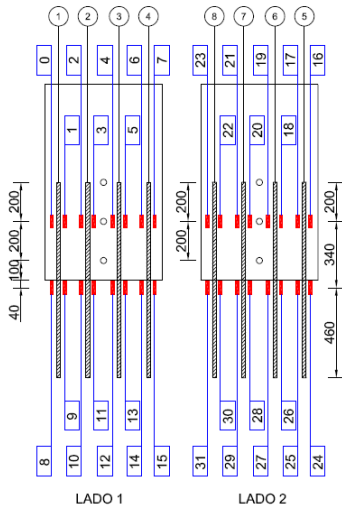
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 69% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 29% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre o somatório das forças em cada lado do ensaio.

Os valores em cada lado apresentam proximidade entre as barras de cada lado.

A barra que sofreu o modo de ruptura possui valores bem próximos a sua barra no lado oposto.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.21.r |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.2X   | (3 ensaios)                                                                        |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|   |         |  |        |  |        |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |        |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        | 3                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 100                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1000 (500 + 500)                                                                    |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        | 4                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 20                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 29                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 340                                                                                 |        |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         | não                                                                                |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura                                                                     |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                                                                            |        | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 1146,5  | CP                                                                                 | 438,6  | Conector                                                                            |        | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 1256,6  | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)                                                                        |        | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4   | ΣCR                                                                                | -      | prevista                                                                            | 89,2   | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 713,4   | ΣTP                                                                                | -      | obtida                                                                              | 54,8   | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                                                                            |        |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 283,9                                                                               | obtida | 174,5                | obt/prev<br>61,5%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 9,5                                                                                 | obtida | 6,0                  | obt/prev<br>63,6%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.21.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.2X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 468,0   | 941,5       | 30,1                               | 60,6                  | 95,9                                | 193,0        | 1                           |
| 2                                       | 284,5   | 604,5       | 18,3                               | 38,9                  | 58,3                                | 123,9        | 2                           |
| 3                                       | 376,0   | 1143,5      | 24,2                               | 73,6                  | 77,1                                | 234,4        | 3                           |
| 4                                       | 335,5   | 944,5       | 21,6                               | 60,8                  | 68,8                                | 193,6        | 4                           |
| 5                                       | 293,5   | 465,5       | 18,9                               | 30,0                  | 60,2                                | 95,4         | 5                           |
| 6                                       | 331,0   | 1054,0      | 21,3                               | 67,9                  | 67,9                                | 216,1        | 6                           |
| 7                                       | 471,0   | 1126,0      | 30,3                               | 72,5                  | 96,6                                | 230,8        | 7                           |
| 8                                       | 373,5   | 730,0       | 24,1                               | 47,0                  | 76,6                                | 149,7        | 8                           |
| máx                                     | 471,0   | 1143,5      | 30,3                               | 73,6                  | 96,6                                | 234,4        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2933,0  | 7009,5      | 188,9                              | 451,4                 | 601,3                               | 1436,9       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1464,0  | 3634,0      | 94,3                               | 234,0                 | 300,1                               | 745,0        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 49,9%   | 51,8%       | 49,9%                              | 51,8%                 | 49,9%                               | 51,8%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1469,0  | 3375,5      | 94,6                               | 217,4                 | 301,1                               | 692,0        | 102,9%                      |
|                                         | 50,1%   | 48,2%       | 50,1%                              | 48,2%                 | 50,1%                               | 48,2%        |                             |
|                                         | 29,5%   | 70,5%       | 29,5%                              | 70,5%                 | 29,5%                               | 70,5%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 179,6       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 234,4       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 2,3                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 174,5       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7854,0  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 2,8                   | obtida                              | 1,7          | obt/prev<br>61,5%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>63,6%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 468,0   | 941,5       | 1507,0                             | 3031,8                | 1,0                                 | 1,9          | 1                           |
| 2                                       | 284,5   | 604,5       | 916,1                              | 1946,6                | 0,6                                 | 1,2          | 2                           |
| 3                                       | 376,0   | 1143,5      | 1210,8                             | 3682,2                | 0,8                                 | 2,3          | 3                           |
| 4                                       | 335,5   | 944,5       | 1080,4                             | 3041,4                | 0,7                                 | 1,9          | 4                           |
| 5                                       | 293,5   | 465,5       | 945,1                              | 1499,0                | 0,6                                 | 1,0          | 5                           |
| 6                                       | 331,0   | 1054,0      | 1065,9                             | 3394,0                | 0,7                                 | 2,2          | 6                           |
| 7                                       | 471,0   | 1126,0      | 1516,7                             | 3625,9                | 1,0                                 | 2,3          | 7                           |
| 8                                       | 373,5   | 730,0       | 1202,7                             | 2350,7                | 0,8                                 | 1,5          | 8                           |
| Máx                                     | 471,0   | 1143,5      | 1516,7                             | 3682,2                | 1,0                                 | 2,3          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2933,0  | 7009,5      | 9444,6                             | 22571,5               | 6,0                                 | 14,4         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1464,0  | 3634,0      | 4714,3                             | 11702,0               | 3,0                                 | 7,4          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 49,9%   | 51,8%       | 49,9%                              | 51,8%                 | 49,9%                               | 51,8%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.21.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.2X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 1469,0  | 3375,5      | 4730,4                     | 10869,6 | 3,0                   | 6,9      | 35,9%    |
|                            | 50,1%   | 48,2%       | 50,1%                      | 48,2%   | 50,1%                 | 48,2%    |          |
|                            | 29,5%   | 70,5%       | 29,5%                      | 70,5%   | 29,5%                 | 70,5%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 718,5       | Σ Lado 1- media            |         | 0,8                   | 1,9      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 117,2       | Σ Lado 2- media            |         | 0,8                   | 1,7      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 1,7         | Σ - media                  |         | 0,8                   | 1,8      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 31415,93    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 9,6                        | 5,9     | Fcon (kN)             | 118,9    | 73,1     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 7,3                        | 4,6     | Fcon (kN)             | 118,9    | 73,1     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 12,0                       | 3,8     | Fcon (kN)             | 118,9    | 73,1     |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

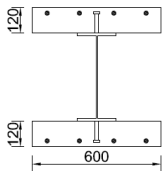
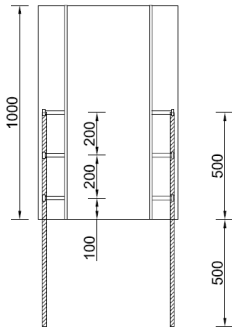
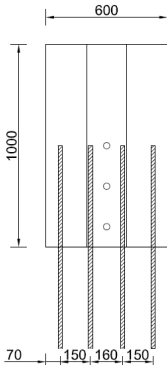
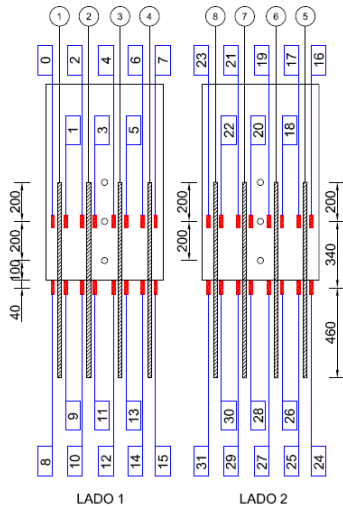
Barra 5 com menor valor de deformação específica, apontando diferenças também nas Barras 2 e 5.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 61% do valor previsto.

Valor da somatório das forças foi 3% superior ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 47% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 3% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 61% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre o somatório das forças em cada lado do ensaio. Os valores em cada lado apresentam proximidade entre as barras de cada lado, exceto a barra 5.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa. Ensaios com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

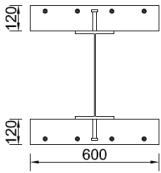
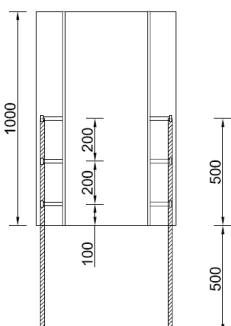
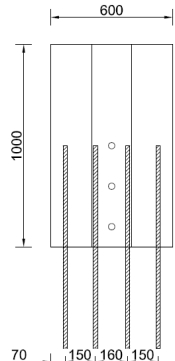
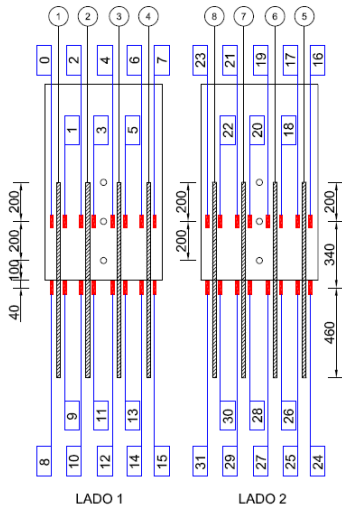
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.22.r                                                                            |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.2X                                                                              | ( 3 ensaios)                                                                        |                  |                         |        |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|   |  |  |                  |                         |        |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      | Vista lateral                                                                      | Vista superior                                                                      |                  |                         |        |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      | Dados Montagem                                                                     |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|  | Conectores                                                                         |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Quantidade                                                                         |                                                                                     | 3                |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |                                                                                     | 100              |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |                                                                                     | 200              |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Armadura                                                                           |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Comprimento (mm)                                                                   |                                                                                     | 1000 (500 + 500) |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Quantidade / lado                                                                  |                                                                                     | 4                |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Diâmetro (mm)                                                                      |                                                                                     | 20               |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Concreto                                                                           |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |                                                                                     | 30               |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |                                                                                     | 29               |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Extensômetros                                                                      |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Quantidade / posição                                                               |                                                                                     | 2                |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Posição 1 (mm)                                                                     |                                                                                     | 460              |                         |        |                      |                      |
|                                                                                    | Posição 2 (mm)                                                                     |                                                                                     | 340              |                         |        |                      |                      |
| Execução                                                                           |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
| Modificação                                                                        |                                                                                    | não                                                                                 |                  |                         |        |                      |                      |
| Resultados                                                                         |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                  | Modo de ruptura         |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida                                                                             | Prevista                                                                            | Obtida           | Prevista                |        | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 1146,5                                                                             | CP                                                                                  | 522,0            | Conector                |        | Flambagem alma       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 1256,6                                                                             | ΣCB                                                                                 | -                | F/barra (kN)            |        | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4                                                                              | ΣCR                                                                                 | -                | prevista                | 89,2   | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 713,4                                                                              | ΣTP                                                                                 | -                | obtida                  | 65,3   | -                    | -                    |
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                  | σ <sub>crit</sub> (MPa) |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           |                                                                                    |                                                                                     |                  | Prevista                |        |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1                                                                              | F <sub>ens</sub>                                                                    | -                | σ <sub>nom</sub>        | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |                                                                                    | prevista                                                                            |                  | 283,9                   | obtida | 207,7                | obt/prev<br>73,2%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |                                                                                    | prevista                                                                            |                  | 9,5                     | obtida | 7,2                  | obt/prev<br>75,7%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.22.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.2X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 154,0   | 693,5       | 9,9                                | 44,7                  | 31,6                                | 142,2        | 1                           |
| 2                                       | 219,0   | 575,0       | 14,1                               | 37,0                  | 44,9                                | 117,9        | 2                           |
| 3                                       | 983,0   | 2342,0      | 63,3                               | 150,8                 | 201,5                               | 480,1        | 3                           |
| 4                                       | 148,5   | 279,5       | 9,6                                | 18,0                  | 30,4                                | 57,3         | 4                           |
| 5                                       | 598,0   | 1479,5      | 38,5                               | 95,3                  | 122,6                               | 303,3        | 5                           |
| 6                                       | 403,5   | 695,0       | 26,0                               | 44,8                  | 82,7                                | 142,5        | 6                           |
| 7                                       | 349,5   | 706,5       | 22,5                               | 45,5                  | 71,6                                | 144,8        | 7                           |
| 8                                       | 810,0   | 1960,0      | 52,2                               | 126,2                 | 166,1                               | 401,8        | 8                           |
| máx                                     | 983,0   | 2342,0      | 63,3                               | 150,8                 | 201,5                               | 480,1        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3665,5  | 8731,0      | 236,1                              | 562,3                 | 751,4                               | 1789,9       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1504,5  | 3890,0      | 96,9                               | 250,5                 | 308,4                               | 797,5        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 41,0%   | 44,6%       | 41,0%                              | 44,6%                 | 41,0%                               | 44,6%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 2161,0  | 4841,0      | 139,2                              | 311,8                 | 443,0                               | 992,4        | 107,7%                      |
|                                         | 59,0%   | 55,4%       | 59,0%                              | 55,4%                 | 59,0%                               | 55,4%        |                             |
|                                         | 29,6%   | 70,4%       | 29,6%                              | 70,4%                 | 29,6%                               | 70,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 223,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 480,1       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 4,8                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 207,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7854,0  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 2,8                   | obtida                              | 2,1          | obt/prev<br>73,2%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>75,7%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 154,0   | 693,5       | 495,9                              | 2233,2                | 0,3                                 | 1,4          | 1                           |
| 2                                       | 219,0   | 575,0       | 705,2                              | 1851,6                | 0,4                                 | 1,2          | 2                           |
| 3                                       | 983,0   | 2342,0      | 3165,4                             | 7541,6                | 2,0                                 | 4,8          | 3                           |
| 4                                       | 148,5   | 279,5       | 478,2                              | 900,0                 | 0,3                                 | 0,6          | 4                           |
| 5                                       | 598,0   | 1479,5      | 1925,6                             | 4764,2                | 1,2                                 | 3,0          | 5                           |
| 6                                       | 403,5   | 695,0       | 1299,3                             | 2238,0                | 0,8                                 | 1,4          | 6                           |
| 7                                       | 349,5   | 706,5       | 1125,4                             | 2275,0                | 0,7                                 | 1,4          | 7                           |
| 8                                       | 810,0   | 1960,0      | 2608,3                             | 6311,5                | 1,7                                 | 4,0          | 8                           |
| Máx                                     | 983,0   | 2342,0      | 3165,4                             | 7541,6                | 2,0                                 | 4,8          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3665,5  | 8731,0      | 11803,4                            | 28115,0               | 7,5                                 | 17,9         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1504,5  | 3890,0      | 4844,7                             | 12526,3               | 3,1                                 | 8,0          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 41,0%   | 44,6%       | 41,0%                              | 44,6%                 | 41,0%                               | 44,6%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.22.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.2X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 2161,0  | 4841,0      | 6958,7                     | 15588,7 | 4,4                   | 9,9      | 44,7%    |
|                            | 59,0%   | 55,4%       | 59,0%                      | 55,4%   | 59,0%                 | 55,4%    |          |
|                            | 29,6%   | 70,4%       | 29,6%                      | 70,4%   | 29,6%                 | 70,4%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 894,9       | Σ Lado 1- media            |         | 0,8                   | 2,0      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 240,1       | Σ Lado 2- media            |         | 1,1                   | 2,5      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,1         | Σ - media                  |         | 0,9                   | 2,2      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 31415,93    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 9,6                        | 7,0     | Fcon (kN)             | 118,9    | 87,0     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 7,3                        | 5,6     | Fcon (kN)             | 118,9    | 87,0     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 12,0                       | 7,4     | Fcon (kN)             | 118,9    | 87,0     |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Este ensaio será desconsiderado, porque sua ruptura ocorreu em situação adversa a esperada, impossibilitando a inclusão de seus dados para análise e comparação com as demais ensaios.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 73% do valor previsto. Valor da somatório das forças foi 8% superior ao da célula de carga principal. Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 96% do valor esperado. Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 31% superior. Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 61% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre o somatório das forças em cada lado do ensaio com diferença de 10% entre os lados.  
A Barra 3 apresenta diferença entre as barras do Lado 1. No Lado 2, as barras 5 e 8 são próximas e as barras 6 e 7 também.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa. Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.23.r |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.2X   | (3 ensaios)                                                                        |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|   |         |  |        |  |        |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |        |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                         |        | 3                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 100                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 200                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1000 (500 + 500)                                                                    |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                  |        | 4                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 20                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 29                                                                                  |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |        |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 340                                                                                 |        |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         | não                                                                                |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | Modo de ruptura                                                                     |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                                                                            |        | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 1146,5  | CP                                                                                 | 414,5  | Conector                                                                            |        | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 1256,6  | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)                                                                        |        | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4   | ΣCR                                                                                | -      | prevista                                                                            | 89,2   | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 713,4   | ΣTP                                                                                | -      | obtida                                                                              | 51,8   | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                    |        |                                                                                     |        |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |        |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                    |        | Prevista                                                                            |        |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1   | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                           |        | 283,9                                                                               | obtida | 164,9                | obt/prev<br>58,1%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                           |        | 9,5                                                                                 | obtida | 5,7                  | obt/prev<br>60,1%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.23.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.2X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 291,0   | 1166,5      | 18,7                               | 75,1                  | 59,7                                | 239,1        | 1                           |
| 2                                       | 293,5   | 409,0       | 18,9                               | 26,3                  | 60,2                                | 83,8         | 2                           |
| 3                                       | 298,0   | 744,0       | 19,2                               | 47,9                  | 61,1                                | 152,5        | 3                           |
| 4                                       | 411,0   | 1129,0      | 26,5                               | 72,7                  | 84,3                                | 231,4        | 4                           |
| 5                                       | 394,5   | 570,0       | 25,4                               | 36,7                  | 80,9                                | 116,9        | 5                           |
| 6                                       | 459,5   | 1244,5      | 29,6                               | 80,1                  | 94,2                                | 255,1        | 6                           |
| 7                                       | 488,0   | 893,0       | 31,4                               | 57,5                  | 100,0                               | 183,1        | 7                           |
| 8                                       | 455,5   | 789,5       | 29,3                               | 50,8                  | 93,4                                | 161,8        | 8                           |
| máx                                     | 488,0   | 1244,5      | 31,4                               | 80,1                  | 100,0                               | 255,1        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3091,0  | 6945,5      | 199,1                              | 447,3                 | 633,7                               | 1423,8       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1293,5  | 3448,5      | 83,3                               | 222,1                 | 265,2                               | 706,9        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 41,8%   | 49,7%       | 41,8%                              | 49,7%                 | 41,8%                               | 49,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1797,5  | 3497,0      | 115,8                              | 225,2                 | 368,5                               | 716,9        | 107,9%                      |
|                                         | 58,2%   | 50,3%       | 58,2%                              | 50,3%                 | 58,2%                               | 50,3%        |                             |
|                                         | 30,8%   | 69,2%       | 30,8%                              | 69,2%                 | 30,8%                               | 69,2%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 178,0       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 255,1       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 2,6                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 164,9       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7854,0  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 2,8                   | obtida                              | 1,6          | obt/prev<br>58,1%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>60,1%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 291,0   | 1166,5      | 937,1                              | 3756,3                | 0,6                                 | 2,4          | 1                           |
| 2                                       | 293,5   | 409,0       | 945,1                              | 1317,0                | 0,6                                 | 0,8          | 2                           |
| 3                                       | 298,0   | 744,0       | 959,6                              | 2395,8                | 0,6                                 | 1,5          | 3                           |
| 4                                       | 411,0   | 1129,0      | 1323,5                             | 3635,5                | 0,8                                 | 2,3          | 4                           |
| 5                                       | 394,5   | 570,0       | 1270,3                             | 1835,5                | 0,8                                 | 1,2          | 5                           |
| 6                                       | 459,5   | 1244,5      | 1479,7                             | 4007,5                | 0,9                                 | 2,6          | 6                           |
| 7                                       | 488,0   | 893,0       | 1571,4                             | 2875,6                | 1,0                                 | 1,8          | 7                           |
| 8                                       | 455,5   | 789,5       | 1466,8                             | 2542,3                | 0,9                                 | 1,6          | 8                           |
| Máx                                     | 488,0   | 1244,5      | 1571,4                             | 4007,5                | 1,0                                 | 2,6          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 3091,0  | 6945,5      | 9953,4                             | 22365,4               | 6,3                                 | 14,2         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1293,5  | 3448,5      | 4165,2                             | 11104,6               | 2,7                                 | 7,1          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 41,8%   | 49,7%       | 41,8%                              | 49,7%                 | 41,8%                               | 49,7%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.23.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.2X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 1797,5  | 3497,0      | 5788,2                     | 11260,8 | 3,7                   | 7,2      | 35,6%    |
|                            | 58,2%   | 50,3%       | 58,2%                      | 50,3%   | 58,2%                 | 50,3%    |          |
|                            | 30,8%   | 69,2%       | 30,8%                      | 69,2%   | 30,8%                 | 69,2%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 711,9       | Σ Lado 1- media            |         | 0,7                   | 1,8      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 127,6       | Σ Lado 2- media            |         | 0,9                   | 1,8      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 1,6         | Σ - media                  |         | 0,8                   | 1,8      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 31415,93    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 9,6                        | 5,6     | Fcon (kN)             | 118,9    | 69,1     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 7,3                        | 4,4     | Fcon (kN)             | 118,9    | 69,1     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 12,0                       | 2,6     | Fcon (kN)             | 118,9    | 69,1     |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em itálico correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

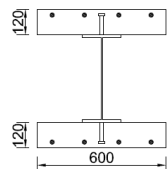
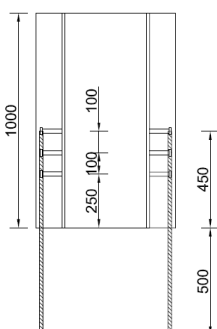
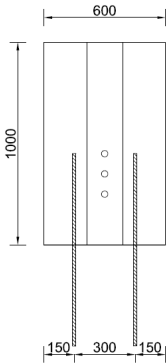
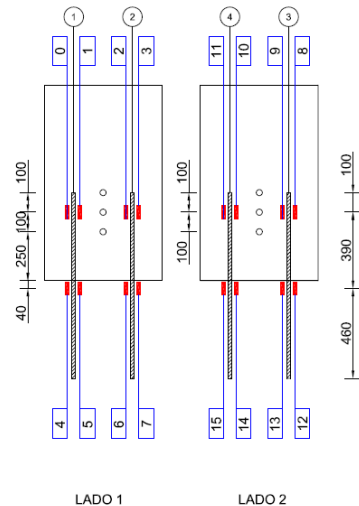
Valores próximos entre Barras 1,4 e 6; Barras 2,3,5,7 e 8.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 58% do valor previsto.

Valor da somatório das forças foi 8% superior ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 58% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 55% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 51% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre o somatório das forças em cada lado do ensaio. Existem 3 barras mais carregadas: 1, 4, 6.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa. Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 71 . r |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0 . 7X     | ( 3 ensaios)                                                                       |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |             |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |             | Vista lateral                                                                      |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |             | Dados Montagem                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |             | <u>Conectores</u>                                                                  |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade                                                                         |        |                         | 3                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                         | 250                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                         | 100                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Armadura</u>                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Comprimento (mm)                                                                   |        |                         | 950 (450 + 500)                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade / lado                                                                  |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                         | 20                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Concreto</u>                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                         | 30                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                         | 29                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Extensômetros</u>                                                               |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade / posição                                                               |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                         | 460                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                         | 390                                                                                 |                      |                      |
| <u>Execução</u>                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |             |                                                                                    | não    |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida      | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 515,9       | CP                                                                                 | 415,5  | Ancoragem barra         |                                                                                     | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 628,3       | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4       | ΣCR                                                                                | -      | prevista                | 129,0                                                                               | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 515,9       | ΣTP                                                                                | -      | obtida                  | 103,9                                                                               | -                    | -                    |
|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |             |                                                                                    |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1       | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |             | prevista                                                                           |        | 410,5                   | obtida                                                                              | 330,6                | obt/prev<br>80,5%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |             | prevista                                                                           |        | 13,7                    | obtida                                                                              | 11,4                 | obt/prev<br>83,3%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.71.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.7X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 686,5   | 1668,5      | 44,2                               | 107,5                 | 140,7                               | 342,0        | 1                           |
| 2                                       | 682,5   | 4284,0      | 44,0                               | 158,0                 | 139,9                               | 502,9        | 2                           |
| 3                                       | 370,0   | 2007,0      | 23,8                               | 129,3                 | 75,9                                | 411,4        | 3                           |
| 4                                       | 809,0   | 1314,5      | 52,1                               | 84,7                  | 165,8                               | 269,5        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 809,0   | 4284,0      | 52,1                               | 158,0                 | 165,8                               | 502,9        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2548,0  | 9274,0      | 164,1                              | 479,4                 | 522,3                               | 1525,9       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1369,0  | 5952,5      | 88,2                               | 265,5                 | 280,6                               | 845,0        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 53,7%   | 64,2%       | 53,7%                              | 55,4%                 | 53,7%                               | 55,4%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1179,0  | 3321,5      | 75,9                               | 213,9                 | 241,7                               | 680,9        | 115,4%                      |
|                                         | 46,3%   | 35,8%       | 46,3%                              | 44,6%                 | 46,3%                               | 44,6%        |                             |
|                                         | 21,6%   | 78,4%       | 25,5%                              | 74,5%                 | 25,5%                               | 74,5%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 381,5       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 502,9       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 5,6                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 330,6       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7068,6  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 3,7          | obt/prev<br>80,5%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>83,3%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 686,5   | 1668,5      | 1989,6                             | 4835,5                | 1,6                                 | 3,8          | 1                           |
| 2                                       | 682,5   | 4284,0      | 1978,0                             | 7110,0                | 1,6                                 | 5,6          | 2                           |
| 3                                       | 370,0   | 2007,0      | 1072,3                             | 5816,5                | 0,8                                 | 4,6          | 3                           |
| 4                                       | 809,0   | 1314,5      | 2344,6                             | 3809,6                | 1,8                                 | 3,0          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 809,0   | 4284,0      | 2344,6                             | 7110,0                | 1,8                                 | 5,6          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2548,0  | 9274,0      | 7384,4                             | 21571,6               | 5,8                                 | 17,0         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1369,0  | 5952,5      | 3967,5                             | 11945,5               | 3,1                                 | 9,4          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 53,7%   | 64,2%       | 53,7%                              | 55,4%                 | 53,7%                               | 55,4%        |                             |

|                            |         |                            |                  |        |                       |          |          |
|----------------------------|---------|----------------------------|------------------|--------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.71.r |                            |                  |        |                       |          |          |
| Série                      | P0.7X   | (3 ensaios)                |                  |        |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         | Força barra<br>Obtida (kN) |                  |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 1179,0  | 3321,5                     | 3416,9           | 9626,1 | 2,7                   | 7,6      | 76,3%    |
|                            | 46,3%   | 35,8%                      | 46,3%            | 44,6%  | 46,3%                 | 44,6%    |          |
|                            | 21,6%   | 78,4%                      | 25,5%            | 74,5%  | 25,5%                 | 74,5%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 762,9                      | Σ Lado 1- media  |        | 1,6                   | 4,7      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 251,5                      | Σ Lado 2- media  |        | 1,3                   | 3,8      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,7                        | Σ - media        |        | 1,5                   | 4,2      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16                     |                  |        | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 28274,33                   | Valores nominais |        | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |                            |                  |        |                       |          |          |
|                            |         |                            | Prevista         | Obtida |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm)                | 6,9              | 5,6    | Fcon (kN)             | 86,0     | 69,3     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm)                | 5,4              | 4,4    | Fcon (kN)             | 86,0     | 69,3     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm)                | 7,2              | 2,8    | Fcon (kN)             | 86,0     | 69,3     |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em itálico correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Barra 3 com valor distinto as demais barras.

Barra 2 com valores superiores as demais barras.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 81% do valor previsto.

Valor da somatório das forças foi 15% superior ao da célula de carga principal.

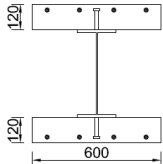
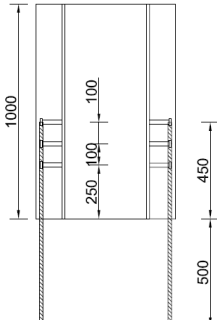
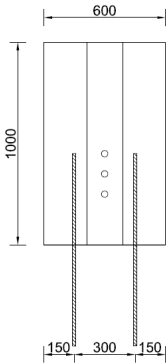
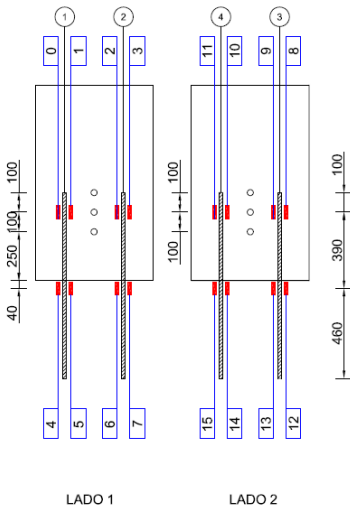
Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 81% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 52% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 1% do valor previsto.
- Observa-se que o Lado 1 está mais carregado que o Lado 2 cerca de 30%, considerando o somatório das deformações específicas.

Observa-se equilíbrio entre deformações específicas entre as barras, exceto a Barra 2, que apresentou deformação específica acima da deformação específica plástica.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--|
| Ensaio                                                                             | P0 . 72 . r |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Série                                                                              | P0 . 7X     | ( 3) ensaios)                                                                      |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Arranjo                                                                            |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|   |             |  |        |                         |  |                      |                      |  |
| Vista frontal                                                                      |             | Vista lateral                                                                      |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |  |
| Extensômetros                                                                      |             | Dados Montagem                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|  |             | Conectores                                                                         |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Quantidade                                                                         |        |                         | 3                                                                                   |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                         | 250                                                                                 |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                         | 100                                                                                 |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Armadura                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Comprimento (mm)                                                                   |        |                         | 950 (450 + 500)                                                                     |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Quantidade / lado                                                                  |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                         | 20                                                                                  |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Concreto                                                                           |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                         | 30                                                                                  |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                         | 29                                                                                  |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Extensômetros                                                                      |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Quantidade / posição                                                               |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                         | 460                                                                                 |                      |                      |  |
|                                                                                    |             | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                         | 390                                                                                 |                      |                      |  |
| Execução                                                                           |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Modificação                                                                        |             |                                                                                    | sim    |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Resultados                                                                         |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Força total (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Prevista                                                                           | Obtida      | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |  |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 515,9       | CP                                                                                 | 450,5  | Ancoragem barra         |                                                                                     | Ancoragem Barra 2    |                      |  |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 628,3       | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |  |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4       | ΣCR                                                                                | -      | prevista                | 129,0                                                                               | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |  |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 515,9       | ΣTP                                                                                | -      | obtida                  | 112,6                                                                               | -                    | -                    |  |
|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |  |
| Força Axial                                                                        |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |  |
| Força barra (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |  |
| Prevista                                                                           |             |                                                                                    |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |  |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1       | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |  |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |             | prevista                                                                           |        | 410,5                   | obtida                                                                              | 358,5                | obt/prev 87,3%       |  |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |             | prevista                                                                           |        | 13,7                    | obtida                                                                              | 12,4                 | obt/prev 90,3%       |  |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.72.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.7X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 619,5   | 2001,5      | 39,9                               | 128,9                 | 127,0                               | 410,3        | 1                           |
| 2                                       | 589,5   | 2141,0      | 38,0                               | 137,9                 | 120,8                               | 438,9        | 2                           |
| 3                                       | 612,5   | 1743,0      | 39,4                               | 112,3                 | 125,6                               | 357,3        | 3                           |
| 4                                       | 683,0   | 2540,0      | 44,0                               | 163,6                 | 140,0                               | 520,7        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 683,0   | 2540,0      | 44,0                               | 163,6                 | 140,0                               | 520,7        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2504,5  | 8425,5      | 161,3                              | 542,6                 | 513,4                               | 1727,2       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1209,0  | 4142,5      | 77,9                               | 266,8                 | 247,8                               | 849,2        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 48,3%   | 49,2%       | 48,3%                              | 49,2%                 | 48,3%                               | 49,2%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1295,5  | 4283,0      | 83,4                               | 275,8                 | 265,6                               | 878,0        | 120,4%                      |
|                                         | 51,7%   | 50,8%       | 51,7%                              | 50,8%                 | 51,7%                               | 50,8%        |                             |
|                                         | 22,9%   | 77,1%       | 22,9%                              | 77,1%                 | 22,9%                               | 77,1%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 431,8       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 520,7       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 5,8                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 358,5       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7068,6  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 4,0          | obt/prev<br>87,3%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>90,3%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 619,5   | 2001,5      | 1795,4                             | 5800,6                | 1,4                                 | 4,6          | 1                           |
| 2                                       | 589,5   | 2141,0      | 1708,4                             | 6204,9                | 1,3                                 | 4,9          | 2                           |
| 3                                       | 612,5   | 1743,0      | 1775,1                             | 5051,4                | 1,4                                 | 4,0          | 3                           |
| 4                                       | 683,0   | 2540,0      | 1979,4                             | 7361,2                | 1,6                                 | 5,8          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 683,0   | 2540,0      | 1979,4                             | 7361,2                | 1,6                                 | 5,8          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 2504,5  | 8425,5      | 7258,3                             | 24418,1               | 5,7                                 | 19,2         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1209,0  | 4142,5      | 3503,8                             | 12005,5               | 2,8                                 | 9,4          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 48,3%   | 49,2%       | 48,3%                              | 49,2%                 | 48,3%                               | 49,2%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.72.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.7X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 1295,5  | 4283,0      | 3754,5                     | 12412,6 | 3,0                   | 9,8      | 86,4%    |
|                            | 51,7%   | 50,8%       | 51,7%                      | 50,8%   | 51,7%                 | 50,8%    |          |
|                            | 22,9%   | 77,1%       | 22,9%                      | 77,1%   | 22,9%                 | 77,1%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 863,6       | Σ Lado 1- media            |         | 1,4                   | 4,7      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 260,4       | Σ Lado 2- media            |         | 1,5                   | 4,9      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 4,0         | Σ - media                  |         | 1,4                   | 4,8      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 28274,33    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 6,9                        | 6,0     | Fcon (kN)             | 86,0     | 75,1     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 5,4                        | 4,8     | Fcon (kN)             | 86,0     | 75,1     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 7,2                        | 4,4     | Fcon (kN)             | 86,0     | 75,1     |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em itálico correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 87% do valor previsto.

Valor da somatório das forças foi 20% superior ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 87% do valor esperado.

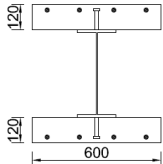
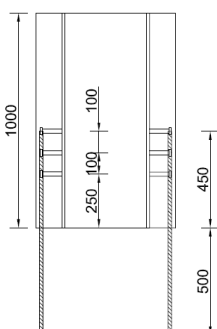
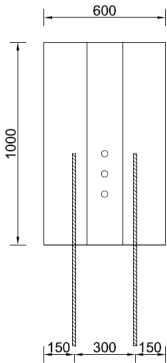
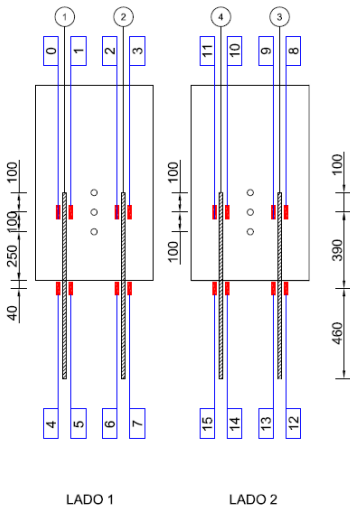
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 45% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 104% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre as deformações específicas obtidas, tanto em relação aos lados, quanto em relação as barras de cada lado.

Pequena variação entre as deformações específicas de cada barra.

Valores de deformação específica, quando comparados com os ensaios com menos barras apresentam valores inferiores, por existirem mais barras de maiores diâmetros.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 73 . r |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0 . 7X     | ( 3 ensaios)                                                                       |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |             |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |             | Vista lateral                                                                      |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |             | Dados Montagem                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |             | <u>Conectores</u>                                                                  |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade                                                                         |        |                         | 3                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        |                         | 250                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        |                         | 100                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Armadura</u>                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Comprimento (mm)                                                                   |        |                         | 950 (450 + 500)                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade / lado                                                                  |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Diâmetro (mm)                                                                      |        |                         | 20                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Concreto</u>                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        |                         | 30                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        |                         | 29                                                                                  |                      |                      |
|                                                                                    |             | <u>Extensômetros</u>                                                               |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |             | Quantidade / posição                                                               |        |                         | 2                                                                                   |                      |                      |
|                                                                                    |             | Posição 1 (mm)                                                                     |        |                         | 460                                                                                 |                      |                      |
|                                                                                    |             | Posição 2 (mm)                                                                     |        |                         | 390                                                                                 |                      |                      |
| <u>Execução</u>                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |             |                                                                                    | não    |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida      | Prevista                                                                           | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 515,9       | CP                                                                                 | 433,8  | Ancoragem barra         |                                                                                     | Solda Conector       |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 628,3       | ΣCB                                                                                | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 713,4       | ΣCR                                                                                | -      | prevista                | 129,0                                                                               | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 515,9       | ΣTP                                                                                | -      | obtida                  | 108,5                                                                               | -                    | -                    |
|                                                                                    |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |             |                                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |             |                                                                                    |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |             |                                                                                    |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 157,1       | F <sub>ens</sub>                                                                   | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |             | prevista                                                                           |        | 410,5                   | obtida                                                                              | 345,2                | obt/prev<br>84,1%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |             | prevista                                                                           |        | 13,7                    | obtida                                                                              | 11,9                 | obt/prev<br>87,0%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.73.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.7X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 683,0   | 1834,0      | 44,0                               | 118,1                 | 140,0                               | 376,0        | 1                           |
| 2                                       | 254,5   | 1697,5      | 16,4                               | 109,3                 | 52,2                                | 348,0        | 2                           |
| 3                                       | 758,5   | 1695,0      | 48,8                               | 109,2                 | 155,5                               | 347,5        | 3                           |
| 4                                       | 153,0   | 1834,0      | 9,9                                | 118,1                 | 31,4                                | 376,0        | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| máx                                     | 758,5   | 1834,0      | 48,8                               | 118,1                 | 155,5                               | 376,0        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1849,0  | 7060,5      | 119,1                              | 454,7                 | 379,0                               | 1447,4       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 937,5   | 3531,5      | 60,4                               | 227,4                 | 192,2                               | 724,0        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 50,7%   | 50,0%       | 50,7%                              | 50,0%                 | 50,7%                               | 50,0%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 911,5   | 3529,0      | 58,7                               | 227,3                 | 186,9                               | 723,4        | 104,8%                      |
|                                         | 49,3%   | 50,0%       | 49,3%                              | 50,0%                 | 49,3%                               | 50,0%        |                             |
|                                         | 20,8%   | 79,2%       | 20,8%                              | 79,2%                 | 20,8%                               | 79,2%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 361,9       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 376,0       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 4,2                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 345,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 7068,6  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 3,8          | obt/prev<br>84,1%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>87,0%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 683,0   | 1834,0      | 1979,4                             | 5315,2                | 1,6                                 | 4,2          | 1                           |
| 2                                       | 254,5   | 1697,5      | 737,6                              | 4919,6                | 0,6                                 | 3,9          | 2                           |
| 3                                       | 758,5   | 1695,0      | 2198,2                             | 4912,3                | 1,7                                 | 3,9          | 3                           |
| 4                                       | 153,0   | 1834,0      | 443,4                              | 5315,2                | 0,3                                 | 4,2          | 4                           |
| 5                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 5                           |
| 6                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 6                           |
| 7                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 7                           |
| 8                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 8                           |
| Máx                                     | 758,5   | 1834,0      | 2198,2                             | 5315,2                | 1,7                                 | 4,2          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1849,0  | 7060,5      | 5358,6                             | 20462,2               | 4,2                                 | 16,1         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 937,5   | 3531,5      | 2717,0                             | 10234,7               | 2,1                                 | 8,0          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 50,7%   | 50,0%       | 50,7%                              | 50,0%                 | 50,7%                               | 50,0%        |                             |

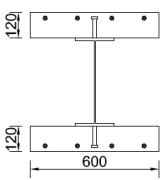
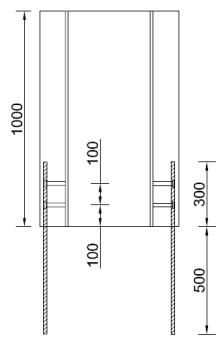
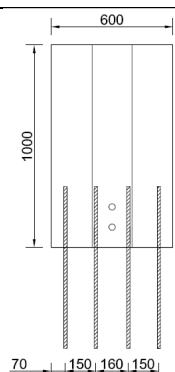
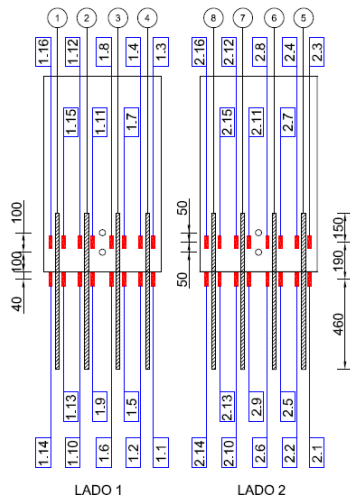
|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.73.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.7X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 911,5   | 3529,0      | 2641,6                     | 10227,5 | 2,1                   | 8,0      | 72,4%    |
|                            | 49,3%   | 50,0%       | 49,3%                      | 50,0%   | 49,3%                 | 50,0%    |          |
|                            | 20,8%   | 79,2%       | 20,8%                      | 79,2%   | 20,8%                 | 79,2%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 723,7       | Σ Lado 1- media            |         | 1,1                   | 4,0      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 188,0       | Σ Lado 2- media            |         | 1,0                   | 4,0      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,8         | Σ - media                  |         | 1,1                   | 4,0      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 314,16      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 28274,33    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 6,9                        | 5,8     | Fcon (kN)             | 86,0     | 72,3     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 5,4                        | 4,6     | Fcon (kN)             | 86,0     | 72,3     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 7,2                        | 3,8     | Fcon (kN)             | 86,0     | 72,3     |

## Considerações:

- Os valores de deformações específicas em itálico correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externos

Aplicação de esforços sobre as barras  
Valores próximos entre as Barras 2 e 4; Barras 1 e 3, indicando carga superior em um dos lados do teste.  
Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.
- O valor de força obtida correspondeu a cerca de 84% do valor previsto.  
Valor da somatório das forças foi 5% superior ao da célula de carga principal.  
Para tensão normal e cisalhante observa-se um valor de 84% do valor esperado.  
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 9% superior.  
Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 75% do valor previsto.
- Observa-se equilíbrio entre as deformações específicas obtidas, tanto em relação aos lados, quanto em relação as barras de cada lado.  
Valores de deformação específica, quando comparados com os ensaios com menos barras apresentam valores inferiores, por existirem mais barras de maiores diâmetros.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.  
Ensaos com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 81                                                                            |                  |                                                                                     |                         |                   |
| Série                                                                              | P0 . 8X                                                                            | ( 1) ensaios)    |                                                                                     |                         |                   |
| Arranjo                                                                            |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
|   |  |                  |  |                         |                   |
| Vista frontal                                                                      | Vista lateral                                                                      |                  | Vista superior                                                                      |                         |                   |
| Extensômetros                                                                      | Dados Montagem                                                                     |                  |                                                                                     |                         |                   |
|  | Conectores                                                                         |                  |                                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    | Quantidade                                                                         |                  | 2                                                                                   |                         |                   |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |                  | 100                                                                                 |                         |                   |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |                  | 100                                                                                 |                         |                   |
|                                                                                    | Armadura                                                                           |                  |                                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    | Comprimento (mm)                                                                   |                  | 800 (300 + 500)                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    | Quantidade / lado                                                                  |                  | 4                                                                                   |                         |                   |
|                                                                                    | Diâmetro (mm)                                                                      |                  | 16                                                                                  |                         |                   |
|                                                                                    | Concreto                                                                           |                  |                                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |                  | 30                                                                                  |                         |                   |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |                  | 38,5                                                                                |                         |                   |
|                                                                                    | Extensômetros                                                                      |                  |                                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    | Quantidade / posição                                                               |                  | 2                                                                                   |                         |                   |
|                                                                                    | Posição 1 (mm)                                                                     |                  | 460                                                                                 |                         |                   |
|                                                                                    | Posição 2 (mm)                                                                     |                  | 190                                                                                 |                         |                   |
| Execução                                                                           |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
| Modificação                                                                        |                                                                                    | sim              |                                                                                     |                         |                   |
| Resultados                                                                         |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
| Força total (kN)                                                                   |                                                                                    |                  |                                                                                     | Modo de ruptura         |                   |
| Prevista                                                                           | Obtida                                                                             | Prevista         | Obtida                                                                              | Prevista                | Obtida            |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 550,3                                                                              | CP               | 547,7                                                                               | Ancoragem barra         | Ancoragem Barra 2 |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 804,2                                                                              | ΣCB              | 642,5                                                                               | F/barra (kN)            |                   |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6                                                                              | ΣCR              | 696,3                                                                               | prevista                | 68,8              |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 550,3                                                                              | ΣTP              | 778,6                                                                               | obtida                  | 68,5              |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa)    | 782,1             |
| Força Axial                                                                        |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         |                   |
| Força barra (kN)                                                                   |                                                                                    |                  |                                                                                     | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                   |
| Prevista                                                                           |                                                                                    |                  |                                                                                     | Prevista                |                   |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5                                                                              | F <sub>ens</sub> | 116,2                                                                               | σ <sub>nom</sub>        | 500,0             |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |                                                                                    | prevista         |                                                                                     | 342,1                   | obtida            |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         | 340,5             |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |                                                                                    | prevista         |                                                                                     | 11,4                    | obtida            |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         | 8,8               |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         | obt/prev 99,5%    |
|                                                                                    |                                                                                    |                  |                                                                                     |                         | obt/prev 77,6%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Ensaio                                  | P0.81   |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Série                                   | P0.8X   | (1) ensaios |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                          |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                    |
| 1                                       | 1607,0  | 1599,0      | 66,2                               | 65,9                  | 329,4                               | 327,8        | 1                        |
| 2                                       | 2294,5  | 2425,5      | 94,6                               | 100,0                 | 470,4                               | 497,2        | 2                        |
| 3                                       | 1102,0  | 2352,0      | 45,4                               | 96,9                  | 225,9                               | 482,2        | 3                        |
| 4                                       | 1017,0  | 1489,0      | 41,9                               | 61,4                  | 208,5                               | 305,2        | 4                        |
| 5                                       | 291,0   | 351,5       | 12,0                               | 14,5                  | 59,7                                | 72,1         | 5                        |
| 6                                       | 105,0   | 716,5       | 4,3                                | 29,5                  | 21,5                                | 146,9        | 6                        |
| 7                                       | 84,0    | 2363,5      | 3,5                                | 97,4                  | 17,2                                | 484,5        | 7                        |
| 8                                       | 145,0   | -           | 6,0                                | -                     | 29,7                                | -            | 8                        |
| máx                                     | 2294,5  | 2425,5      | 94,6                               | 100,0                 | 470,4                               | 497,2        | máx                      |
| $\Sigma$                                | 6645,5  | 11297,0     | 273,9                              | 465,6                 | 1362,3                              | 2315,9       | $\Sigma$                 |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 6020,5  | 7865,5      | 248,2                              | 324,2                 | 1234,2                              | 1612,4       | $\Sigma$ barra CP        |
|                                         | 90,6%   | 69,6%       | 90,6%                              | 69,6%                 | 90,6%                               | 69,6%        |                          |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 625,0   | 3431,5      | 25,8                               | 141,4                 | 128,1                               | 703,5        | 85,0%                    |
|                                         | 9,4%    | 30,4%       | 9,4%                               | 30,4%                 | 9,4%                                | 30,4%        |                          |
|                                         | 37,0%   | 63,0%       | 37,0%                              | 63,0%                 | 37,0%                               | 63,0%        |                          |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 289,5       |                                    |                       |                                     |              |                          |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 497,2       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 6,6                                 |              |                          |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 340,5       |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                          |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                          |
| $F_{nom}$                               | 3769,9  | $F_{ens}$   | 4355,8                             | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | 288,9                    |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 4,5          | obt/prev 99,5%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev 77,6%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                          |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                    |
| 1                                       | 1607,0  | 1599,0      | 2483,9                             | 2471,5                | 4,4                                 | 4,4          | 1                        |
| 2                                       | 2294,5  | 2425,5      | 3546,5                             | 3749,0                | 6,3                                 | 6,6          | 2                        |
| 3                                       | 1102,0  | 2352,0      | 1703,3                             | 3635,4                | 3,0                                 | 6,4          | 3                        |
| 4                                       | 1017,0  | 1489,0      | 1571,9                             | 2301,5                | 2,8                                 | 4,1          | 4                        |
| 5                                       | 291,0   | 351,5       | 449,8                              | 543,3                 | 0,8                                 | 1,0          | 5                        |
| 6                                       | 105,0   | 716,5       | 162,3                              | 1107,5                | 0,3                                 | 2,0          | 6                        |
| 7                                       | 84,0    | 2363,5      | 129,8                              | 3653,2                | 0,2                                 | 6,5          | 7                        |
| 8                                       | 145,0   | -           | 224,1                              | -                     | 0,4                                 | -            | 8                        |
| Máx                                     | 2294,5  | 2425,5      | 3546,5                             | 3749,0                | 6,3                                 | 6,6          | máx                      |
| $\Sigma$                                | 6645,5  | 11297,0     | 10271,7                            | 17461,4               | 18,2                                | 30,9         | $\Sigma$                 |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 6020,5  | 7865,5      | 9305,7                             | 12157,4               | 16,5                                | 21,5         | $\Sigma$ barra $F_{nom}$ |
|                                         | 90,6%   | 69,6%       | 90,6%                              | 69,6%                 | 90,6%                               | 69,6%        |                          |

|                            |         |               |                            |        |                       |          |          |
|----------------------------|---------|---------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0 . 81 |               |                            |        |                       |          |          |
| Série                      | P0 . 8X | ( 1) ensaios) |                            |        |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |               | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 625,0   | 3431,5        | 966,0                      | 5303,9 | 1,7                   | 9,4      | 57,9%    |
|                            | 9,4%    | 30,4%         | 9,4%                       | 30,4%  | 9,4%                  | 30,4%    |          |
|                            | 37,0%   | 63,0%         | 37,0%                      | 63,0%  | 37,0%                 | 63,0%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 1157,9        | Σ Lado 1- media            |        | 4,1                   | 5,4      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 248,6         | Σ Lado 2- media            |        | 0,4                   | 2,3      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 4,5           | Σ - media                  |        | 2,3                   | 3,9      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06        |                            |        | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 15079,64      | Valores nominais           |        | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |               |                            |        |                       |          |          |
|                            |         |               | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm)   | 11,1                       | 11,0   | Fcon (kN)             | 137,6    | 136,9    |
| exp_form                   |         | teffmin(mm)   | 8,4                        | 8,2    | Fcon (kN)             | 137,6    | 136,9    |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm)   | 13,0                       | 12,8   | Fcon (kN)             | 137,6    | 136,9    |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

O Lado I recebeu mais carga que o Lado II.

Barra 5 apresenta valores bem inferiores aos demais.
- O valor de força obtida correspondeu a próximo do valor previsto.

Valor da somatório das forças foi 85% inferior ao da célula de carga principal.

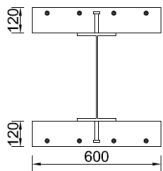
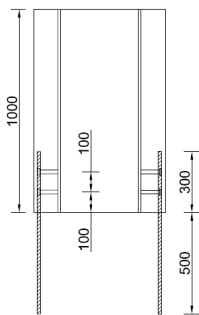
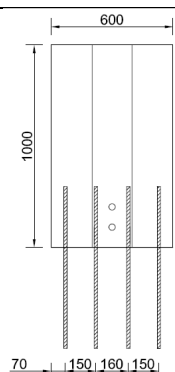
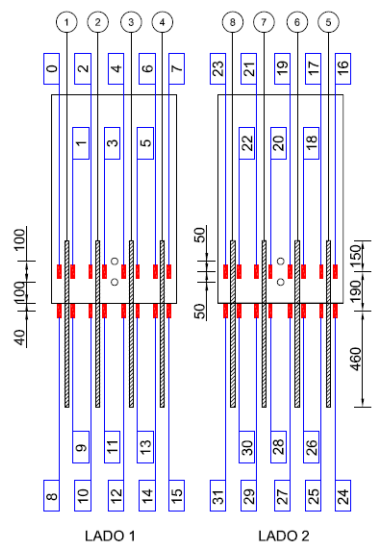
Para tensão normal e cisalhante observa-se proximidade com o valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 46% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde ao do valor previsto.
- A diferença entre o somatório das forças em cada lado do ensaio: Lado 1 cerca de 50% superior que no Lado 2, confirmando o rompimento no primeiro lado, e a maior deformação específica corresponde a barra rompida.

Valores dentro de cada Lado não apresentam grandes diferenças entre si apresentam valores inferiores, por existirem mais barras de maiores diâmetros.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.81.r |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.8X   | ( 3 ensaios)                                                                      |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |         |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                     |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                        |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                        |        |                         |                                                                                     | 2                    |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                     |        |                         |                                                                                     | 100                  |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                     |        |                         |                                                                                     | 100                  |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                          |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                  |        |                         |                                                                                     | 800 (300 + 500)      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                 |        |                         |                                                                                     | 4                    |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                     |        |                         |                                                                                     | 16                   |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                          |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                    |        |                         |                                                                                     | 30                   |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                      |        |                         |                                                                                     | 29                   |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                              |        |                         |                                                                                     | 2                    |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                    |        |                         |                                                                                     | 460                  |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                    |        |                         |                                                                                     | 190                  |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         |                                                                                   |        | não                     |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                          | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 550,3   | CP                                                                                | 268,8  | Ancoragem barra         |                                                                                     | Ancoragem Barra 2    |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 804,2   | ΣCB                                                                               | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                               | -      | prevista                | 59,5                                                                                | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 475,6   | ΣTP                                                                               | -      | obtida                  | 33,6                                                                                | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                   |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                  | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                          |        | 295,7                   | obtida                                                                              | 167,1                | obt/prev<br>56,5%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                          |        | 9,9                     | obtida                                                                              | 5,8                  | obt/prev<br>58,5%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Ensaio                                  | P0.81.r |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Série                                   | P0.8X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                          |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                    |
| 1                                       | 367,0   | 198,0       | 15,1                               | 8,2                   | 75,2                                | 40,6         | 1                        |
| 2                                       | 292,0   | 892,5       | 12,0                               | 36,8                  | 59,9                                | 183,0        | 2                        |
| 3                                       | 797,5   | 1310,5      | 32,9                               | 54,0                  | 163,5                               | 268,7        | 3                        |
| 4                                       | 80,5    | 453,0       | 3,3                                | 18,7                  | 16,5                                | 92,9         | 4                        |
| 5                                       | 256,0   | 496,5       | 10,6                               | 20,5                  | 52,5                                | 101,8        | 5                        |
| 6                                       | 1133,0  | 1586,0      | 46,7                               | 65,4                  | 232,3                               | 325,1        | 6                        |
| 7                                       | 463,5   | 560,0       | 19,1                               | 23,1                  | 95,0                                | 114,8        | 7                        |
| 8                                       | 511,0   | 936,0       | 21,1                               | 38,6                  | 104,8                               | 191,9        | 8                        |
| máx                                     | 1133,0  | 1586,0      | 46,7                               | 65,4                  | 232,3                               | 325,1        | máx                      |
| $\Sigma$                                | 3900,5  | 6432,5      | 160,8                              | 265,1                 | 799,6                               | 1318,7       | $\Sigma$                 |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1537,0  | 2854,0      | 63,4                               | 117,6                 | 315,1                               | 585,1        | $\Sigma$ barra CP        |
|                                         | 39,4%   | 44,4%       | 39,4%                              | 44,4%                 | 39,4%                               | 44,4%        |                          |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 2363,5  | 3578,5      | 97,4                               | 147,5                 | 484,5                               | 733,6        | 98,6%                    |
|                                         | 60,6%   | 55,6%       | 60,6%                              | 55,6%                 | 60,6%                               | 55,6%        |                          |
|                                         | 37,7%   | 62,3%       | 37,7%                              | 62,3%                 | 37,7%                               | 62,3%        |                          |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 164,8       |                                    |                       |                                     |              |                          |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 325,1       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 4,3                                 |              |                          |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 167,1       |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                          |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                          |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                          |
| $F_{nom}$                               | 3769,9  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                        |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 3,9                   | obtida                              | 2,2          | obt/prev 56,5%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev 58,5%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                          |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                    |
| 1                                       | 367,0   | 198,0       | 567,3                              | 306,0                 | 1,0                                 | 0,5          | 1                        |
| 2                                       | 292,0   | 892,5       | 451,3                              | 1379,5                | 0,8                                 | 2,4          | 2                        |
| 3                                       | 797,5   | 1310,5      | 1232,7                             | 2025,6                | 2,2                                 | 3,6          | 3                        |
| 4                                       | 80,5    | 453,0       | 124,4                              | 700,2                 | 0,2                                 | 1,2          | 4                        |
| 5                                       | 256,0   | 496,5       | 395,7                              | 767,4                 | 0,7                                 | 1,4          | 5                        |
| 6                                       | 1133,0  | 1586,0      | 1751,2                             | 2451,4                | 3,1                                 | 4,3          | 6                        |
| 7                                       | 463,5   | 560,0       | 716,4                              | 865,6                 | 1,3                                 | 1,5          | 7                        |
| 8                                       | 511,0   | 936,0       | 789,8                              | 1446,7                | 1,4                                 | 2,6          | 8                        |
| Máx                                     | 1133,0  | 1586,0      | 1751,2                             | 2451,4                | 3,1                                 | 4,3          | máx                      |
| $\Sigma$                                | 3900,5  | 6432,5      | 6028,9                             | 9942,5                | 10,7                                | 17,6         | $\Sigma$                 |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1537,0  | 2854,0      | 2375,7                             | 4411,3                | 4,2                                 | 7,8          | $\Sigma$ barra $F_{nom}$ |
|                                         | 39,4%   | 44,4%       | 39,4%                              | 44,4%                 | 39,4%                               | 44,4%        |                          |

|                            |         |             |                            |        |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.81.r |             |                            |        |                       |          |          |
| Série                      | P0.8X   | (3 ensaios) |                            |        |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 2363,5  | 3578,5      | 3653,2                     | 5531,2 | 6,5                   | 9,8      | 33,0%    |
|                            | 60,6%   | 55,6%       | 60,6%                      | 55,6%  | 60,6%                 | 55,6%    |          |
|                            | 37,7%   | 62,3%       | 37,7%                      | 62,3%  | 37,7%                 | 62,3%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 659,3       | Σ Lado 1- media            |        | 1,1                   | 2,0      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 162,6       | Σ Lado 2- media            |        | 1,6                   | 2,4      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,2         | Σ - media                  |        | 1,3                   | 2,2      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06      |                            |        | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 15079,64    | Valores nominais           |        | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |        |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 9,6                        | 5,4    | Fcon (kN)             | 118,9    | 67,2     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 7,3                        | 4,4    | Fcon (kN)             | 118,9    | 67,2     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 12,0                       | 2,4    | Fcon (kN)             | 118,9    | 67,2     |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Barra 3 apresenta deformação específica superior as demais barras.

Barras 3 e 6 com deformação específica superior as demais barras.
- O valor de força obtida correspondeu a 57% do valor previsto.

Valor da somatório das forças correspondeu ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se 57% do valor esperado.

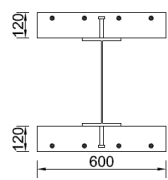
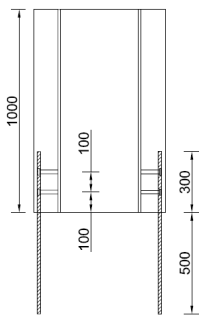
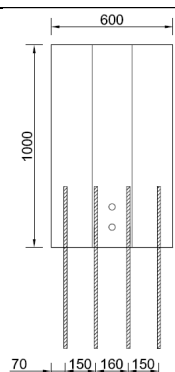
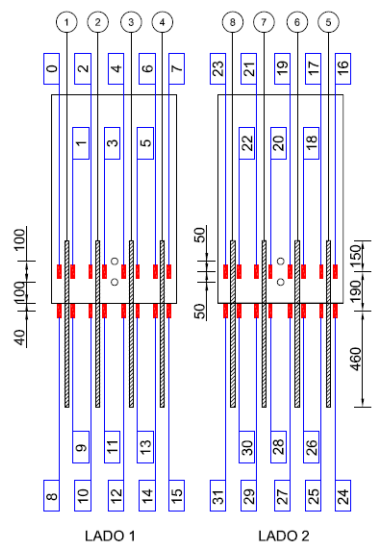
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 95% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido corresponde a 65% do valor previsto.
- A diferença entre o somatório das forças em cada lado do ensaio: Lado 1 cerca de 10% superior que no Lado 2.

Barra 3 e 6 mais carregadas, comparadas as demais.

Valores dentro de cada Lado não apresentam grandes diferenças entre si.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.82.r |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.8X   | (3 ensaios)                                                                       |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|   |         |  |        |                         |  |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                     |        |                         | Vista superior                                                                      |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                    |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                        |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                        |        | 2                       |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                     |        | 100                     |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                     |        | 100                     |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                          |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                  |        | 800 (300 + 500)         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                 |        | 4                       |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                     |        | 16                      |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                          |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                    |        | 30                      |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                      |        | 29                      |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                     |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                              |        | 2                       |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                    |        | 460                     |                                                                                     |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                    |        | 190                     |                                                                                     |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         |                                                                                   |        | sim                     |                                                                                     |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | Modo de ruptura         |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                          | Obtida | Prevista                |                                                                                     | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 550,3   | CP                                                                                | 474,8  | Ancoragem barra         |                                                                                     | Ancoragem Barra 2    |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 804,2   | ΣCB                                                                               | -      | F/barra (kN)            |                                                                                     | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                               | -      | prevista                | 68,8                                                                                | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 550,3   | ΣTP                                                                               | -      | obtida                  | 59,4                                                                                | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                   |        |                         |                                                                                     |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | σ <sub>crit</sub> (MPa) |                                                                                     |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                   |        | Prevista                |                                                                                     |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                  | -      | σ <sub>nom</sub>        | 500,0                                                                               | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                          |        | 342,1                   | obtida                                                                              | 295,2                | obt/prev<br>86,3%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                          |        | 11,4                    | obtida                                                                              | 10,2                 | obt/prev<br>89,3%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.82.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.8X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 1047,0  | 2086,0      | 43,2                               | 86,0                  | 214,6                               | 427,6        | 1                           |
| 2                                       | -       | 1904,5      | -                                  | 78,5                  | -                                   | 390,4        | 2                           |
| 3                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 3                           |
| 4                                       | 778,5   | 2435,0      | 32,1                               | 100,4                 | 159,6                               | 499,2        | 4                           |
| 5                                       | 1438,0  | 2851,0      | 59,3                               | 101,0                 | 294,8                               | 502,3        | 5                           |
| 6                                       | 936,5   | 1751,0      | 38,6                               | 72,2                  | 192,0                               | 359,0        | 6                           |
| 7                                       | 583,0   | 2328,5      | 24,0                               | 96,0                  | 119,5                               | 477,3        | 7                           |
| 8                                       | 256,5   | 2710,0      | 10,6                               | 101,0                 | 52,6                                | 502,3        | 8                           |
| máx                                     | 1438,0  | 2851,0      | 59,3                               | 101,0                 | 294,8                               | 502,3        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 5039,5  | 16066,0     | 207,7                              | 635,0                 | 1033,1                              | 3158,2       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1825,5  | 6425,5      | 75,2                               | 264,8                 | 374,2                               | 1317,2       | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 36,2%   | 40,0%       | 36,2%                              | 41,7%                 | 36,2%                               | 41,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 3214,0  | 9640,5      | 132,5                              | 370,1                 | 658,9                               | 1841,0       | 133,7%                      |
|                                         | 63,8%   | 60,0%       | 63,8%                              | 58,3%                 | 63,8%                               | 58,3%        |                             |
|                                         | 23,9%   | 76,1%       | 24,6%                              | 75,4%                 | 24,6%                               | 75,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 394,8       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 502,3       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 6,7                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 295,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 3769,9  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 3,9          | obt/prev<br>86,3%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>89,3%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 1047,0  | 2086,0      | 1618,3                             | 3224,3                | 2,9                                 | 5,7          | 1                           |
| 2                                       | -       | 1904,5      | -                                  | 2943,7                | -                                   | 5,2          | 2                           |
| 3                                       | -       | -           | -                                  | -                     | -                                   | -            | 3                           |
| 4                                       | 778,5   | 2435,0      | 1203,3                             | 3763,7                | 2,1                                 | 6,7          | 4                           |
| 5                                       | 1438,0  | 2851,0      | 2222,7                             | 3787,5                | 3,9                                 | 6,7          | 5                           |
| 6                                       | 936,5   | 1751,0      | 1447,5                             | 2706,5                | 2,6                                 | 4,8          | 6                           |
| 7                                       | 583,0   | 2328,5      | 901,1                              | 3599,1                | 1,6                                 | 6,4          | 7                           |
| 8                                       | 256,5   | 2710,0      | 396,5                              | 3787,5                | 0,7                                 | 6,7          | 8                           |
| Máx                                     | 1438,0  | 2851,0      | 2222,7                             | 3787,5                | 3,9                                 | 6,7          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 5039,5  | 16066,0     | 7789,4                             | 23812,2               | 13,8                                | 42,1         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 1825,5  | 6425,5      | 2821,6                             | 9931,7                | 5,0                                 | 17,6         | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 36,2%   | 40,0%       | 36,2%                              | 41,7%                 | 36,2%                               | 41,7%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.82.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.8X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 3214,0  | 9640,5      | 4967,8                     | 13880,5 | 8,8                   | 24,5     | 79,0%    |
|                            | 63,8%   | 60,0%       | 63,8%                      | 58,3%   | 63,8%                 | 58,3%    |          |
|                            | 23,9%   | 76,1%       | 24,6%                      | 75,4%   | 24,6%                 | 75,4%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 1579,1      | Σ Lado 1- media            |         | 1,2                   | 4,4      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 251,2       | Σ Lado 2- media            |         | 2,2                   | 6,1      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,9         | Σ - media                  |         | 1,7                   | 5,3      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 15079,64    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 11,1                       | 9,6     | Fcon (kN)             | 137,6    | 118,7    |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 8,4                        | 7,6     | Fcon (kN)             | 137,6    | 118,7    |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 13,0                       | 12,0    | Fcon (kN)             | 137,6    | 118,7    |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Interno

Externos

Aplicação de esforços sobre as barras

Barras 1 e 5 com valores superiores as demais, estando as duas na mesma linha de barra.

Barra 3 com valor bem inferior as demais..
- O valor de força obtida correspondeu a 86% do valor previsto.

Valor da somatório das forças correspondeu a 34% superior ao da célula de carga principal.

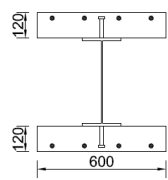
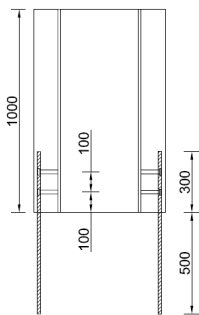
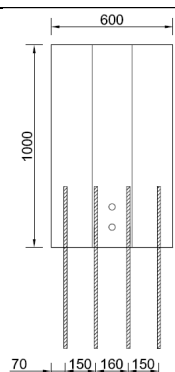
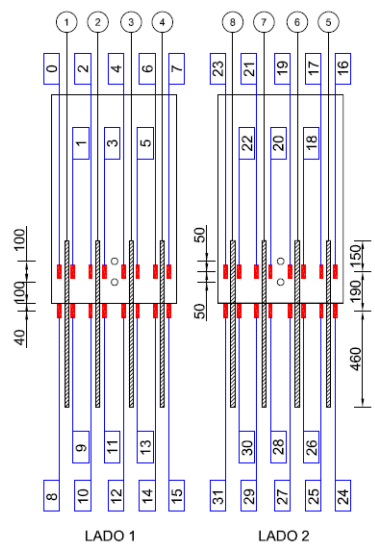
Para tensão normal e cisalhante observa-se 86% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 70% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido correspondeu ao valor previsto.
- A diferença entre o somatório das forças em cada lado do ensaio: Lado 2 cerca de 20% superior que no Lado 1.

Carregamentos das barras equilibrado.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Ensaio                                                                             | P0.83.r |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Série                                                                              | P0.8X   | ( 3 ensaios)                                                                      |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Arranjo                                                                            |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|   |         |  |        |  |                 |                      |                      |
| Vista frontal                                                                      |         | Vista lateral                                                                     |        | Vista superior                                                                      |                 |                      |                      |
| Extensômetros                                                                      |         | Dados Montagem                                                                    |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|  |         | Conectores                                                                        |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade                                                                        |        |                                                                                     | 2               |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                     |        |                                                                                     | 100             |                      |                      |
|                                                                                    |         | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                     |        |                                                                                     | 100             |                      |                      |
|                                                                                    |         | Armadura                                                                          |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Comprimento (mm)                                                                  |        |                                                                                     | 800 (300 + 500) |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / lado                                                                 |        |                                                                                     | 4               |                      |                      |
|                                                                                    |         | Diâmetro (mm)                                                                     |        |                                                                                     | 16              |                      |                      |
|                                                                                    |         | Concreto                                                                          |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                    |        |                                                                                     | 30              |                      |                      |
|                                                                                    |         | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                      |        |                                                                                     | 29              |                      |                      |
|                                                                                    |         | Extensômetros                                                                     |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
|                                                                                    |         | Quantidade / posição                                                              |        |                                                                                     | 2               |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 1 (mm)                                                                    |        |                                                                                     | 460             |                      |                      |
|                                                                                    |         | Posição 2 (mm)                                                                    |        |                                                                                     | 190             |                      |                      |
| Execução                                                                           |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Modificação                                                                        |         |                                                                                   | sim    |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Resultados                                                                         |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Força total (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | Modo de ruptura                                                                     |                 |                      |                      |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista                                                                          | Obtida | Prevista                                                                            |                 | Obtida               |                      |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 550,3   | CP                                                                                | 445,9  | Ancoragem barra                                                                     |                 | Ancoragem Barra 6    |                      |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 804,2   | ΣCB                                                                               | -      | F/barra (kN)                                                                        |                 | Ensaio dos materiais |                      |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR                                                                               | -      | prevista                                                                            | 68,8            | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 550,3   | ΣTP                                                                               | -      | obtida                                                                              | 55,7            | -                    | -                    |
|                                                                                    |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 | f <sub>u</sub> (MPa) | -                    |
| Força Axial                                                                        |         |                                                                                   |        |                                                                                     |                 |                      |                      |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                                                                                   |        | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                             |                 |                      |                      |
| Prevista                                                                           |         |                                                                                   |        | Prevista                                                                            |                 |                      |                      |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub>                                                                  | -      | σ <sub>nom</sub>                                                                    | 500,0           | σ <sub>ens</sub>     | -                    |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista                                                                          |        | 342,1                                                                               | obtida          | 277,2                | obt/prev<br>81,0%    |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista                                                                          |        | 11,4                                                                                | obtida          | 9,6                  | obt/prev<br>83,8%    |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.83.r |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.8X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | -       | 1116,0      | -                                  | 46,0                  | -                                   | 228,8        | 1                           |
| 2                                       | 79,5    | 1257,0      | 3,3                                | 51,8                  | 16,3                                | 257,7        | 2                           |
| 3                                       | 256,0   | 981,5       | 10,6                               | 40,5                  | 52,5                                | 201,2        | 3                           |
| 4                                       | 318,0   | 1650,0      | 13,1                               | 68,0                  | 65,2                                | 338,3        | 4                           |
| 5                                       | 880,5   | 1762,0      | 36,3                               | 72,6                  | 180,5                               | 361,2        | 5                           |
| 6                                       | 342,0   | 1036,0      | 14,1                               | 42,7                  | 70,1                                | 212,4        | 6                           |
| 7                                       | 1613,0  | 1799,5      | 66,5                               | 74,2                  | 330,7                               | 368,9        | 7                           |
| 8                                       | 907,0   | 2112,5      | 37,4                               | 87,1                  | 185,9                               | 433,1        | 8                           |
| máx                                     | 1613,0  | 2112,5      | 66,5                               | 87,1                  | 330,7                               | 433,1        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 4396,0  | 11714,5     | 181,2                              | 482,8                 | 901,2                               | 2401,5       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 653,5   | 5004,5      | 26,9                               | 206,3                 | 134,0                               | 1025,9       | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 14,9%   | 42,7%       | 14,9%                              | 42,7%                 | 14,9%                               | 42,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 3742,5  | 6710,0      | 154,3                              | 276,6                 | 767,2                               | 1375,6       | 108,3%                      |
|                                         | 85,1%   | 57,3%       | 85,1%                              | 57,3%                 | 85,1%                               | 57,3%        |                             |
|                                         | 27,3%   | 72,7%       | 27,3%                              | 72,7%                 | 27,3%                               | 72,7%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 300,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 433,1       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 5,8                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 277,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 3769,9  | $F_{ens}$   | -                                  | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | -                           |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,6                   | obtida                              | 3,7          | obt/prev<br>81,0%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,2                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>83,8%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | -       | 1116,0      | -                                  | 1725,0                | -                                   | 3,1          | 1                           |
| 2                                       | 79,5    | 1257,0      | 122,9                              | 1942,9                | 0,2                                 | 3,4          | 2                           |
| 3                                       | 256,0   | 981,5       | 395,7                              | 1517,1                | 0,7                                 | 2,7          | 3                           |
| 4                                       | 318,0   | 1650,0      | 491,5                              | 2550,3                | 0,9                                 | 4,5          | 4                           |
| 5                                       | 880,5   | 1762,0      | 1361,0                             | 2723,5                | 2,4                                 | 4,8          | 5                           |
| 6                                       | 342,0   | 1036,0      | 528,6                              | 1601,3                | 0,9                                 | 2,8          | 6                           |
| 7                                       | 1613,0  | 1799,5      | 2493,2                             | 2781,4                | 4,4                                 | 4,9          | 7                           |
| 8                                       | 907,0   | 2112,5      | 1401,9                             | 3265,2                | 2,5                                 | 5,8          | 8                           |
| Máx                                     | 1613,0  | 2112,5      | 2493,2                             | 3265,2                | 4,4                                 | 5,8          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 4396,0  | 11714,5     | 6794,7                             | 18106,7               | 12,0                                | 32,0         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 653,5   | 5004,5      | 1010,1                             | 7735,3                | 1,8                                 | 13,7         | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 14,9%   | 42,7%       | 14,9%                              | 42,7%                 | 14,9%                               | 42,7%        |                             |

|                            |         |             |                            |         |                       |          |          |
|----------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0.83.r |             |                            |         |                       |          |          |
| Série                      | P0.8X   | (3 ensaios) |                            |         |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 3742,5  | 6710,0      | 5784,6                     | 10371,4 | 10,2                  | 18,3     | 60,0%    |
|                            | 85,1%   | 57,3%       | 85,1%                      | 57,3%   | 85,1%                 | 57,3%    |          |
|                            | 27,3%   | 72,7%       | 27,3%                      | 72,7%   | 27,3%                 | 72,7%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 1200,7      | Σ Lado 1- media            |         | 0,4                   | 3,4      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 216,5       | Σ Lado 2- media            |         | 2,6                   | 4,6      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 3,7         | Σ - media                  |         | 1,5                   | 4,0      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06      |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 15079,64    | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |             |                            |         |                       |          |          |
|                            |         |             | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm) | 11,1                       | 9,0     | Fcon (kN)             | 137,6    | 111,5    |
| exp_form                   |         | teffmin(mm) | 8,4                        | 7,1     | Fcon (kN)             | 137,6    | 111,5    |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm) | 13,0                       | 11,8    | Fcon (kN)             | 137,6    | 111,5    |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Barras 5, 7 e 8 apresentam valores superiores as demais barras.

Barra 3 com valor bem inferior as demais.
- O valor de força obtida correspondeu a 81% do valor previsto.

Valor da somatório das forças correspondeu a 8% superior ao da célula de carga principal.

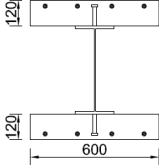
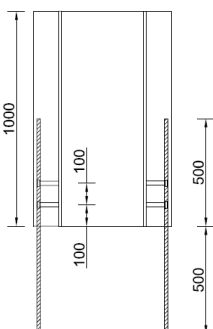
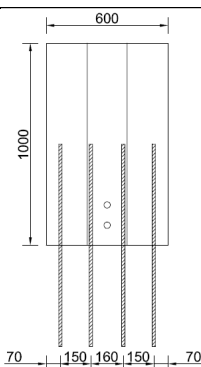
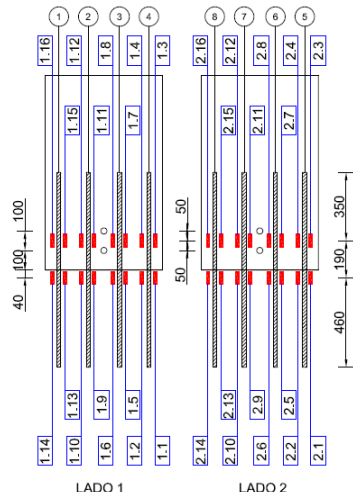
Para tensão normal e cisalhante observa-se 81% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 56% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido correspondeu 87% do valor previsto.
- Lado 2 mais carregado que o Lado 1, que corresponde ao lado onde ocorreu a ruptura. Diferença de 10% entre o somatório de deformações específicas de cada lado.
- Carregamentos das barras equilibrado, exceto barra 3.

Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--|----------------------|--|------------------|-------|------------------|-------|
| Ensaio                                                                             | P0 . 91                                                                            |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Série                                                                              | P0 . 9X                                                                            | ( 3 ensaios)                                                                        |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Arranjo                                                                            |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|   |  |  |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Vista frontal                                                                      | Vista lateral                                                                      | Vista superior                                                                      |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Extensômetros                                                                      | Dados Montagem                                                                     |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|  | Conectores                                                                         |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Quantidade                                                                         |                                                                                     | 2                |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |                                                                                     | 100              |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |                                                                                     | 100              |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Armadura                                                                           |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Comprimento (mm)                                                                   |                                                                                     | 1000 (500 + 500) |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Quantidade / lado                                                                  |                                                                                     | 4                |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Diâmetro (mm)                                                                      |                                                                                     | 16               |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Concreto                                                                           |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |                                                                                     | 30               |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |                                                                                     | 38,5             |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Extensômetros                                                                      |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Quantidade / posição                                                               |                                                                                     | 2                |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Posição 1 (mm)                                                                     |                                                                                     | 460              |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    | Posição 2 (mm)                                                                     |                                                                                     | 190              |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Execução                                                                           |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Modificação                                                                        |                                                                                    | não                                                                                 |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Resultados                                                                         |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Força total (kN)                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                  | Modo de ruptura         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Prevista                                                                           |                                                                                    | Obtida                                                                              |                  | Prevista                |  | Obtida               |  |                  |       |                  |       |
| F <sub>anc</sub>                                                                   |                                                                                    | 917,2                                                                               |                  | CP                      |  | 379,5                |  |                  |       |                  |       |
| F <sub>barra</sub>                                                                 |                                                                                    | 804,2                                                                               |                  | ΣCB                     |  | -                    |  |                  |       |                  |       |
| F <sub>conec</sub>                                                                 |                                                                                    | 475,6                                                                               |                  | ΣCR                     |  | -                    |  |                  |       |                  |       |
| F <sub>prev</sub>                                                                  |                                                                                    | 475,6                                                                               |                  | ΣTP                     |  | 419,6                |  |                  |       |                  |       |
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  | f <sub>u</sub> (MPa) |  | 782,1            |       |                  |       |
| Força Axial                                                                        |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Força barra (kN)                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                  | σ <sub>crit</sub> (MPa) |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| Prevista                                                                           |                                                                                    |                                                                                     |                  | Prevista                |  |                      |  |                  |       |                  |       |
| F <sub>nom</sub>                                                                   |                                                                                    | 100,5                                                                               |                  | F <sub>ens</sub>        |  | 116,2                |  | σ <sub>nom</sub> | 500,0 | σ <sub>ens</sub> | 577,7 |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |                                                                                    |                                                                                     |                  | prevista                |  | 295,7                |  | obtida           |       | 235,9            |       |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |                                                                                    |                                                                                     |                  | prevista                |  | 9,9                  |  | obtida           |       | 6,1              |       |
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       | obt/prev 79,8%   |       |
|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |  |                      |  |                  |       | obt/prev 62,2%   |       |

|                                         |         |             |                                       |                       |                                        |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.91   |             |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Série                                   | P0.9X   | (3 ensaios) |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra<br>Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$<br>Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                   | ext                   | int                                    | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 142,5   | 793,0       | 5,9                                   | 32,7                  | 29,2                                   | 162,6        | 1                           |
| 2                                       | 309,0   | 425,0       | 12,7                                  | 17,5                  | 63,3                                   | 87,1         | 2                           |
| 3                                       | 161,5   | 3610,0      | 6,7                                   | 101,5                 | 33,1                                   | 504,8        | 3                           |
| 4                                       | 219,5   | 426,0       | 9,0                                   | 17,6                  | 45,0                                   | 87,3         | 4                           |
| 5                                       | 95,0    | 271,0       | 3,9                                   | 11,2                  | 19,5                                   | 55,6         | 5                           |
| 6                                       | 61,5    | 104,5       | 2,5                                   | 4,3                   | 12,6                                   | 21,4         | 6                           |
| 7                                       | 328,0   | 344,0       | 13,5                                  | 14,2                  | 67,2                                   | 70,5         | 7                           |
| 8                                       | 67,0    | 502,2       | 2,8                                   | 20,7                  | 13,7                                   | 103,0        | 8                           |
| máx                                     | 328,0   | 3610,0      | 13,5                                  | 101,5                 | 67,2                                   | 504,8        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1384,0  | 6475,7      | 57,0                                  | 219,6                 | 283,7                                  | 1092,3       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 832,5   | 5254,0      | 34,3                                  | 169,3                 | 170,7                                  | 841,8        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 60,2%   | 81,1%       | 60,2%                                 | 77,1%                 | 60,2%                                  | 77,1%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 551,5   | 1221,7      | 22,7                                  | 50,4                  | 113,1                                  | 250,4        | 57,9%                       |
|                                         | 39,8%   | 18,9%       | 39,8%                                 | 22,9%                 | 39,8%                                  | 22,9%        |                             |
|                                         | 17,6%   | 82,4%       | 20,6%                                 | 79,4%                 | 20,6%                                  | 79,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 136,5       |                                       |                       |                                        |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 504,8       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)         |                       | 4,0                                    |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 235,9       |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                       |                       |                                        |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                       | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                        |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                       | Prevista              |                                        |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 6283,2  | $F_{ens}$   | 7259,6                                | $\sigma_{nom}$        | 250,0                                  | $\tau_{ens}$ | 288,9                       |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                              | 2,4                   | obtida                                 | 1,9          | obt/prev<br>79,8%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                              | 0,1                   | obtida                                 | 0,0          | obt/prev<br>62,2%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra<br>Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc<br>Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                   | ext                   | int                                    | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 142,5   | 793,0       | 367,1                                 | 2042,9                | 0,2                                    | 1,3          | 1                           |
| 2                                       | 309,0   | 425,0       | 796,0                                 | 1094,8                | 0,5                                    | 0,7          | 2                           |
| 3                                       | 161,5   | 3610,0      | 416,0                                 | 6343,8                | 0,3                                    | 4,0          | 3                           |
| 4                                       | 219,5   | 426,0       | 565,5                                 | 1097,4                | 0,4                                    | 0,7          | 4                           |
| 5                                       | 95,0    | 271,0       | 244,7                                 | 698,1                 | 0,2                                    | 0,4          | 5                           |
| 6                                       | 61,5    | 104,5       | 158,4                                 | 269,2                 | 0,1                                    | 0,2          | 6                           |
| 7                                       | 328,0   | 344,0       | 845,0                                 | 886,2                 | 0,5                                    | 0,6          | 7                           |
| 8                                       | 67,0    | 502,2       | 172,6                                 | 1293,7                | 0,1                                    | 0,8          | 8                           |
| Máx                                     | 328,0   | 3610,0      | 845,0                                 | 6343,8                | 0,5                                    | 4,0          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1384,0  | 6475,7      | 3565,3                                | 13726,1               | 2,3                                    | 8,7          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 832,5   | 5254,0      | 2144,6                                | 10578,9               | 1,4                                    | 6,7          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 60,2%   | 81,1%       | 60,2%                                 | 77,1%                 | 60,2%                                  | 77,1%        |                             |

|                            |         |                |                            |        |                       |          |          |
|----------------------------|---------|----------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------|----------|
| Ensaio                     | P0 . 91 |                |                            |        |                       |          |          |
| Série                      | P0 . 9X | ( (3) ensaios) |                            |        |                       |          |          |
| Deformação específica (µε) |         |                | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |          |
| Σ Lado 2                   | 551,5   | 1221,7         | 1420,7                     | 3147,2 | 0,9                   | 2,0      | 27,3%    |
|                            | 39,8%   | 18,9%          | 39,8%                      | 22,9%  | 39,8%                 | 22,9%    |          |
|                            | 17,6%   | 82,4%          | 20,6%                      | 79,4%  | 20,6%                 | 79,4%    |          |
| σcrit externo (MPa)        |         | 546,1          | Σ Lado 1- media            |        | 0,3                   | 1,7      |          |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 252,4          | Σ Lado 2- media            |        | 0,2                   | 0,5      |          |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 1,9            | Σ - media                  |        | 0,3                   | 1,1      |          |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06         |                            |        | E (MPa)               | fy (MPa) | fu (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 25132,74       | Valores nominais           |        | 205000                | 500      | 550      |
| Solda Conector             |         |                |                            |        |                       |          |          |
|                            |         |                | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista | Obtida   |
| teor_form                  |         | teffmin(mm)    | 9,6                        | 7,6    | Fcon (kN)             | 118,9    | 94,9     |
| exp_form                   |         | teffmin(mm)    | 7,3                        | 6,0    | Fcon (kN)             | 118,9    | 94,9     |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm)    | 12,0                       | 9,6    | Fcon (kN)             | 118,9    | 94,9     |

#### Considerações:

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Barras 5, 6 e 8 apresentam valores bem inferiores as demais barras.

Barra 3 com valor bem superior as demais.
- O valor de força obtida correspondeu a 80% do valor previsto.

Valor da somatório das forças correspondeu a 42% inferior ao da célula de carga principal.

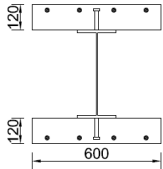
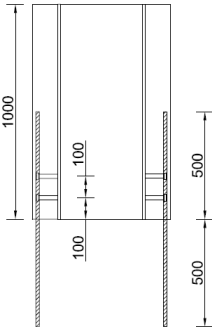
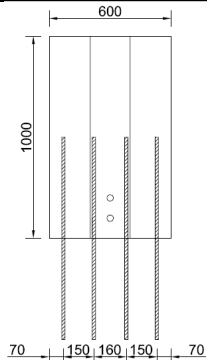
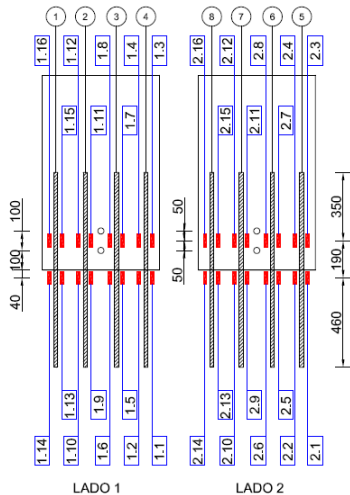
Para tensão normal e cisalhante observa-se 80% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 214% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido correspondeu ao valor previsto.
- Lado 1 mais carregado que o Lado 2, correspondendo a quase 80% de recebimento de esforços. Equilíbrio entre as deformações específicas obtidas, exceto a barra 3.

Carregamentos das barras equilibrado, exceto barra 3.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.

Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

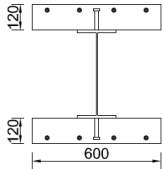
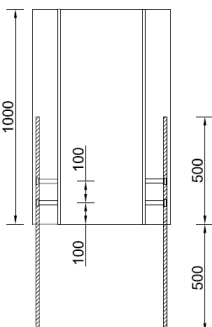
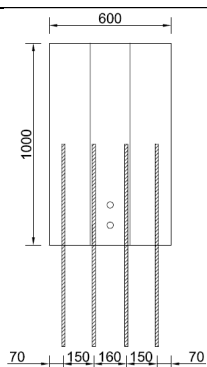
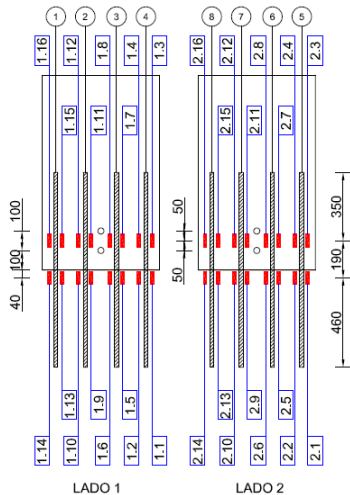
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--------|----------------------|----------------------|-------------------------|--|--|--|----------|--------|----------|--------|----------|--|--------|--|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|-------------------------|-------|----------|-------|--------------|--------|----------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------|----------|-------|----------|--------|---------|----------------------|-------------------|-------|-----|-------|--------|------|--------|-------|--|--|--|--|--|--|----------------------|-------|
| Ensaio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | P0 . 92                                                                            |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Série                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | P0 . 9X                                                                            | ( (3) ensaios)                                                                      |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Arranjo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Vista frontal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vista lateral                                                                      | Vista superior                                                                      |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Extensômetros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Dados Montagem                                                                     |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Conectores                                                                         |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Quantidade                                                                         |                                                                                     | 2                |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |                                                                                     | 100              |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |                                                                                     | 100              |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Armadura                                                                           |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Comprimento (mm)                                                                   |                                                                                     | 1000 (500 + 500) |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Quantidade / lado                                                                  |                                                                                     | 4                |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Diâmetro (mm)                                                                      |                                                                                     | 16               |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Concreto                                                                           |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |                                                                                     | 30               |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |                                                                                     | 38,5             |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Extensômetros                                                                      |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Quantidade / posição                                                               |                                                                                     | 2                |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Posição 1 (mm)                                                                     |                                                                                     | 460              |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Posição 2 (mm)                                                                     |                                                                                     | 190              |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Execução                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Modificação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                    | sim                                                                                 |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| <table><tr><td colspan="4">Força total (kN)</td><td colspan="4">Modo de ruptura</td></tr><tr><td>Prevista</td><td>Obtida</td><td>Prevista</td><td>Obtida</td><td colspan="2">Prevista</td><td colspan="2">Obtida</td></tr><tr><td>F<sub>anc</sub></td><td>917,2</td><td>CP</td><td>497,3</td><td colspan="2">Rompimento barra</td><td colspan="2">Deslizamento</td></tr><tr><td>F<sub>barra</sub></td><td>804,2</td><td>ΣCB</td><td>575,6</td><td colspan="2">F/barra (kN)</td><td colspan="2">Ensaio dos materiais</td></tr><tr><td>F<sub>conec</sub></td><td>475,6</td><td>ΣCR</td><td>654,5</td><td>prevista</td><td>100,5</td><td>E (MPa)</td><td>f<sub>y</sub> (MPa)</td></tr><tr><td>F<sub>prev</sub></td><td>804,2</td><td>ΣTP</td><td>730,3</td><td>obtida</td><td>62,2</td><td>251940</td><td>577,7</td></tr><tr><td colspan="6"></td><td>f<sub>u</sub> (MPa)</td><td>782,1</td></tr></table> |                                                                                    |                                                                                     |                  | Força total (kN)        |        |                      |                      | Modo de ruptura         |  |  |  | Prevista | Obtida | Prevista | Obtida | Prevista |  | Obtida |  | F <sub>anc</sub> | 917,2 | CP               | 497,3 | Rompimento barra |       | Deslizamento     |       | F <sub>barra</sub>      | 804,2 | ΣCB      | 575,6 | F/barra (kN) |        | Ensaio dos materiais |                   | F <sub>conec</sub>                        | 475,6 | ΣCR      | 654,5 | prevista | 100,5  | E (MPa) | f <sub>y</sub> (MPa) | F <sub>prev</sub> | 804,2 | ΣTP | 730,3 | obtida | 62,2 | 251940 | 577,7 |  |  |  |  |  |  | f <sub>u</sub> (MPa) | 782,1 |
| Força total (kN)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                    |                                                                                     |                  | Modo de ruptura         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Prevista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Obtida                                                                             | Prevista                                                                            | Obtida           | Prevista                |        | Obtida               |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| F <sub>anc</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 917,2                                                                              | CP                                                                                  | 497,3            | Rompimento barra        |        | Deslizamento         |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| F <sub>barra</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 804,2                                                                              | ΣCB                                                                                 | 575,6            | F/barra (kN)            |        | Ensaio dos materiais |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| F <sub>conec</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 475,6                                                                              | ΣCR                                                                                 | 654,5            | prevista                | 100,5  | E (MPa)              | f <sub>y</sub> (MPa) |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| F <sub>prev</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 804,2                                                                              | ΣTP                                                                                 | 730,3            | obtida                  | 62,2   | 251940               | 577,7                |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        | f <sub>u</sub> (MPa) | 782,1                |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Força Axial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                    |                                                                                     |                  |                         |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| <table><tr><td colspan="4">Força barra (kN)</td><td colspan="4">σ<sub>crit</sub> (MPa)</td></tr><tr><td colspan="4">Prevista</td><td colspan="4">Prevista</td></tr><tr><td>F<sub>nom</sub></td><td>100,5</td><td>F<sub>ens</sub></td><td>116,2</td><td>σ<sub>nom</sub></td><td>500,0</td><td>σ<sub>ens</sub></td><td>577,7</td></tr><tr><td colspan="2">σ<sub>crit</sub> (MPa)</td><td colspan="2">prevista</td><td>500,0</td><td>obtida</td><td>309,2</td><td>obt/prev<br/>61,8%</td></tr><tr><td colspan="2">σ<sub>crit</sub>/ f<sub>ck</sub> (MPa)</td><td colspan="2">prevista</td><td>16,7</td><td>obtida</td><td>8,0</td><td>obt/prev<br/>48,2%</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                    |                                                                                     |                  | Força barra (kN)        |        |                      |                      | σ <sub>crit</sub> (MPa) |  |  |  | Prevista |        |          |        | Prevista |  |        |  | F <sub>nom</sub> | 100,5 | F <sub>ens</sub> | 116,2 | σ <sub>nom</sub> | 500,0 | σ <sub>ens</sub> | 577,7 | σ <sub>crit</sub> (MPa) |       | prevista |       | 500,0        | obtida | 309,2                | obt/prev<br>61,8% | σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa) |       | prevista |       | 16,7     | obtida | 8,0     | obt/prev<br>48,2%    |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Força barra (kN)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                    |                                                                                     |                  | σ <sub>crit</sub> (MPa) |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| Prevista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |                                                                                     |                  | Prevista                |        |                      |                      |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| F <sub>nom</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 100,5                                                                              | F <sub>ens</sub>                                                                    | 116,2            | σ <sub>nom</sub>        | 500,0  | σ <sub>ens</sub>     | 577,7                |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                    | prevista                                                                            |                  | 500,0                   | obtida | 309,2                | obt/prev<br>61,8%    |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                    | prevista                                                                            |                  | 16,7                    | obtida | 8,0                  | obt/prev<br>48,2%    |                         |  |  |  |          |        |          |        |          |  |        |  |                  |       |                  |       |                  |       |                  |       |                         |       |          |       |              |        |                      |                   |                                           |       |          |       |          |        |         |                      |                   |       |     |       |        |      |        |       |  |  |  |  |  |  |                      |       |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.92   |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.9X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 510,5   | 1914,0      | 21,0                               | 78,9                  | 104,7                               | 392,4        | 1                           |
| 2                                       | 1153,5  | 1555,0      | 47,5                               | 64,1                  | 236,5                               | 318,8        | 2                           |
| 3                                       | 2008,0  | 2115,5      | 82,8                               | 87,2                  | 411,6                               | 433,7        | 3                           |
| 4                                       | 551,5   | 1335,0      | 22,7                               | 55,0                  | 113,1                               | 273,7        | 4                           |
| 5                                       | 1152,0  | 2255,0      | 47,5                               | 92,9                  | 236,2                               | 462,3        | 5                           |
| 6                                       | 262,0   | 1385,0      | 10,8                               | 57,1                  | 53,7                                | 283,9        | 6                           |
| 7                                       | 662,0   | 774,5       | 27,3                               | 31,9                  | 135,7                               | 158,8        | 7                           |
| 8                                       | 1292,5  | 1807,0      | 53,3                               | 74,5                  | 265,0                               | 370,4        | 8                           |
| máx                                     | 2008,0  | 2255,0      | 82,8                               | 92,9                  | 411,6                               | 462,3        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 7592,0  | 13141,0     | 312,9                              | 541,6                 | 1556,4                              | 2693,9       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 4223,5  | 6919,5      | 174,1                              | 285,2                 | 865,8                               | 1418,5       | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 55,6%   | 52,7%       | 55,6%                              | 52,7%                 | 55,6%                               | 52,7%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 3368,5  | 6221,5      | 138,8                              | 256,4                 | 690,5                               | 1275,4       | 108,9%                      |
|                                         | 44,4%   | 47,3%       | 44,4%                              | 47,3%                 | 44,4%                               | 47,3%        |                             |
|                                         | 36,6%   | 63,4%       | 36,6%                              | 63,4%                 | 36,6%                               | 63,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 336,7       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 462,3       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 3,7                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 309,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 6283,2  | $F_{ens}$   | 7259,6                             | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | 288,9                       |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 4,0                   | obtida                              | 2,5          | obt/prev<br>61,8%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,1          | obt/prev<br>48,2%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | 510,5   | 1914,0      | 1315,1                             | 4930,7                | 0,8                                 | 3,1          | 1                           |
| 2                                       | 1153,5  | 1555,0      | 2971,5                             | 4005,8                | 1,9                                 | 2,6          | 2                           |
| 3                                       | 2008,0  | 2115,5      | 5172,8                             | 5449,8                | 3,3                                 | 3,5          | 3                           |
| 4                                       | 551,5   | 1335,0      | 1420,7                             | 3439,1                | 0,9                                 | 2,2          | 4                           |
| 5                                       | 1152,0  | 2255,0      | 2967,7                             | 5809,1                | 1,9                                 | 3,7          | 5                           |
| 6                                       | 262,0   | 1385,0      | 674,9                              | 3567,9                | 0,4                                 | 2,3          | 6                           |
| 7                                       | 662,0   | 774,5       | 1705,4                             | 1995,2                | 1,1                                 | 1,3          | 7                           |
| 8                                       | 1292,5  | 1807,0      | 3329,6                             | 4655,0                | 2,1                                 | 3,0          | 8                           |
| Máx                                     | 2008,0  | 2255,0      | 5172,8                             | 5809,1                | 3,3                                 | 3,7          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 7592,0  | 13141,0     | 19557,8                            | 33852,6               | 12,5                                | 21,6         | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 4223,5  | 6919,5      | 10880,2                            | 17825,4               | 6,9                                 | 11,3         | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 55,6%   | 52,7%       | 55,6%                              | 52,7%                 | 55,6%                               | 52,7%        |                             |

|                            |         |                          |                            |         |                       |          |                      |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|---------|-----------------------|----------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 92 |                          |                            |         |                       |          |                      |
| Série                      | P0 . 9X | ( 3) ensaios)            |                            |         |                       |          |                      |
| Deformação específica (µε) |         |                          | Força barra<br>Obtida (kN) |         | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |                      |
| Σ Lado 2                   | 3368,5  | 6221,5                   | 8677,6                     | 16027,2 | 5,5                   | 10,2     | 67,3%                |
|                            | 44,4%   | 47,3%                    | 44,4%                      | 47,3%   | 44,4%                 | 47,3%    |                      |
|                            | 36,6%   | 63,4%                    | 36,6%                      | 63,4%   | 36,6%                 | 63,4%    |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 1347,0                   | Σ Lado 1- media            |         | 1,7                   | 2,8      |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 231,1                    | Σ Lado 2- media            |         | 1,4                   | 2,6      |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 2,5                      | Σ - media                  |         | 1,6                   | 2,7      |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06                   |                            |         | E (MPa)               | fy (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 25132,74                 | Valores nominais           |         | 205000                | 500      | 550                  |
| Solda Conector             |         |                          |                            |         |                       |          |                      |
|                            |         |                          | Prevista                   | Obtida  |                       | Prevista | Obtida               |
| teor_form                  |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 16,2                       | 10,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 201,1    | 124,3                |
| exp_form                   |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 11,0                       | 7,8     | F <sub>con</sub> (kN) | 201,1    | 124,3                |
| exp_pad                    |         | t <sub>effmin</sub> (mm) | 15,0                       | 13,0    | F <sub>con</sub> (kN) | 201,1    | 124,3                |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Este ensaio será desconsiderado, porque sua ruptura ocorreu em situação adversa a esperada, impossibilitando a inclusão de seus dados para análise e comparação com os demais ensaios.
- O valor de força obtida correspondeu a 62% do valor previsto.  
Valor da somatório das forças correspondeu a 92% inferior ao da célula de carga principal.  
Para tensão normal e cisalhante observa-se 62% do valor esperado.  
Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 50% superior.  
Para a comparação de tensão o valor obtido correspondeu a 92% do valor previsto.
- Lado 1 mais carregado que o Lado 2, correspondendo a diferença de 5% de recebimento de esforços.  
Equilíbrio entre as deformações específicas obtidas, exceto a barra 3 e 5.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa.  
Ensaio com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

|                                                                                    |         |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--|
| Ensaio                                                                             | P0 . 93 |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Série                                                                              | P0 . 9X |                  | ( 3) ensaios) |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Arranjo                                                                            |         |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
|   |         |                  |               |  |        |  |                      |  |
| Vista frontal                                                                      |         |                  |               | Vista lateral                                                                      |        | Vista superior                                                                      |                      |  |
| Extensômetros                                                                      |         |                  |               | Dados Montagem                                                                     |        |                                                                                     |                      |  |
|  |         |                  |               | Conectores                                                                         |        |                                                                                     |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade                                                                         |        | 2                                                                                   |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Espaçamento inicial (d1) (mm)                                                      |        | 100                                                                                 |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Espaçamento inicial (d2) (mm)                                                      |        | 100                                                                                 |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Armadura                                                                           |        |                                                                                     |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Comprimento (mm)                                                                   |        | 1000 (500 + 500)                                                                    |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade / lado                                                                  |        | 4                                                                                   |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Diâmetro (mm)                                                                      |        | 16                                                                                  |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Concreto                                                                           |        |                                                                                     |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | f <sub>ck</sub> previsto (MPa)                                                     |        | 30                                                                                  |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | f <sub>ck</sub> obtido (MPa)                                                       |        | 38,5                                                                                |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Extensômetros                                                                      |        |                                                                                     |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Quantidade / posição                                                               |        | 2                                                                                   |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Posição 1 (mm)                                                                     |        | 460                                                                                 |                      |  |
|                                                                                    |         |                  |               | Posição 2 (mm)                                                                     |        | 190                                                                                 |                      |  |
| Execução                                                                           |         |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Modificação                                                                        |         | não              |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Resultados                                                                         |         |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Força total (kN)                                                                   |         |                  |               | Modo de ruptura                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Prevista                                                                           | Obtida  | Prevista         | Obtida        | Prevista                                                                           |        | Obtida                                                                              |                      |  |
| F <sub>anc</sub>                                                                   | 917,2   | CP               | 307,5         | Rompimento barra                                                                   |        | Deslizamento                                                                        |                      |  |
| F <sub>barra</sub>                                                                 | 804,2   | ΣCB              | 292,7         | F/barra (kN)                                                                       |        | Ensaio dos materiais                                                                |                      |  |
| F <sub>conec</sub>                                                                 | 475,6   | ΣCR              | -             | prevista                                                                           | 59,5   | E (MPa)                                                                             | f <sub>y</sub> (MPa) |  |
| F <sub>prev</sub>                                                                  | 475,6   | ΣTP              | -             | obtida                                                                             | 38,4   | 251940                                                                              | 577,7                |  |
|                                                                                    |         |                  |               |                                                                                    |        | f <sub>u</sub> (MPa)                                                                | 782,1                |  |
| Força Axial                                                                        |         |                  |               |                                                                                    |        |                                                                                     |                      |  |
| Força barra (kN)                                                                   |         |                  |               | σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |        |                                                                                     |                      |  |
| Prevista                                                                           |         |                  |               | Prevista                                                                           |        |                                                                                     |                      |  |
| F <sub>nom</sub>                                                                   | 100,5   | F <sub>ens</sub> | 116,2         | σ <sub>nom</sub>                                                                   | 500,0  | σ <sub>ens</sub>                                                                    | 577,7                |  |
| σ <sub>crit</sub> (MPa)                                                            |         | prevista         |               | 295,7                                                                              | obtida | 191,2                                                                               | obt/prev<br>64,7%    |  |
| σ <sub>crit</sub> / f <sub>ck</sub> (MPa)                                          |         | prevista         |               | 9,9                                                                                | obtida | 5,0                                                                                 | obt/prev<br>50,4%    |  |

|                                         |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
|-----------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Ensaio                                  | P0.93   |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Série                                   | P0.9X   | (3 ensaios) |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força barra Obtida (kN)            |                       | $\sigma_{crit}$ Obtida (MPa)        |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | -       | 869,5       | -                                  | 35,8                  | -                                   | 178,2        | 1                           |
| 2                                       | 363,5   | 701,0       | 15,0                               | 28,9                  | 74,5                                | 143,7        | 2                           |
| 3                                       | -       | 768,0       | -                                  | 31,7                  | -                                   | 157,4        | 3                           |
| 4                                       | 368,0   | 479,5       | 15,2                               | 19,8                  | 75,4                                | 98,3         | 4                           |
| 5                                       | 369,0   | 520,5       | 15,2                               | 21,5                  | 75,6                                | 106,7        | 5                           |
| 6                                       | 252,5   | 714,0       | 10,4                               | 29,4                  | 51,8                                | 146,4        | 6                           |
| 7                                       | 251,5   | 573,5       | 10,4                               | 23,6                  | 51,6                                | 117,6        | 7                           |
| 8                                       | 325,0   | 425,5       | 13,4                               | 17,5                  | 66,6                                | 87,2         | 8                           |
| máx                                     | 369,0   | 869,5       | 15,2                               | 35,8                  | 75,6                                | 178,2        | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1929,5  | 5051,5      | 79,5                               | 208,2                 | 395,5                               | 1035,6       | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 731,5   | 2818,0      | 30,2                               | 116,2                 | 150,0                               | 577,7        | $\Sigma$ barra<br>CP        |
|                                         | 37,9%   | 55,8%       | 37,9%                              | 55,8%                 | 37,9%                               | 55,8%        |                             |
| $\Sigma$ Lado 2                         | 1198,0  | 2233,5      | 49,4                               | 92,1                  | 245,6                               | 457,9        | 67,7%                       |
|                                         | 62,1%   | 44,2%       | 62,1%                              | 44,2%                 | 62,1%                               | 44,2%        |                             |
|                                         | 27,6%   | 72,4%       | 27,6%                              | 72,4%                 | 27,6%                               | 72,4%        |                             |
| $\sigma_{crit\_externo}$ (MPa)          |         | 129,4       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| $F_{máx} / \Sigma Anorm$ (MPa)          |         | 178,2       | $F_{máx} / \Sigma Acis$ (MPa)      |                       | 1,4                                 |              |                             |
| CB / $\Sigma Anorm$ (MPa)               |         | 191,2       |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força de arrancamento                   |         |             |                                    |                       |                                     |              |                             |
| Força barra (kN)                        |         |             |                                    | $\sigma_{crit}$ (MPa) |                                     |              |                             |
| Prevista                                |         |             |                                    | Prevista              |                                     |              |                             |
| $F_{nom}$                               | 6283,2  | $F_{ens}$   | 7259,6                             | $\sigma_{nom}$        | 250,0                               | $\tau_{ens}$ | 288,9                       |
| $\Sigma cr$ arranc (MPa)                |         |             | prevista                           | 2,4                   | obtida                              | 1,5          | obt/prev<br>64,7%           |
| $\sigma_{crit} / f_{ck}$ (MPa)          |         |             | prevista                           | 0,1                   | obtida                              | 0,0          | obt/prev<br>50,4%           |
| Deformação específica ( $\mu\epsilon$ ) |         |             | Força cisalhante barra Obtida (kN) |                       | $\sigma_{crit}$ arranc Obtida (MPa) |              |                             |
| Barra                                   | interno | externo     | int                                | ext                   | int                                 | ext          | Barra                       |
| 1                                       | -       | 869,5       | -                                  | 2239,9                | -                                   | 1,4          | 1                           |
| 2                                       | 363,5   | 701,0       | 936,4                              | 1805,9                | 0,6                                 | 1,1          | 2                           |
| 3                                       | -       | 768,0       | -                                  | 1978,4                | -                                   | 1,3          | 3                           |
| 4                                       | 368,0   | 479,5       | 948,0                              | 1235,2                | 0,6                                 | 0,8          | 4                           |
| 5                                       | 369,0   | 520,5       | 950,6                              | 1340,9                | 0,6                                 | 0,9          | 5                           |
| 6                                       | 252,5   | 714,0       | 650,5                              | 1839,3                | 0,4                                 | 1,2          | 6                           |
| 7                                       | 251,5   | 573,5       | 647,9                              | 1477,4                | 0,4                                 | 0,9          | 7                           |
| 8                                       | 325,0   | 425,5       | 837,2                              | 1096,1                | 0,5                                 | 0,7          | 8                           |
| Máx                                     | 369,0   | 869,5       | 950,6                              | 2239,9                | 0,6                                 | 1,4          | máx                         |
| $\Sigma$                                | 1929,5  | 5051,5      | 4970,6                             | 13013,2               | 3,2                                 | 8,3          | $\Sigma$                    |
| $\Sigma$ Lado 1                         | 731,5   | 2818,0      | 1884,4                             | 7259,5                | 1,2                                 | 4,6          | $\Sigma$ barra<br>$F_{nom}$ |
|                                         | 37,9%   | 55,8%       | 37,9%                              | 55,8%                 | 37,9%                               | 55,8%        |                             |

|                            |         |               |                            |        |                       |          |                      |
|----------------------------|---------|---------------|----------------------------|--------|-----------------------|----------|----------------------|
| Ensaio                     | P0 . 93 |               |                            |        |                       |          |                      |
| Série                      | P0 . 9X | ( 3) ensaios) |                            |        |                       |          |                      |
| Deformação específica (µε) |         |               | Força barra<br>Obtida (kN) |        | σcrit<br>Obtida (MPa) |          |                      |
| Σ Lado 2                   | 1198,0  | 2233,5        | 3086,2                     | 5753,7 | 2,0                   | 3,7      | 25,9%                |
|                            | 62,1%   | 44,2%         | 62,1%                      | 44,2%  | 62,1%                 | 44,2%    |                      |
|                            | 27,6%   | 72,4%         | 27,6%                      | 72,4%  | 27,6%                 | 72,4%    |                      |
| σcrit externo (MPa)        |         | 517,8         | Σ Lado 1- media            |        | 0,3                   | 1,2      |                      |
| Fmáx / ΣAcis (MPa)         |         | 89,1          | Σ Lado 2- media            |        | 0,5                   | 0,9      |                      |
| CB / ΣAnorm (MPa)          |         | 1,5           | Σ - media                  |        | 0,4                   | 1,0      |                      |
| Anor (mm²)                 |         | 201,06        |                            |        | E (MPa)               | fy (MPa) | f <sub>u</sub> (MPa) |
| Acis (mm²)                 |         | 25132,74      | Valores nominais           |        | 205000                | 500      | 550                  |
| Solda Conector             |         |               |                            |        |                       |          |                      |
|                            |         |               | Prevista                   | Obtida |                       | Prevista | Obtida               |
| teor_form                  |         | teffmin(mm)   | 9,6                        | 6,2    | Fcon (kN)             | 118,9    | 76,9                 |
| exp_form                   |         | teffmin(mm)   | 7,3                        | 5,0    | Fcon (kN)             | 118,9    | 76,9                 |
| exp_pad                    |         | teffmin(mm)   | 12,0                       | 5,0    | Fcon (kN)             | 118,9    | 76,9                 |

**Considerações:**

- Os valores de deformações específicas em *itálico* correspondem aos valores superiores a parte elástica da curva tensão x deformação específica, e que tiveram seus valores de tensão e força obtidos diretamente desta curva. Os demais valores foram obtidos pelas expressões elásticas.
- Aplicação de esforços sobre as barras

Diferenças de deformações específicas dentro do limite de tolerância.

Barra 1 com valor bem superior as demais, porém os demais equilibrados.
- O valor de força obtida correspondeu a 65% do valor previsto.

Valor da somatório das forças correspondeu a 68% inferior ao da célula de carga principal.

Para tensão normal e cisalhante observa-se 65% do valor esperado.

Comparando os valores para um barra referentes aos cálculos pelos extensômetros e pelo força total, observa-se a diferença de 93% superior.

Para a comparação de tensão o valor obtido correspondeu a 36% do valor previsto.
- Lado 1 mais carregado que o Lado 2, correspondendo a diferença de 10% de recebimento de esforços.
- Equilíbrio entre as deformações específicas obtidas.
- Os valores obtidos para tensão de cisalhamento entre os ensaios com ruptura devido a ancoragem da barra são próximos entre si, variando de 2,4 a 4,2 MPa. Ensaios com maior área apresentam maiores cargas aplicadas e deformações específicas.

| Modo de ruptura: |                                   |         | Ancoragem da barra    |                     |                     |                   |                            |                             |                           |                                        |
|------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| Ensaio           | Deformação específica máxima (µε) |         | Força (kN)            |                     |                     |                   |                            |                             |                           |                                        |
|                  | Interna                           | Externa | F <sub>previsto</sub> | F <sub>obtido</sub> | F/barra<br>previsto | F/barra<br>obtido | F/barra<br>Obtido/previsto | F <sub>barra_previsto</sub> | F <sub>barra_obtido</sub> | F <sub>barra<br/>Obtido/previsto</sub> |
| PO.12            | 836,5                             | 10942,0 | 596,20                | 424,12              | 149,05              | 106,03            | <b>0,71</b>                | 100,53                      | 105,00                    | <b>1,04</b>                            |
| PO.22            | 1746,0                            | 3630,5  | 1146,50               | 890,90              | 143,31              | 111,36            | <b>0,78</b>                | 157,08                      | 158,50                    | <b>1,01</b>                            |
| PO.72.r          | 683,0                             | 2540,0  | 515,90                | 450,50              | 128,98              | 112,63            | <b>0,87</b>                | 157,08                      | 163,58                    | <b>1,04</b>                            |
| PO.81            | 2294,5                            | 2425,5  | 550,30                | 547,70              | 68,79               | 68,46             | <b>1,00</b>                | 100,53                      | 99,97                     | <b>0,99</b>                            |
| PO.82.r          | 1438,0                            | 2851,0  | 550,30                | 474,80              | 68,79               | 59,35             | <b>0,86</b>                | 100,53                      | 101,00                    | <b>1,00</b>                            |
| PO.83.r          | 1613,0                            | 2112,5  | 550,30                | 445,90              | 68,79               | 55,74             | <b>0,81</b>                | 100,53                      | 87,07                     | <b>0,87</b>                            |

| Modo de ruptura: |                                   |         | Barra                 |                     |                  |                |                         |                             |                           |                                    |
|------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Ensaio           | Deformação específica máxima (µε) |         | Força (kN)            |                     |                  |                |                         |                             |                           |                                    |
|                  | Interna                           | Externa | F <sub>previsto</sub> | F <sub>obtido</sub> | F/barra previsto | F/barra obtido | F/barra obtido/previsto | F <sub>barra_previsto</sub> | F <sub>barra_obtido</sub> | F <sub>barra_obtido/previsto</sub> |
| PO.0.1           | 950,4                             | 2271,2  | 402,10                | 535,00              | 100,53           | 133,75         | 1,33                    | 100,53                      | 93,61                     | 0,93                               |
| PO.11            | 1255,0                            | 8734,5  | 402,10                | 351,30              | 100,53           | 87,83          | 0,87                    | 100,53                      | 104,00                    | 1,03                               |
| PO.13.r          | 984,0                             | 5993,0  | 402,10                | 516,00              | 100,53           | 129,00         | 1,28                    | 100,53                      | 103,00                    | 1,02                               |

| Modo de ruptura:                  |         |         | Solda conector        |                     |                     |                   |                            |                             |                           |                                       |
|-----------------------------------|---------|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Deformação específica máxima (µε) |         |         | Força (kN)            |                     |                     |                   |                            |                             |                           |                                       |
| Ensaio                            | Interna | Externa | F <sub>previsto</sub> | F <sub>obtido</sub> | F/barra<br>previsto | F/barra<br>obtido | F/barra<br>Obtido/previsto | F <sub>barra_previsto</sub> | F <sub>barra_obtido</sub> | F <sub>barra</sub><br>Obtido/previsto |
| PO.11.r                           | 764,5   | 1930,0  | 402,10                | 319,00              | 100,53              | 79,75             | <b>0,79</b>                | 100,53                      | 79,55                     | <b>0,79</b>                           |
| PO.12.r                           | 865,0   | 2112,0  | 402,10                | 352,20              | 100,53              | 88,05             | <b>0,88</b>                | 100,53                      | 87,05                     | <b>0,87</b>                           |
| PO.21                             | 220,0   | 833,5   | 713,40                | 253,70              | 89,18               | 31,71             | <b>0,36</b>                | 157,08                      | 53,68                     | <b>0,34</b>                           |
| PO.21.r                           | 471,0   | 1143,5  | 713,40                | 438,60              | 89,18               | 54,83             | <b>0,61</b>                | 157,08                      | 73,64                     | <b>0,47</b>                           |
| PO.23.r                           | 488,0   | 1244,5  | 713,40                | 414,50              | 89,18               | 51,81             | <b>0,58</b>                | 157,08                      | 80,15                     | <b>0,51</b>                           |
| PO.71.r                           | 809,0   | 4284,0  | 515,90                | 415,50              | 128,98              | 103,88            | <b>0,81</b>                | 157,08                      | 158,00                    | <b>1,01</b>                           |
| PO.73.r                           | 758,5   | 1834,0  | 515,90                | 433,80              | 128,98              | 108,45            | <b>0,84</b>                | 157,08                      | 118,11                    | <b>0,75</b>                           |
| PO.81.r                           | 1133,0  | 1586,0  | 475,60                | 268,80              | 59,45               | 33,60             | <b>0,57</b>                | 100,53                      | 65,37                     | <b>0,65</b>                           |
| PO.91                             | 328,0   | 3610,0  | 475,60                | 379,50              | 59,45               | 47,44             | <b>0,80</b>                | 100,53                      | 101,50                    | <b>1,01</b>                           |
| PO.93                             | 369,0   | 869,5   | 475,60                | 307,50              | 59,45               | 38,44             | <b>0,65</b>                | 100,53                      | 35,84                     | <b>0,36</b>                           |

| Modo de ruptura: |                         |                             | Ancoragem da barra   |                      |                          |                          |                       |                           |                              |                         |  |  |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|--|--|
| Ensaio           | Tensão Normal (MPa)     |                             |                      |                      |                          |                          |                       |                           | Tensão de arrancamento (MPa) |                         |  |  |
|                  | $\sigma_{crit\_celula}$ | $\sigma_{crit\_deformação}$ | $\sigma_{crit\_cal}$ | $\sigma_{crit\_nom}$ | $\sigma_{def/crit\_cal}$ | $\sigma_{def/crit\_nom}$ | $\tau_{crit\_celula}$ | $\tau_{crit\_deformação}$ | $\tau_{crit}$                | $\tau_{crit\_def/crit}$ |  |  |
| PO.12            | 527,35                  | 521,00                      | 499,97               | 500,00               | 1,04                     | 1,04                     | 3,25                  | 3,21                      | 3,08                         | 1,04                    |  |  |
| PO.22            | 354,48                  | 504,52                      | 456,18               | 500,00               | 1,11                     | 1,01                     | 3,54                  | 5,05                      | 4,56                         | 1,11                    |  |  |
| PO.72.r          | 358,50                  | 520,70                      | 410,54               | 500,00               | 1,27                     | 1,04                     | 3,98                  | 5,79                      | 4,56                         | 1,27                    |  |  |
| PO.81            | 340,50                  | 497,23                      | 342,12               | 500,00               | 1,45                     | 0,99                     | 4,54                  | 6,63                      | 4,56                         | 1,45                    |  |  |
| PO.82.r          | 295,18                  | 502,33                      | 342,12               | 500,00               | 1,47                     | 1,00                     | 3,94                  | 6,70                      | 4,56                         | 1,47                    |  |  |
| PO.83.r          | 277,22                  | 433,06                      | 342,12               | 500,00               | 1,27                     | 0,87                     | 3,70                  | 5,77                      | 4,56                         | 1,27                    |  |  |

| Modo de ruptura: |                         |                             | Barra                |                      |                          |                          |                              |                           |               |                         |  |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|--|
| Ensaio           | Tensão Normal (MPa)     |                             |                      |                      |                          |                          | Tensão de arrancamento (MPa) |                           |               |                         |  |
|                  | $\sigma_{crit\_celula}$ | $\sigma_{crit\_deformação}$ | $\sigma_{crit\_cal}$ | $\sigma_{crit\_nom}$ | $\sigma_{def/crit\_cal}$ | $\sigma_{def/crit\_nom}$ | $\tau_{crit\_celula}$        | $\tau_{crit\_deformação}$ | $\tau_{crit}$ | $\tau_{crit\_def/crit}$ |  |
| PO.0.1           | 665,22                  | 465,59                      | 499,97               | 500,00               | <b>0,93</b>              | <b>0,93</b>              | 4,09                         | 2,87                      | 3,08          | <b>0,93</b>             |  |
| PO.11            | 436,81                  | 517,25                      | 499,97               | 500,00               | <b>1,03</b>              | <b>1,03</b>              | 2,69                         | 3,18                      | 3,08          | <b>1,03</b>             |  |
| PO.13.r          | 641,59                  | 512,28                      | 499,97               | 500,00               | <b>1,02</b>              | <b>1,02</b>              | 3,95                         | 3,15                      | 3,08          | <b>1,02</b>             |  |

| Modo de ruptura: |                         |                             | Solda Conector       |                      |                          |                          |                              |                           |               |                         |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|
| Ensaio           | Tensão Normal (MPa)     |                             |                      |                      |                          |                          | Tensão de arrancamento (MPa) |                           |               |                         |
|                  | $\sigma_{crit\_celula}$ | $\sigma_{crit\_deformação}$ | $\sigma_{crit\_cal}$ | $\sigma_{crit\_nom}$ | $\sigma_{def/crit\_cal}$ | $\sigma_{def/crit\_nom}$ | $\tau_{crit\_celula}$        | $\tau_{crit\_deformação}$ | $\tau_{crit}$ | $\tau_{crit\_def/crit}$ |
| PO.11.r          | 396,64                  | 395,65                      | 499,97               | 500,00               | <b>0,79</b>              | <b>0,79</b>              | 2,44                         | 2,43                      | 3,08          | <b>0,79</b>             |
| PO.12.r          | 437,92                  | 432,96                      | 499,97               | 500,00               | <b>0,87</b>              | <b>0,87</b>              | 2,69                         | 2,66                      | 3,08          | <b>0,87</b>             |
| PO.21            | 100,94                  | 170,87                      | 283,85               | 500,00               | <b>0,60</b>              | <b>0,34</b>              | 1,01                         | 1,71                      | 2,84          | <b>0,60</b>             |
| PO.21.r          | 174,51                  | 234,42                      | 283,85               | 500,00               | <b>0,83</b>              | <b>0,47</b>              | 1,75                         | 2,34                      | 2,84          | <b>0,83</b>             |
| PO.23.r          | 164,92                  | 255,12                      | 283,85               | 500,00               | <b>0,90</b>              | <b>0,51</b>              | 1,65                         | 2,55                      | 2,84          | <b>0,90</b>             |
| PO.71.r          | 330,64                  | 502,93                      | 410,54               | 500,00               | <b>1,23</b>              | <b>1,01</b>              | 3,67                         | 5,59                      | 4,56          | <b>1,23</b>             |
| PO.73.r          | 345,21                  | 375,97                      | 410,54               | 500,00               | <b>0,92</b>              | <b>0,75</b>              | 3,84                         | 4,18                      | 4,56          | <b>0,92</b>             |
| PO.81.r          | 167,11                  | 325,13                      | 295,68               | 500,00               | <b>1,10</b>              | <b>0,65</b>              | 2,23                         | 4,34                      | 3,94          | <b>1,10</b>             |
| PO.91            | 235,93                  | 504,82                      | 295,68               | 500,00               | <b>1,71</b>              | <b>1,01</b>              | 1,89                         | 4,04                      | 2,37          | <b>1,71</b>             |
| PO.93            | 191,17                  | 178,25                      | 295,68               | 500,00               | <b>0,60</b>              | <b>0,36</b>              | 1,53                         | 1,43                      | 2,37          | <b>0,60</b>             |