

# ANÁLISE EXPERIMENTAL DA CAPACIDADE PORTANTE DE TERÇAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PROTENDIDO

Vanessa Trombin Olivo (1), Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)vanessatolivo@hotmail.com (2)avargas@unesc.net

## RESUMO

A utilização de elementos protendidos na construção civil vem sendo cada vez mais intensa, principalmente quando se trata de estruturas pré-fabricadas, uma vez que apresenta como principais vantagens: a maior facilidade na montagem das armaduras, melhor controle de qualidade e mais agilidade na construção. A protensão possibilita o aumento do vão entre apoios dos elementos, minimizando a fissuração e o efeito de flecha da estrutura. O objetivo deste estudo é verificar experimentalmente a capacidade portante de terças pré-fabricadas em concreto protendido com aderência inicial, utilizadas nas coberturas de pavilhões, comparando-as com as condições de projeto. Sendo assim foram fabricadas seis terças e divididas em dois grupos de três. Todas as amostras foram submetidas a ensaio de flexão em quatro pontos. No primeiro grupo foi analisada a capacidade portante das terças com a atuação de cargas negativas (cargas permanentes e acidentais), e no segundo grupo a capacidade portante das terças às cargas positivas (carga de sucção do vento). Os resultados encontrados foram positivos, verificando que as terças apresentaram uma capacidade portante acima da especificada em projeto. Apesar disso, foi verificado que o fator determinante para o seu dimensionamento é o momento em que ocorreram as primeiras fissuras, ou seja, no estado limite de serviço, já que esta situação ocorreu antes das terças terem alcançado o deslocamento limite por norma.

*Palavras-Chave: Terças. Pré-fabricados. Concreto protendido.*

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas pré-fabricadas em concreto têm conquistado cada dia mais espaço no mercado da construção civil, principalmente porque se busca cada vez mais construir obras com qualidade e prazos curtos, sendo assim necessária, em vários casos, a industrialização dos elementos.

A estrutura pré-fabricada vem sendo aplicada de forma crescente em diversos setores do país, como na área de energia, transportes, logística, infra-estrutura, habitacional, industrial e comercial, sempre que a agilidade de construção e qualidade são condicionantes para a viabilidade da obra (CHASTRE; LUCIO<sup>1</sup>, 2012, p. 7)

Uma das estruturas mais comuns, executadas por empresas que fabricam peças pré-fabricadas atualmente são os galpões. Eles são utilizados para os ramos industrial, comercial ou de agronegócio. Segundo Camillo<sup>2</sup> (2010, p. 7) “o fato de ser uma edificação térrea, com uma função bem específica, permite a padronização de alguns elementos e facilita desta forma, a modulação dos mesmos”. Normalmente, a estrutura destes galpões é constituída por pórticos (formados por pilares e vigas de cobertura) e terças, que se apóiam nas vigas e servem de suporte para as telhas, formando assim a cobertura destes galpões. As terças normalmente são fabricadas em concreto ou em aço, e tem a função de suportar ações permanentes devido ao peso de telhas, cargas de forro e instalações elétricas além de suportar ações variáveis como as cargas de vento, água da chuva ou peso de pessoas durante a execução e manutenção da cobertura. Apesar da grande utilização, muito pouco tem se estudado sobre este elemento, principalmente quando se fala em terças de concreto. Muitas vezes se faz necessário que estas terças tenham grandes comprimentos, pelo fato da necessidade em alcançar grandes vãos entre os pórticos. Porém quanto maior o vão, maior será o deslocamento vertical das terças, aumentando assim a possibilidade de aparecimento de fissuras no caso de terças de concreto, e até comprometimento da peça. Desta forma, algumas empresas utilizam a técnica de fabricação de terças pré-fabricadas com armadura protendida, o que facilita o objetivo de vencer grandes vãos, minimizando, assim, o efeito das flechas, não prejudicando a qualidade do elemento e trazendo mais espaço, entre outros benefícios para a edificação.

Segundo a NBR 6118:2014<sup>3</sup>, elementos feitos em concreto protendido são:

[...] Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último.

Sendo assim, os elementos em concreto protendido diferenciam-se dos elementos em concreto armado pelo tipo de armadura a ser utilizada e pela forma de execução empregada. Na análise de flexão de estruturas em concreto armado, são utilizadas as barras de aço próximas às regiões de tração, que só passam a trabalhar quando o concreto que as envolve se deforma, sendo assim chamada de armadura passiva.

Já em estruturas de concreto protendido, são utilizadas barras de aço protendidas por equipamento hidráulico, onde a armação já trabalha independente do concreto que a envolve, sendo assim chamada de armadura ativa. Vale lembrar que em elementos protendidos podem ser utilizadas tanto armaduras ativas quando passivas. Segundo Chust<sup>4</sup> (2004, p. 14) os elementos em concreto protendido são classificados da seguinte forma:

Com aderência inicial – a aderência entre a armadura e o concreto é iniciada quando se inicia o lançamento do concreto; Com aderência posterior – a aderência entre a armadura e o concreto é iniciada posteriormente à execução da protensão, quando o concreto já está endurecido e injeta-se nata de cimento na bainha que isola a armadura de protensão e o concreto; Sem aderência – neste caso a armadura só estará solidária ao concreto na região das (e através das) ancoragens.

Diante disto, será analisada neste trabalho, a capacidade portante de terças pré-fabricadas em concreto protendido com aderência inicial, fabricadas na empresa BPM PRÉ-MOLDADOS LTDA, localizada na cidade de Forquilha, que contribuiu com os estudos e os materiais para esta pesquisa. O objetivo é verificar experimentalmente, se o elemento, que no caso da pesquisa, possui comprimento de 8,00 m, atende as condições de projeto, já que ele suporta além de cargas verticais negativas, também cargas verticais positivas ocasionadas pela sucção do vento. Sendo assim, o estudo é realizado dividindo-se dois grupos de terças: no primeiro grupo é avaliada a capacidade portante com cargas verticais negativas (permanentes e sobrecarga de norma), e no segundo grupo, com cargas verticais positivas, simulando o efeito de sucção do vento.

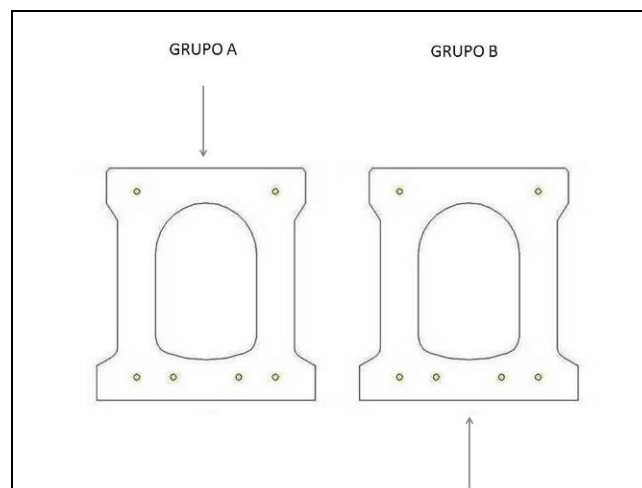
A empresa que forneceu as amostras possui os resultados de momentos resistentes para as duas situações, obtidos através do *software* SCIA®, desta forma o ensaio verificará a relação entre a capacidade de projeto e a capacidade real em serviço das terças. Não é objetivo deste trabalho, verificar analiticamente os resultados apresentados através do *software*, mas sim avaliar experimentalmente estes resultados.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo, foram fabricadas 6 terças em pistas localizadas dentro da fábrica e paralelamente, realizada a moldagem de 9 corpos de provas, conforme as especificações da NBR 5738:2003<sup>5</sup>, com a finalidade de caracterizar o concreto quanto à resistência característica à compressão. Passados seis dias após a concretagem, as terças foram cortadas e estocadas até o dia do ensaio, que aconteceu aproximadamente 2 meses após o corte. As terças foram encaminhadas ao LEE – Laboratório Experimental de Estruturas da UNESC, localizado no IParque, para a realização do ensaio de flexão em quatro pontos para avaliação da capacidade portante. Os ensaios de caracterização do concreto foram realizados no LMCC - Laboratório de Materiais de Construção Civil da UNESC, também localizado no IParque, e seguiram as especificações da NBR 5739:2007<sup>6</sup>.

No ensaio foram divididos os dois grupos de 3 terças em grupo A e grupo B. No grupo A o objetivo era analisar a capacidade portante às cargas permanentes e sobrecargas, como peso de telhas, forro, manutenção e chuva, realizando o ensaio com a terça na posição semelhante a de utilização. Já no grupo B, o objetivo era analisar a capacidade portante às cargas de sucção provocada pela ação do vento, realizando o ensaio com a terça virada na posição contrária a de utilização. A Figura 1 mostra um esquema das cargas analisadas nos dois grupos.

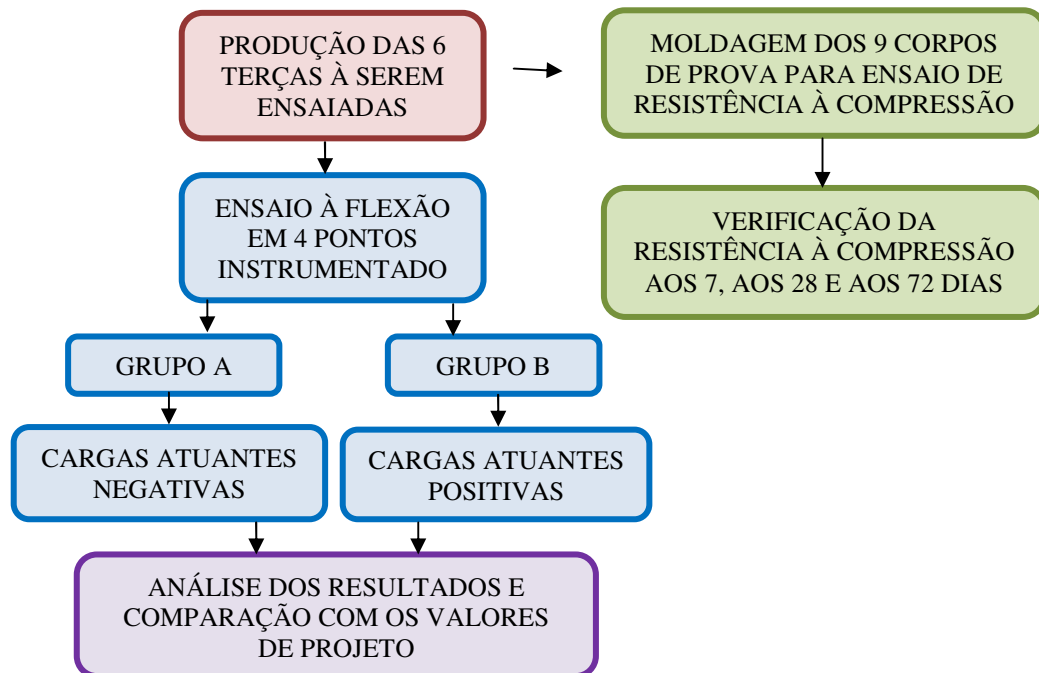
Figura 1: Esquema das cargas atuantes nos grupos de terças A e B.



Fonte: Autor, 2014

Após o ensaio foram feitas as análises dos resultados obtidos e comparados com os resultados de projeto. No fluxograma apresentado da Figura 2, pode-se visualizar melhor a sequência de atividades realizadas para este estudo.

Figura 2: Fluxograma do estudo.



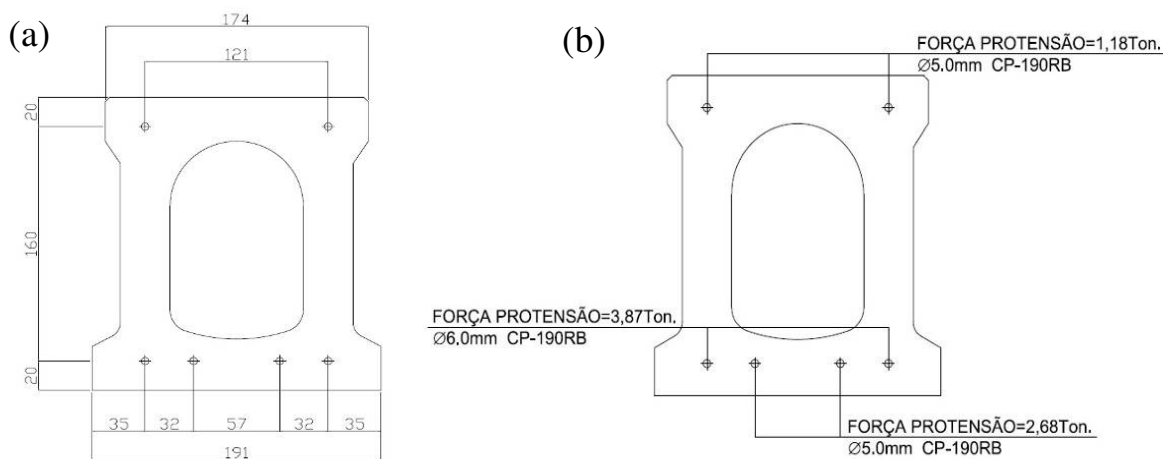
Fonte: Autor, 2014

## 2.1. CARACTERÍSTICAS DAS TERÇAS UTILIZADAS

A empresa fabrica três tipos de terças, com alturas de 14, 18 e 20 cm, sendo esta última tubular ou alveolar. No caso das terças alveolares, de 20 cm de altura, são classificadas em TB 20.10, TB 20.20 e TB 20.30, onde os números após a nomenclatura TB 20 representam as diferentes quantidades e diâmetros de armadura utilizadas em cada peça, não estando relacionadas diretamente aos diâmetros ou as quantidades, sendo apenas uma nomenclatura própria da empresa que forneceu as terças. Devido à disponibilidade de produção, o tipo de terça escolhida para o estudo foi a TB 20.20, com comprimento de 800 cm, pois é o comprimento máximo possível pelas condições do laboratório que foi realizado o ensaio de flexão. Apesar de serem apoiadas na cobertura de forma inclinada, foi considerado para este estudo, as terças em nível. Para a armação, foi utilizada

somente armadura ativa (armadura de protensão) com aço CP 190RB. Na parte inferior da terça foram utilizados 2 fios de  $\varnothing 5.0$  mm com força de protensão de 2,68 ton. e 2 fios de  $\varnothing 6.0$  mm com força de protensão de 3,87 ton. Na parte superior foram utilizados 2 fios de  $\varnothing 5.0$  mm com força de protensão de 1,18 ton. A seção transversal da terça com a distribuição da armadura pode ser melhor visualizada na Figura 3:

Figura 3: Seção transversal da terça – (a) Dimensões (em milímetros); (b) Diâmetro e força de protensão dos fios.



Fonte: Autor, 2014

A protensão dos fios foi realizada com macaco hidráulico com capacidade para 600 Bar, devidamente calibrado e a concretagem das terças foi feita em pista, através de máquinas moldadoras, utilizando concreto C50 dosado na central de concreto da empresa. Na figura 4 pode ser visualizada a pista com os fios já protendidos e posicionados e as terças sendo concretadas.



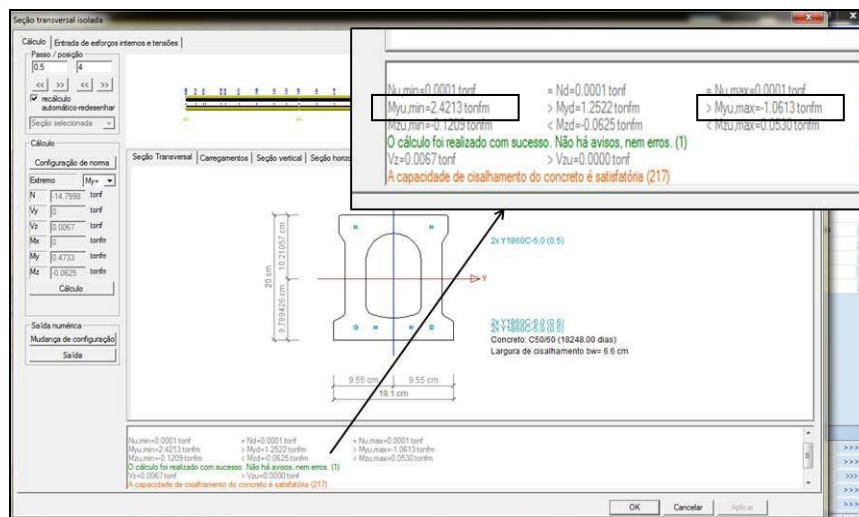
Figura 4: Etapas de produção das terças – a) Pista com os fios já protendidos; b) Concretagem da pista de terças.



Fonte: Autor, 2014.

Através do *software* SCIA®, foram obtidos os resultados para os momentos resistentes de projeto no ELU (Estado limite último) de 24,21 kN.m e -10,61 kN.m (Figura 5), para as cargas atuantes negativas (de cima para baixo) e positivas (de baixo para cima), respectivamente. No ELS (Estado limite de serviço) foi encontrado o valor para o momento resistente de 14,66 kN.m, considerando carga atuante negativa. O resultado do momento no ELS para o vento (momento na face superior da peça) não é considerado pelos projetistas no dimensionamento, pelo fato de que esta combinação gera valores sem significância.

Figura 5: Resultados de momento máximo e mínimo no ELU obtidos pelo software



Fonte: BPM Pré-Moldados Ltda, 2014.

## 2.2. ENSAIO DE FLEXÃO EM QUATRO PONTOS

A análise experimental da capacidade portante das terças foi realizada através do ensaio de flexão em quatro pontos, onde é aplicada uma carga no centro de um perfil metálico que transfere para as terças em forma de duas cargas pontuais. Os materiais e equipamentos utilizados foram: um pórtico metálico, um cilindro hidráulico com capacidade de 500 kN, célula de carga na base do cilindro, perfil metálico e outras chapas também metálicas para transferência da carga do cilindro para a terça, apoio metálico para apoio da terça no chão, correntes para içamento, roletes metálicos para caracterizar os apoios de primeira e segunda ordem e transdutor de deslocamento de 100 mm (LVDT). Os dados da transferência de carga e os dados do LVDT eram coletados através do sistema de aquisição de dados Quantum X®, que utiliza o *software* Catman Easy®. A Figura 6 mostra de forma mais clara os materiais e equipamentos que foram citados e suas localizações.

Figura 6: Materiais e equipamentos utilizados.



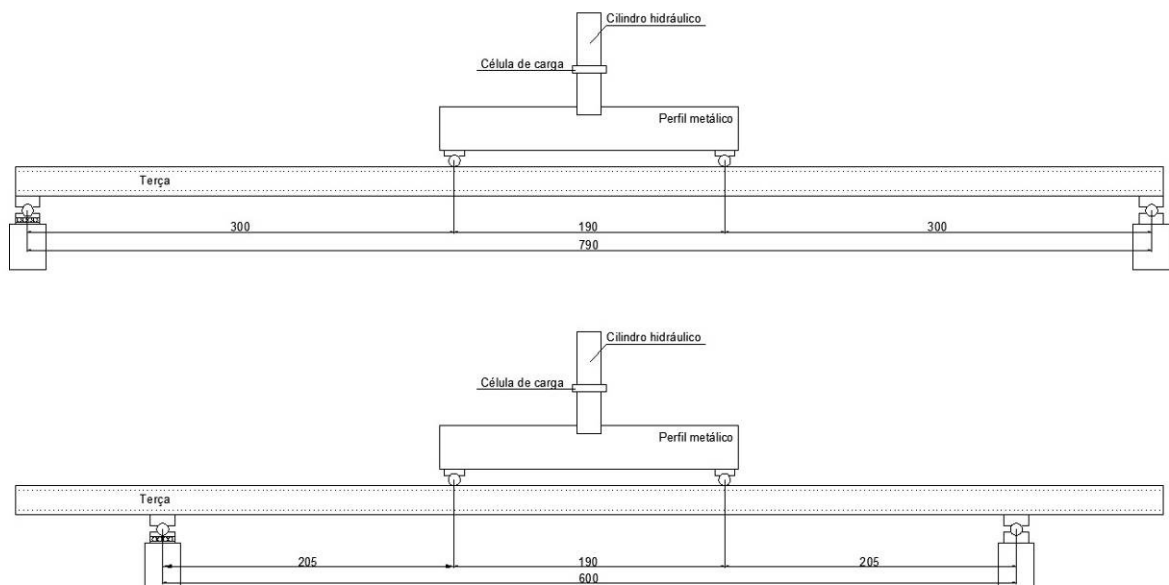
Fonte: Autor, 2014.

As duas primeiras terças do grupo A ensaiadas, foram posicionadas com uma distância livre entre eixo de apoios de 7,90m e as cargas aplicadas estavam à 3,00m do apoio, ficando assim 1,90m entre os dois pontos de aplicação da carga. Durante o ensaio, a primeira terça foi sofrendo deformações muito altas enquanto a carga que estava sendo aplicada demorava muito para aumentar, fazendo com que o cursor do



cilindro chegasse ao seu comprimento máximo sem a terça chegar a sua capacidade resistente, não havendo assim a ruptura da mesma. Posteriormente foi realizado o ensaio da mesma forma para a segunda terça, porém colocando o cursor em sua posição inicial mínima, para que se utilizasse todo o seu comprimento de deslocamento. Da mesma forma, a segunda terça do grupo A não chegou a sua capacidade resistente, não chegando à ruptura. Em função dos resultados dos dois primeiros ensaios, optou-se em reduzir o vão entre apoios para 6,00 metros e as cargas passaram a ser aplicadas a 2,05 m do apoio, mantidos assim 1,90 m entre os pontos de aplicação da carga. Desta forma foi possível chegar à capacidade resistente das terças e verificar o momento de ruptura das mesmas. A Figura 7 mostra os pontos de apoio das terças e das cargas aplicadas, nos dois casos citados.

Figura 7: Pontos de apoio das cargas – a) Apoio à 7,90 m; b) Apoio à 6,00 m.



Fonte: Autor, 2014.

Pelo fato de ter sido mudado o vão de apoio, as duas primeiras terças não foram utilizadas para obtenção de resultados e os grupos foram divididos novamente, ficando assim A e B compostos por 2 terças cada, com as mesmas situações já definidas anteriormente.

As análises feitas em cada grupo no ensaio foram:

- Valor do momento fletor quando ocorreram as primeiras fissuras (ELS);
- Valor do momento fletor quando atingido o deslocamento máximo permitido por norma de  $L/250$ ;
- Valor do momento fletor na ruptura da peça (ELU).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO

Os ensaios de resistência a compressão dos corpos de prova, foram realizados aos 7 e aos 28 dias e também 7 dias após o ensaio de flexão, pelo fato de não ter sido possível fazer no dia exato do ensaio. Foram ensaiados 3 corpos de prova em cada data. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1. Observa-se que os resultados ficaram abaixo do previsto inicialmente em cerca de 5% na média aos 28 dias, porém aos 7 dias após o ensaio de flexão estes resultados atenderam o previsto.

Tabela 1: Resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova.

Corpos de Prova	<i>f<sub>c</sub></i> (MPa)	<i>f<sub>c</sub></i> (MPa)	<i>f<sub>c</sub></i> (MPa)
	7 Dias	28 dias	72 dias
CP 01	38,7	41,7	48
CP 02	42,1	45,7	51
CP 03	44,5	55,1	53,5
<b>Média</b>	41,77	47,50	50,83
<b>Desvio Padrão</b>	2,91	6,88	2,75

Fonte: Autor, 2014.

### 3.2. ANÁLISE DO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

Para o estado limite de serviço, foram feitas duas comparações. A primeira entre o momento resistido pelas terças no instante em que apareceram as fissuras e o momento resistido no deslocamento máximo permitido por norma ( $L/250$ ). A segunda, entre o momento resistente de projeto e momento resistido pelas terças no instante em que apareceram as fissuras. Pelo fato de as terças serem protendidas, ao serem apoiadas na banca para ensaio, apresentavam uma contra flecha. Desta forma, para a análise do deslocamento máximo permitido por norma, foi utilizado o valor de  $L/250$ , para  $L=600$  cm, somado ao valor da contra flecha que foi cerca de 1cm, totalizando um deslocamento máximo de 34 mm.

O momento resistido pelas terças do ensaio foi obtido somando-se o momento produzido pelas cargas aplicadas nos estados limites (duas cargas pontuais) ao momento gerado pelo peso próprio da terça (carga distribuída) através das equações:

$$M_1 = P \cdot A \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

Sendo:

$P$  – (Carga do cursor + Pesos adicionais) / 2;

$A$  – Distância da carga até o apoio mais próximo.

$$M_2 = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

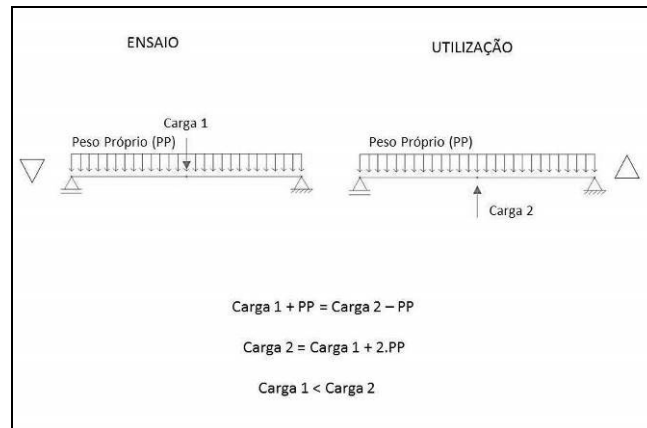
Sendo:

$q$  – Peso próprio da terça – 55,29 Kg;

$L$  – Comprimento total de apoio da terça.

No grupo B, o  $M_2$  foi somado duas vezes, já que na situação real o peso próprio está contribuindo para a capacidade resistente da peça. Esta análise de cargas no grupo B pode ser melhor visualizada na Figura 8.

Figura 8: Esquema de cargas resistidas pelas terças do grupo B.

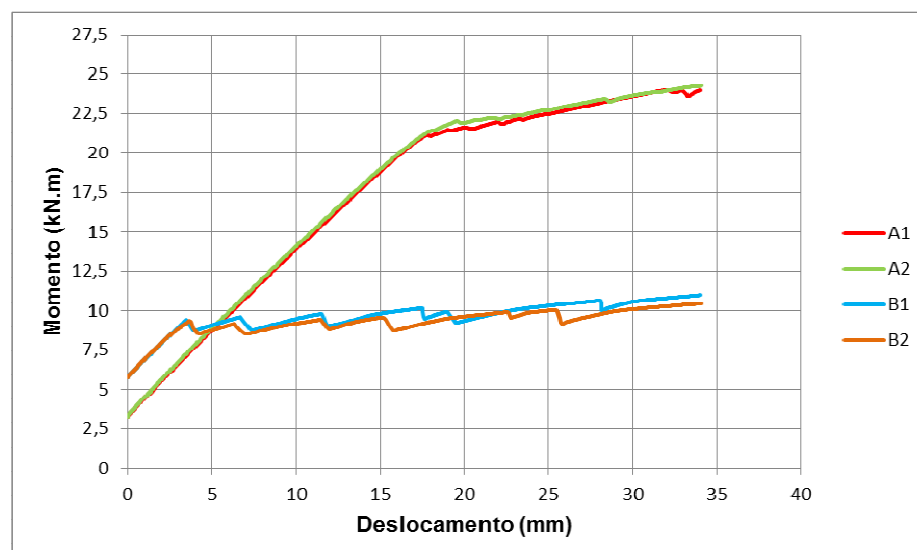


Fonte: Autor, 2014

Durante o ensaio, mesmo sendo reduzido o vão entre apoios para 6,00 m, as terças tiveram grandes deformações até atingirem a ruptura, não sendo possível acompanhar todo o deslocamento com o LVDT, cujo curso era de até 100 mm.

Na Figura 9 pode ser visualizado o momento resistido pelas terças até ser alcançado o deslocamento máximo permitido por norma, ou seja, 34 mm e o momento resistido pelas terças quando começam a aparecer as fissuras, ou seja, quando o gráfico deixa de ser uma reta. O gráfico não teve início no ponto 0, pois foi considerado o peso próprio da terça já atuando neste instante.

Figura 9: Resultados de momento x deslocamento das terças até a flecha limite de norma.



Fonte: Autor, 2014

Analisando o comportamento das terças graficamente, pode ser verificado que tanto o grupo A quanto o grupo B atingiram o estado limite de fissuras antes de alcançarem o deslocamento máximo permitido por norma de  $L/250$ . No grupo A, a terça A1 iniciou sua fissuração 2,8 kN.m antes do deslocamento limite e a terça A2 2,2 kN.m. Já no grupo B, a terça B1 iniciou sua fissuração 1,6 kN.m antes do deslocamento limite por norma e a terça B2 1,1 kN.m, sendo que neste intervalo entre limite de fissuras e deslocamento limite, as terças praticamente não aumentavam sua capacidade resistente conforme o deslocamento ia crescendo, obtendo picos de carga e descarga. Comparando o momento resistente de projeto com o momento resistido pelas terças no instante em que apareceram as fissuras, pode ser verificado que o ensaio apresentou resultados maiores que os projetados. No grupo A, onde se obteve o momento mais significativo, pode ser verificado um acréscimo de 43,9% na terça A1 com relação ao momento obtido no *software* e um acréscimo de 50,0% na terça A2. O momento de 14,66 kN.m se refere a combinação frequente, onde é feito a verificação de formação de fissuras.

Tabela 2: Comparação dos momentos no estado limite de serviço – Grupo A

Terça	$M_{\text{software}}$ (kN.m)	$M_{\text{ensaio}}$ (kN.m)	Acréscimo (%)
A1	14,66	21,11	43,9
A2	14,66	22,00	50,0
Média	-	21,55	-
Desv. Pad.	-	0,63	-

Fonte: Autor, 2014.

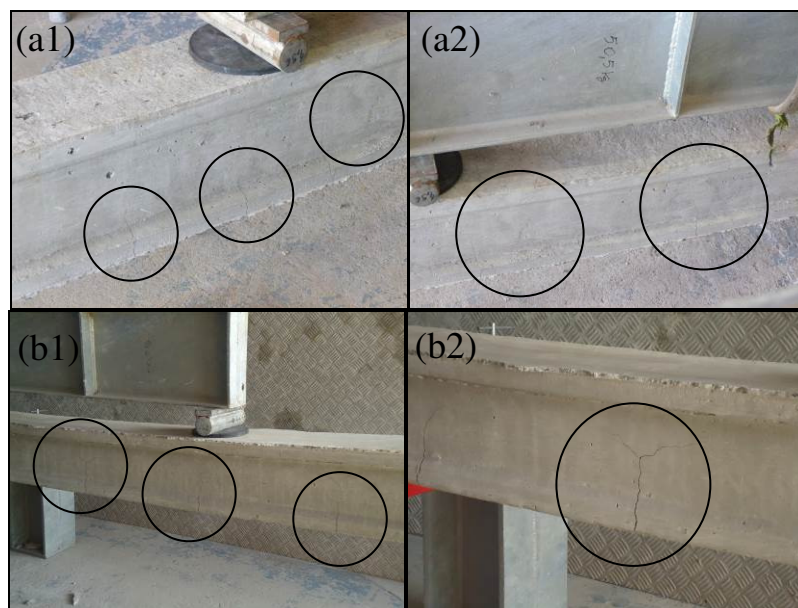
### 3.3. COMPORTAMENTO DAS FISSURAS

O comportamento das fissuras foi analisado visualmente, conforme mostram as fotos na Figura 10. O aparecimento no grupo B aconteceu muito rápido, cerca de 40 segundos após o início do ensaio, sendo que as fissuras ficaram localizadas próximas ao ponto de aplicação das cargas e ao longo do ensaio ficaram bastante



acentuadas. No grupo A, o aparecimento das fissuras começou cerca de 1 min e 30s após o início do ensaio, também próximas à região de aplicação das cargas, porém não foram tão acentuadas quanto às fissuras vistas no grupo B.

Figura 10: Fissuras – a) Fissuras do grupo A; b) Fissuras do grupo B.



Fonte: Autor, 2014.

### 3.4. ANÁLISE DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO - RUPTURA

No estado limite último, apesar de não ser possível acompanhar todo o deslocamento com o LVDT, foi possível verificar que as terças alcançaram cerca de 30 cm de deslocamento antes da sua ruptura, com base no deslocamento do cursor do cilindro hidráulico. Nesta situação foram comparados os resultados de momentos.

Tabela 3: Comparação dos momentos no estado limite último – Grupo A

Terça	$M_{r_{software}}$ (kN.m)	$M_{r_{ensaio}}$ (kN.m)	Acréscimo (%)
A1	24,21	34,60	42,9
A2	24,21	34,23	41,4
Média	-	34,42	-
Desvio Padrão	-	0,26	-

Fonte: Autor, 2014

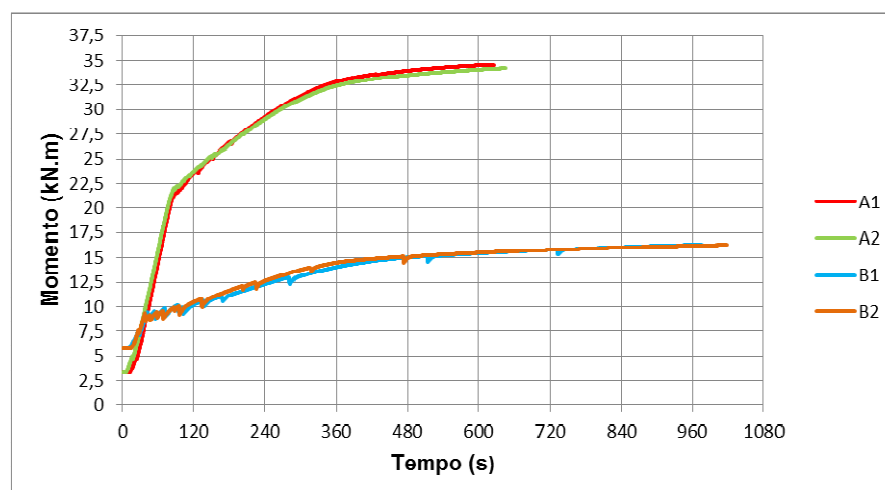
Tabela 4: Comparação dos momentos no estado limite último - Grupo B

Terça	$M_{r_{software}}$ (kN.m)	$M_{r_{ensaio}}$ (kN.m)	Acréscimo (%)
<b>B1</b>	10,61	16,34	54,0
<b>B2</b>	10,61	16,31	53,7
<b>Média</b>	-	16,33	-
<b>Desvio Padrão</b>	-	0,02	-

Fonte: Autor, 2014

Analisando os resultados, tanto as terças do grupo A como as do grupo B, apresentaram capacidade de resistência à ruptura acima do especificado em projeto. No grupo A, foi obtido um acréscimo de 42,9% na terça A1 e 41,4% na terça A2. Com relação às cargas alcançadas entre as duas terças, a diferença de percentual foi de 1,08%, ou seja, apresentaram comportamentos muito parecidos. No grupo B, foi obtido um acréscimo de 54% na terça B1 e 53,7% na terça B2. A diferença de carga obtida no momento da ruptura entre as duas terças foi de 0,2%. Para o momento da ruptura também foi feito uma análise gráfica, porém verificando o aumento de momento ao longo do tempo. No grupo A foi verificado que após o instante do aparecimento de fissuras, as terças ainda resistiram cerca de 10min até romper. No grupo B após o aparecimento de fissuras, as terças resistiram cerca de 16min até romper.

Figura 11: Resultados de momento x tempo das terças até ruptura.



Fonte: Autor, 2014.

Com relação ao comportamento das terças no momento da ruptura, os dois grupos apresentaram um rompimento bem diferente do que se costuma ver em peças de concreto com armadura passiva. No grupo A, a terça A1 apresentou rompimento no sentido horizontal em grande parte da peça, não chegando a romper o aço, já a terça A2 não apresentou ruptura tão acentuada no sentido horizontal, porém o aço não chegou a romper também. No grupo B, as terças apresentaram comportamentos semelhantes, surgindo cortes verticais com a ruptura do aço, e também rompimento no sentido horizontal. Na Figura 12 podem ser melhor visualizados os comportamentos das terças.

Figura 12: Comportamento das terças na ruptura - a) Terça A1; b) Detalhe do rompimento da terça A1; c) Terça A2; d) Terça B1; e) Terça B2; f) Detalhe do rompimento do aço na terça B2.



Fonte: Autor, 2014

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos ensaios realizados, esta pesquisa permitiu comparar a capacidade portante de projeto das terças com sua capacidade portante real, obtendo resultados secundários além do objetivo inicial. O resultado do ensaio de compressão simples efetuado nos corpos de prova mostrou resultados não condizentes com a NBR 12655:2006, pelo fato de que aos 28 dias não atingiu a resistência de 50 MPa, porém o ensaio realizado aos 72 dias mostraram valores acima do esperado, verificando que possivelmente no dia do ensaio de flexão os elementos estavam com resistência equivalente a de cálculo. Vale ressaltar que o concreto utilizado na fabricação das terças é vibrado, diferente da forma com que foram moldados os corpos de prova, o que pode ocasionar um aumento na resistência dos elementos também.

Com relação ao estado limite de serviço, pode ser concluído que os elementos estão condizentes com as especificações de projeto, já que na verificação do grupo A as terças apresentaram momento maior que o de projeto. Também pode ser verificado que tanto o grupo A quanto o grupo B atingiram o seu limite de fissuras antes de chegar ao deslocamento máximo permitido por norma, concluindo que no caso das terças protendidas, o fator determinante para o seu dimensionamento é o momento em que ocorrem as fissuras e não o deslocamento máximo permitido por norma.

Com relação ao estado limite último, pode ser concluído que as terças realmente resistem ao que é especificado em projeto, já que todas as terças do grupo A e B atingiram momentos acima do previsto em projeto, mesmo já estando fissuradas a instantes consideráveis. Também pode ser verificado que apesar de as terças terem atingido a sua capacidade resistente, neste momento apresentavam deslocamentos muito acima do recomendado por norma, não sendo possível a sua utilização neste estado. Sobre o comportamento de ruptura dos elementos, não se pode concluir o motivo do seu rompimento horizontal, segundo Junior<sup>8</sup> (1995, p. 11) “Conforme se comenta no CEB 180, os ensaios em vigas com seção transversal T ou duplo-T sem armadura transversal não tem significado prático relevante” ao contrário de elementos em seção retangular e lajes alveolares segundo o autor. O tema merece continuidade de pesquisa, uma vez que alguns fatores não foram possíveis de ser

considerados, como o deslocamento até o momento de rompimento da peça e o ensaio de resistência a compressão no dia do ensaio. Outros estudos que podem ser realizados é o de fluência, onde pode ser verificado o deslocamento das terças ao longo do tempo, ou uma análise da ruptura destes elementos, no Estado Limite Ultimo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>3</sup>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto**. NBR 6118. Rio de Janeiro: 2014.

<sup>5</sup>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. NBR 5738. Rio de Janeiro: 2003.

<sup>6</sup>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. NBR 5739. Rio de Janeiro: 2007.

<sup>7</sup>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - controle, preparo e recebimento**. NBR 12655. Rio de Janeiro: 2006.

<sup>2</sup>CAMILO, Carolina Alvares. **Análise Estrutural e Dimensionamento de Galpões Usuais de Pré-moldados de Concreto**. 2010. 154f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

<sup>4</sup>CARVALHO, Roberto Chust. **Estruturas em Concreto Protendido: Pré-Tração, Pós-tração, Cálculo e Detalhamento**. São Paulo, SP: Editora PINI Ltda, 2012.

<sup>1</sup>CHASTRE, Carlos; LÚCIO, Váter. **Estruturas Pré-Moldadas no Mundo: Aplicações e Comportamento Estrutural**. Guarulhos, SP: Editora Parma Ltda, 2012.

<sup>8</sup>JUNIOR, Sydney Furlan. **Vigas de concreto com taxas reduzidas de armadura de cisalhamento: influencia do emprego de fibras curtas e de protensão**. 1995. 386f. Tese (Doutorado em engenharia de estruturas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.