



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO ESTRUTURAL



RELATÓRIO DE VISITA Museu Casa Histórica de Alcântara Setembro 2018



	Logo do cliente 	MCHA
Título: Relatório de Visita		Código Cerne: RVI-1427-R00
		Código Cliente:

REVISÃO										
F.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x									
2	x									
3	x									
4	x									
5	x									
6	x									
7	x									
8	x									
9	x									
10	x									
11	x									
12	x									
13	x									
14	x									
15	x									
16	x									
17	x									
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										

REVISÃO										
F.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										

REVISÃO										
F.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										
101										
102										
103										
104										
105										

REV	Data	Descrição	Revisor
0	25/09/2018	EMISSÃO INICIAL	
1			
2			
3			
4			
5			



RELATÓRIO DE VISITA

Museu Casa Histórica de Alcântara

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	DESCRIÇÃO DA VISITA.....	2
2.1	CASA 7	2
2.1.1	ALVENARIAS.....	2
2.1.2	PISOS	3
2.1.3	TELHADO	4
2.2	CASA 15	6
2.2.1	ALVENARIAS.....	6
2.2.2	PISOS	8
2.2.3	TELHADO	9
3	CONCLUSÕES	11
4	ANEXO 1.....	12
4.1	CRITERIO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DAS ALVENARIAS.....	12
5	ANEXO 2.....	13
5.1	MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE PISO	13
5.1.1	TABUADO	13
5.1.2	PISO DE BARROTES.....	13
5.2	MEMORIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DO TELHADO	14



1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se a seguir o Relatório de Avaliação Estrutural das casas 7 e 15, situadas na Praça da Matriz, esquina da Rua das Mercês, no município de Alcântara, no estado do Maranhão. Esta etapa de trabalho faz parte do Contrato da Archi 5 com o IBRAM e diz respeito somente aos aspectos estruturais das obras, complementando os relatórios já apresentados, listados a seguir:

- Relatório de Análise do Estado de Conservação
- Relatório de Análise Tipológica, Sistemas Construtivos e Prospecções.

A casa 7 atualmente é ocupada pelo Museu Casa Histórica de Alcântara, que será ampliado com a adição da Casa 15. O Relatório foi organizado em duas partes. No item 2 - Descrição da Vistoria – as casas foram vistoriadas individualmente, tendo sido identificados os sistemas estruturais em Alvenaria, Pisos e Telhado, bem como o estado das estruturas. Depois de uma avaliação de cada sistema, no Item 3 – Conclusões, foram propostas soluções para os problemas observados.

Nos Anexos, foram apresentados os cálculos das estruturas quando pertinente e descrito o processo usado para avaliar a qualidade das alvenarias através de um índice nomeado de MQI (Masonry Quality Index) pelos autores do procedimento, listados na Bibliografia.

2 DESCRIÇÃO DA VISITA

2.1 CASA 7

2.1.1 ALVENARIAS

As alvenarias de ambas as casas obedecem aos padrões dos casarões antigos de Alcântara. São alvenarias espessas no pavimento térreo, com uma pequena diminuição de espessura no primeiro pavimento, constituídas de pedras da região (arenito ferruginoso), de tamanho variado e ligadas por uma argamassa de boa qualidade. A alvenaria foi revestida com argamassa com cerca de 2cm.

No pavimento superior, chamado de mirante, a alvenaria foi completamente refeita. As paredes são de tijolo furado e pelas prospecções na Casa 15, sua colocação não é das mais técnicas, ficando as juntas praticamente no mesmo alinhamento.



Foto 1 – Alvenaria do mirante



No térreo e no primeiro pavimento não se notam patologias nas alvenarias. Deve-se levar em conta que a casa foi restaurada em 1991. No mirante existem fissuras nos cantos das alvenarias que podem ser atribuídas a falhas de amarração nos cantos pelo motivo citado anteriormente.

Tecnicamente as alvenarias foram avaliadas nas suas características físicas através de observação visual e também através de Índice definido por BORRI (2015)¹, chamado de Índice de Qualidade das Alvenarias. Esta avaliação encontra-se no anexo deste Relatório.

2.1.2 PISOS

Os pisos são em tábuas de madeira com cerca de 2,5cm de espessura, que se apoiam em barrotes distantes no máximo de 80cm entre eixos. Os barrotes (em bacuri, angelim e sucupira) têm dimensões variáveis, mas na média podem ser definidos como barrotes de 23 x 16cm. Em alguns compartimentos foram utilizados barrotes antigos, enquanto em outros os barrotes são visivelmente novos em pau d'arco (segundo o IPT esta é a denominação do Ipê da Amazônia até o sul da Bahia). A verificação dos pisos está apresentada no Anexo 2 e os barrotes têm uma tensão da ordem de 11 MPa, compatível com a madeira adotada.

#

¹ BORRI, A.; CORRADI, M.; CASTORI, G.; DE MARIA, A.. **A method for the analysis and classification of historic masonry**. 2015. Bull Earthq Eng (13): 2647-2665.



Foto 2 – Piso com barrotes recuperados.

2.1.3 TELHADO

O telhado do casarão 7 foi refeito na reforma de 1991 e encontra-se em bom estado. Maiores observações sobre o telhado em si podem ser encontradas no relatório de Análise do estado de Conservação. O telhado passou por outra obra em 2003 quando foram colocadas placas de climatex e manta impermeabilizada para melhorar o conforto térmico e evitar infiltrações.

Basicamente, o telhado é composto por dois sistemas estruturais, ambos com tesouras que na região Norte são chamadas de Canga de Porco, ou tesouras de linha alta. Esse sistema estrutural funciona a contento quando existe um impedimento ao deslizamento das peças inclinadas que se apoiam nas alvenarias. Este impedimento só ocorre às custas de um esforço horizontal que tem que ser absorvido pela parede vertical. Na divisória central, este esforço é auto equilibrado e não causa problemas na alvenaria de apoio.

Nas fachadas frontais e de fundos, porém, não há nada que equilibre este esforço, que tem que ser absorvido por flexão e cisalhamento da alvenaria. O sistema foi modelado e o Memorial de Cálculo encontra-se no Anexo 2.



Foto 3 – Vista do telhado com subcobertura com climatex.

Chamamos a atenção que não foram detectadas até o momento patologias nas paredes do primeiro pavimento, tampouco no térreo, que pudessem ter surgido em função deste esforço horizontal.

Nem por isso deve-se deixar de alertar para o fato que estas patologias podem acontecer ao longo do tempo a partir do enfraquecimento dos vínculos estruturais das madeiras, podendo o esforço a ser transmitido para as paredes aumentar até atingir o seu valor máximo (ver anexo da Memória de cálculo), o que eventualmente poderá provocar trincas ou fissuras nas alvenarias.

2.2 CASA 15

2.2.1 ALVENARIAS

A casa 15 só teve restaurado o seu telhado, não tendo sido restaurados os pisos nem as alvenarias.

Com isso as patologias são mais evidentes. No térreo existem algumas fissuras nas alvenarias, sendo a sua grande maioria em locais onde existiam aberturas de portas, como pode se ver nas imagens apresentadas neste relatório.

Algumas outras trincas estão localizadas na parede divisória entre as duas casas e uma análise das plantas permite observar que são próximas de locais onde existem rebaixos na casa 7, deixando a alvenaria mais fina.

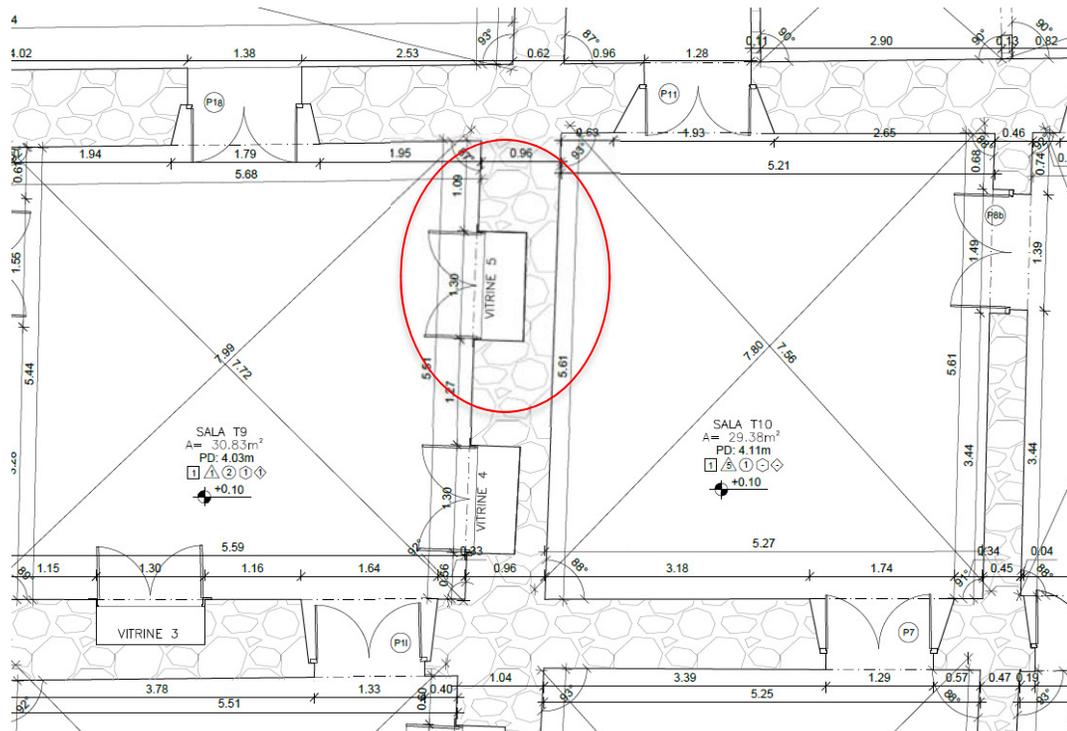


Fig 1 – Planta com local de fissura, mostrando o rebaixo da alvenaria.

Foi feita uma prospecção junto a uma das paredes da fachada posterior com o objetivo principal de definir sua espessura, uma vez que não há sinais de mau comportamento das fundações. A prospecção exibiu um pequeno acréscimo do baldrame, que é cerca de 5cm mais largo que a parede na face aberta. Este alargamento situa-se a cerca de 30cm do piso atual.



Foto 4 – Onde se vê a fissura em local definido como passagem entre duas casas.



Foto 5 – Prospecção junto ao baldrame. Praticamente não há diferença na espessura da parede.

2.2.2 PISOS

Os pisos da casa 15 estão bastante degradados. Tanto as tábuas de piso, como os barrotes terão que passar por uma avaliação rigorosa na ocasião das obras e seu aproveitamento deverá ficar em torno de 40% para os pisos e 60% para os barrotes.

Na região como um todo, os cupins são agentes agressores que provocam uma grande degradação nas peças de madeira. É difícil a avaliação global das peças em relação aos cupins, mas deve-se atentar também para as pontas de barrotes embutidas na alvenaria que em alguns casos apresentam sinais de apodrecimento. Alguns barrotes já estão escorados.

Recomenda-se que na ocasião da restauração da casa seja feita uma avaliação por empresa especializada para se definir qual o grau de aproveitamento das madeiras do piso.

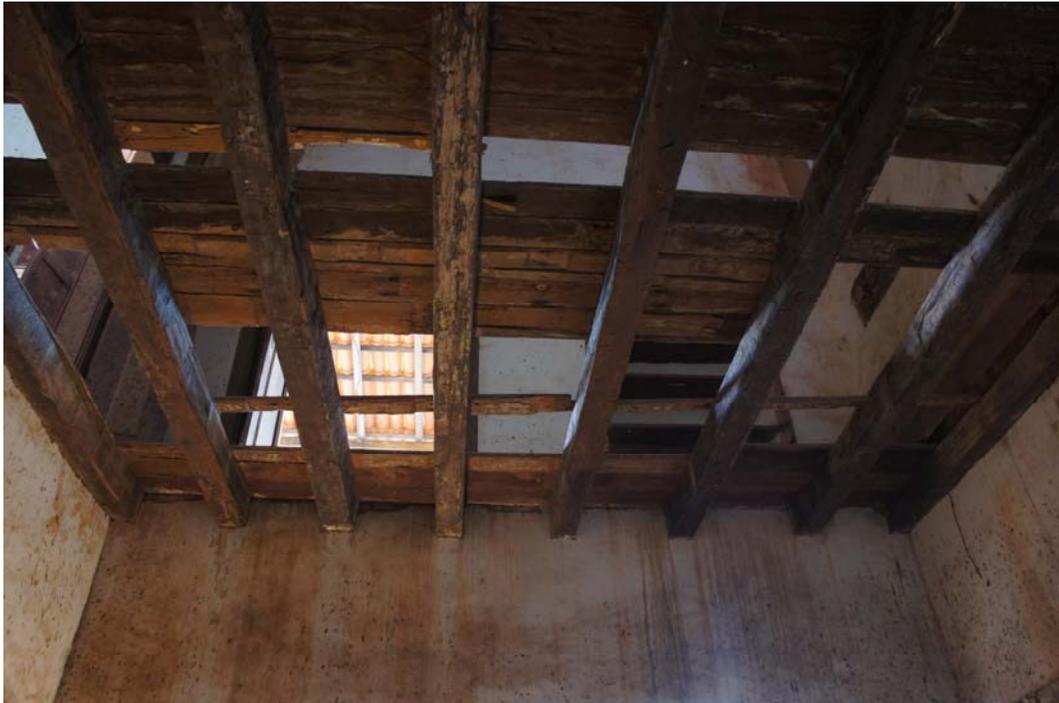


Foto 6 – Piso com várias tábuas faltando.

2.2.3 TELHADO

O telhado do casarão 15 foi refeito na reforma de 2011, patrocinada pelo Projeto Monumenta. Embora não exista forro, o telhado foi construído sobre manta impermeabilizante metalizada que se encontra em bom estado, não tendo sido observado vazamentos.

Na casa 15 o sistema estrutural é único, com as treliças de caibro alto já comentadas no item 2.1.3.

Entende-se que pequenos ajustes estruturais que poderão ser executados na ocasião da restauração do Museu, deverão melhorar sensivelmente o funcionamento dos sistemas estruturais do telhado.



Foto 7 – Tesoura de caibro alto.



3 CONCLUSÕES

Pode-se admitir que a Casa 7 está em bom estado, não apresentando problemas estruturais. Alguns problemas específicos do telhado já foram apontados no Relatório de Análise do Estado de Conservação.

Já a Casa 15 apresenta alguns problemas que de certo modo são de solução simples.

As alvenarias apresentam trincas em alguns pontos, de modo geral em regiões enfraquecidas por aberturas já existentes ou em regiões com rebaixos na outra face da parede. Entende-se que uma consolidação de amarração simples nas alvenarias pode resolver o problema.

Em relação à estrutura dos pisos, haverá necessidade de avaliação peça a peça na ocasião da reforma do prédio. Neste momento a previsão da porcentagem de aproveitamento é da ordem de 40% para os pisos e 50% para os barrotes.

Em relação ao telhado, entende-se que apesar da reforma já realizada, é possível uma melhoria do sistema estrutural através de amarrações propostas nas principais estruturas.



Nº Cerne:	Nº Cliente:	Página: 11
-----------	-------------	---------------



4 ANEXO 1

4.1 CRITERIO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO DAS ALVENARIAS

A avaliação de alvenarias é uma tarefa difícil e de modo geral é feita a base de avaliações visuais, baseada na experiência do engenheiro de projeto. A Norma Italiana e a Instrução para a aplicação da Nova Norma Técnica de 2009 mostram algumas situações que podem ser usados como parâmetros de projeto.

Borri et al. (2015) estabelece parâmetros que podem ser avaliados no campo e através deles estabelecer o chamado MQI Masonry Quality Index, que poderá definir de maneira mais precisa alguns valores básicos para a alvenaria observada. O trabalho avalia três condições da alvenaria:

- Força no Plano Vertical
- Força horizontal no plano;
- Força horizontal fora do plano

Através desta avaliação, no caso das alvenarias em Alcântara, podemos chegar a um MQI_(VERT) de 3,5, MQI_(HOR NO PLANO) também de 2,5, e um MQI_(HOR FORA DO PLANO) de 1,5.

Com estes índices podemos admitir para a alvenaria os seguintes valores:

Tensão de Compressão – 2MPa (20 kgf/cm²)

Tensão de cisalhamento – 0,34 MPa (3,4 kgf/cm²)

Estes valores definem a alvenaria como uma alvenaria com uma qualidade média para forças de compressão no plano e qualidade baixa para as outras duas avaliações. Ainda assim, em função da sua grande dimensão a alvenaria das casas trabalha dentro de valores absolutamente admissíveis.



Nº Cerne:	Nº Cliente:	Página: 12
-----------	-------------	---------------

5 ANEXO 2

5.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DE PISO

5.1.1 TABUADO

Admitindo uma carga de utilização da ordem de 400 kgf/m^2 (4 kN/m^2), temos:

O vão máximo das tábuas medido no local é da ordem de 80cm entre eixos de barroto.

$$q = 0,025 \times 1,4 + 0,4 = 0,435 \text{ tf/m}^2$$

$$M = 0,435 \times 0,8^2 / 8 = 0,0348 \text{ mtf/m}$$

$$w = 100 \times 2,5^2/6 = 104,2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 0,0348 \times 10^5 / 104,2 = 34 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão baixa mesmo para madeiras de pouca qualidade.

5.1.2 PISO DE BARROTES

$$q = 0,435 \times 0,8 + 0,23 \times 0,16 \times 1,4 = 0,400 \text{ tf/m}$$

$$M = 5,5^2 \times 0,4 / 8 = 1,513 \text{ mtf}$$

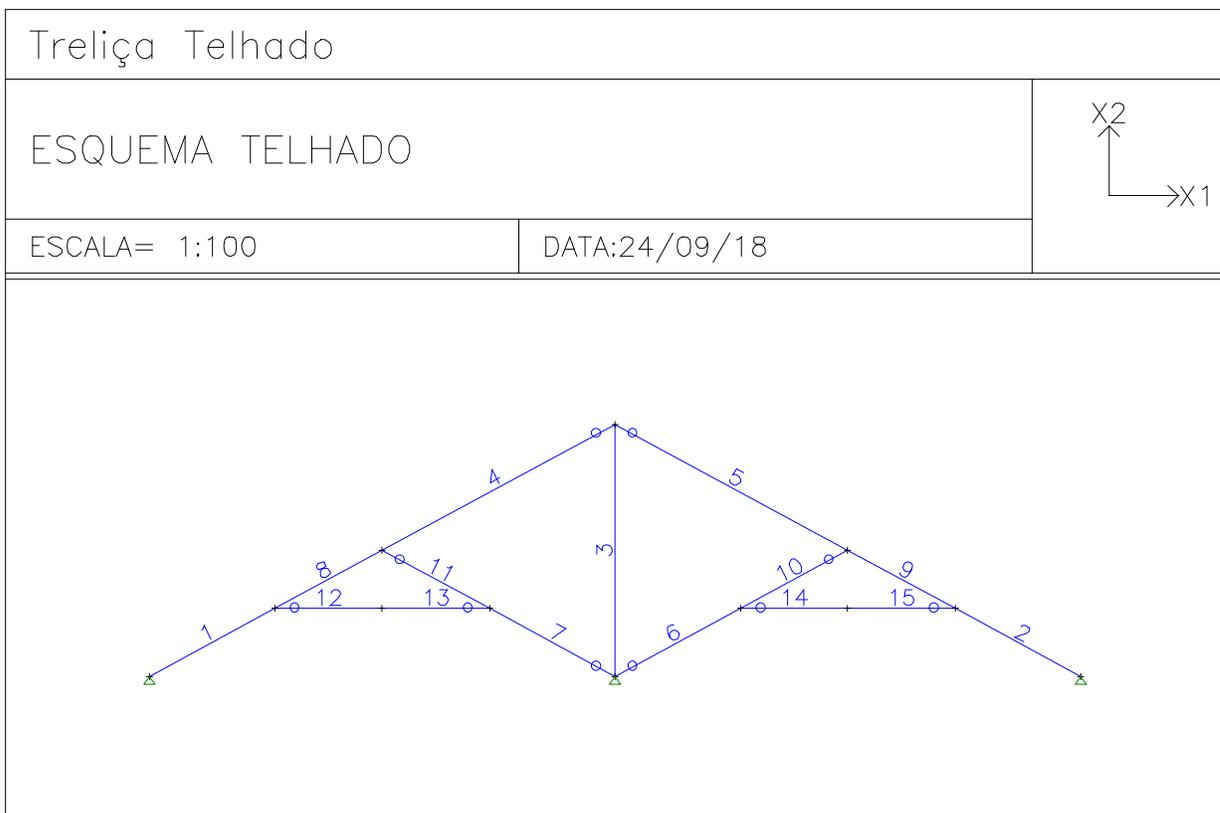
$$\sigma = 1,513 \times 6 \times 10^5 / 23^2 \times 16 = 107 \text{ kgf/cm}^2$$

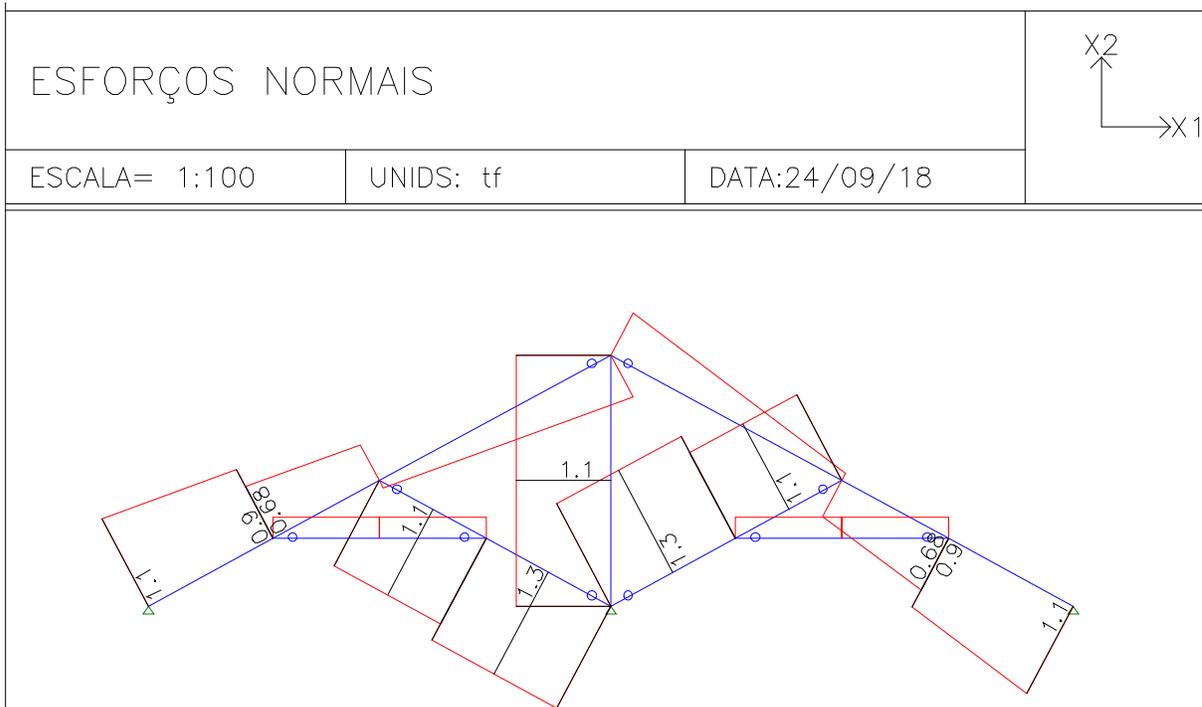
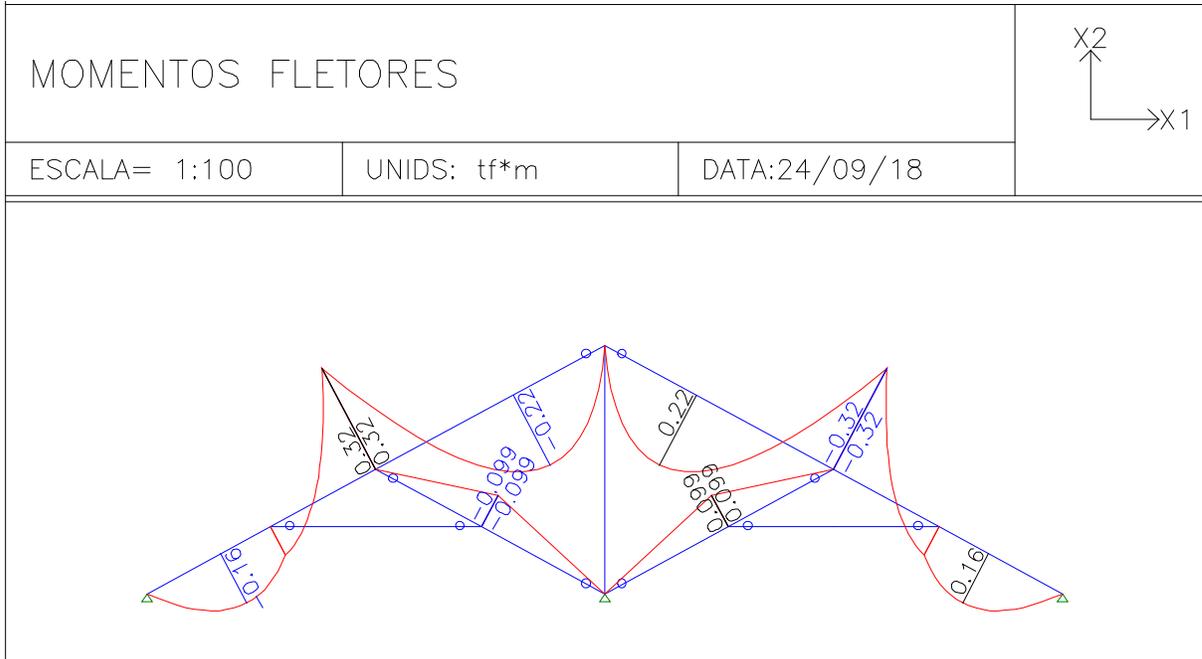
$$f = 5 \times 0,4 \times 5,5^4 / 384 \times 1,8 \times 10^6 \times 0,23^3 \times 0,16 / 12 = 0,016\text{m}$$

A relação vão/flecha é da ordem de 330, o que atende as normas vigentes.

5.2 MEMORIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS DO TELHADO

Admitindo uma carga de telhado da ordem de 150 kgf/m^2 ($1,5 \text{ kN/m}^2$), e uma distância entre as treliças de caibro alto de $1,9 \text{ m}$, teremos:







Nos piores casos temos:

$$N_{MAX} = - 1,3 \text{ tf (compressão)}$$

$$M_{CONC} = 0,1 \text{ mtf}$$

$$M_{MAX} = 0,32 \text{ mtf}$$

$$N_{CONC} = - 0,68 \text{ tf (compressão)}$$

As tensões para os dois casos são:

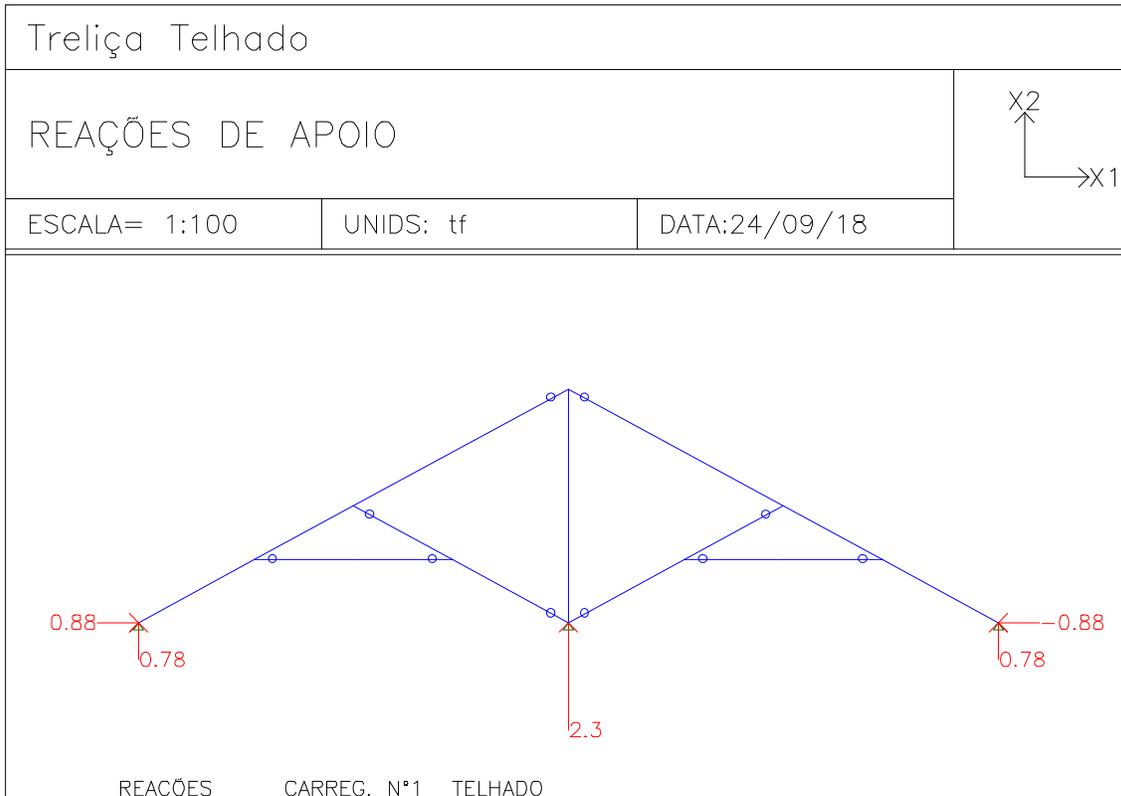
CASO N_{MAX}

$$\sigma = - 1300 / 10 \times 13 \pm 10.000 \times 6 / 13^2 \times 10 = -10 \pm 36 = - 46 \text{ kgf/cm}^2$$
$$26 \text{ kgf/cm}^2$$

CASO M_{MAX}

$$\sigma = - 680 / 10 \times 13 \pm 32.000 \times 6 / 13^2 \times 10 = -7 \pm 114 = - 121 \text{ kgf/cm}^2$$
$$107 \text{ kgf/cm}^2$$

As tensões são aceitáveis para a madeira utilizada.



A reação de 0,88 tf se distribui ao longo da parede frontal e está contida pelas paredes transversais.

Admitindo que o trecho de parede resistente tenha 1,0m, teremos um esforço de cisalhamento na parede de:

$$\tau = 880 / 100 \times 60 = 0,15 \text{ kgf/cm}^2$$

Este valor pode ser considerado aceitável para a alvenaria.


Geraldo Filizola
 Sócio Diretor
geraldo@cernepro.com.br