

**Aprendendo com
acidentes e colapsos
Champlain Towers,
Miami Surfside, 2021**

**XXII
COBREAP**
EXCELÊNCIA TÉCNICA: INOVAÇÃO, NORMAS E CAPACITAÇÃO

11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

Prof. Paulo Helene
Doutor PhD Engenharia
Diretor-Presidente do IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Fundador e Ex-Presidente ALCONPAT Internacional
Deputy Chairman of (CIB®)FIP Model Code for Service Life Design
Conselheiro do CNTL, SEESP / PMSP

REALIZAÇÃO

ibape SP
Qualidade em perícias e avaliações

IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

1

**XXII
COBREAP**
EXCELÊNCIA TÉCNICA: INOVAÇÃO, NORMAS E CAPACITAÇÃO

11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

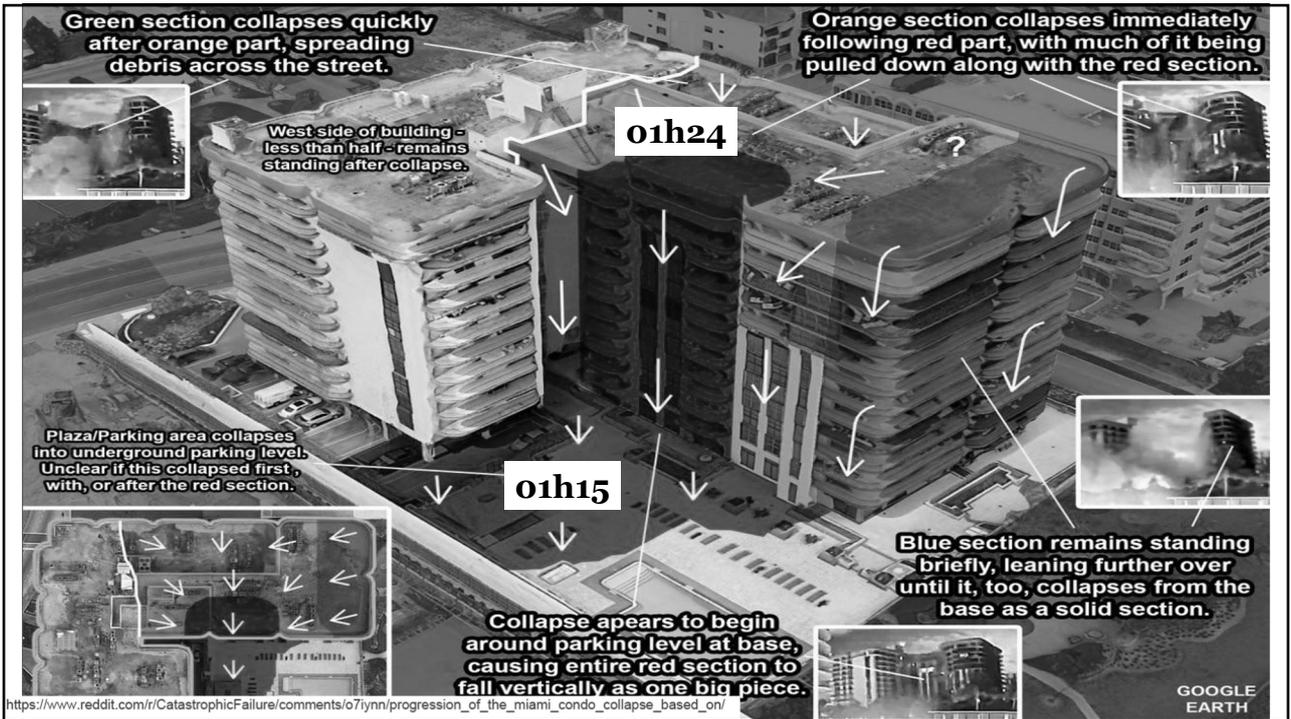
ibape SP
Qualidade em perícias e avaliações

IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

Torres Champlain Towers South
8777 Collins Avenue, Miami Surfside
Inauguração 1981, investidor/construtor Nathan Reiber
Champlain Towers North, 1981 & Champlain Towers East, 1994
Formato L com 12 andares Colapso 01h 30
24 de Junho de 2021 40 anos de idade 98 mortos

Ressalva: Esta apresentação é apenas para fins educacionais. As hipóteses, opiniões e pontos de vista expressos nesta apresentação representam a opinião do autor e não representam uma posição oficial ou legal do poder público, do IBRACON, da PhD Engenharia, da USP, da ALCONPAT, do IBAPE, ou de qualquer uma das partes envolvidas neste colapso. Também esta apresentação não é um aconselhamento jurídico e nem um laudo ou parecer técnico judicial.

2



3

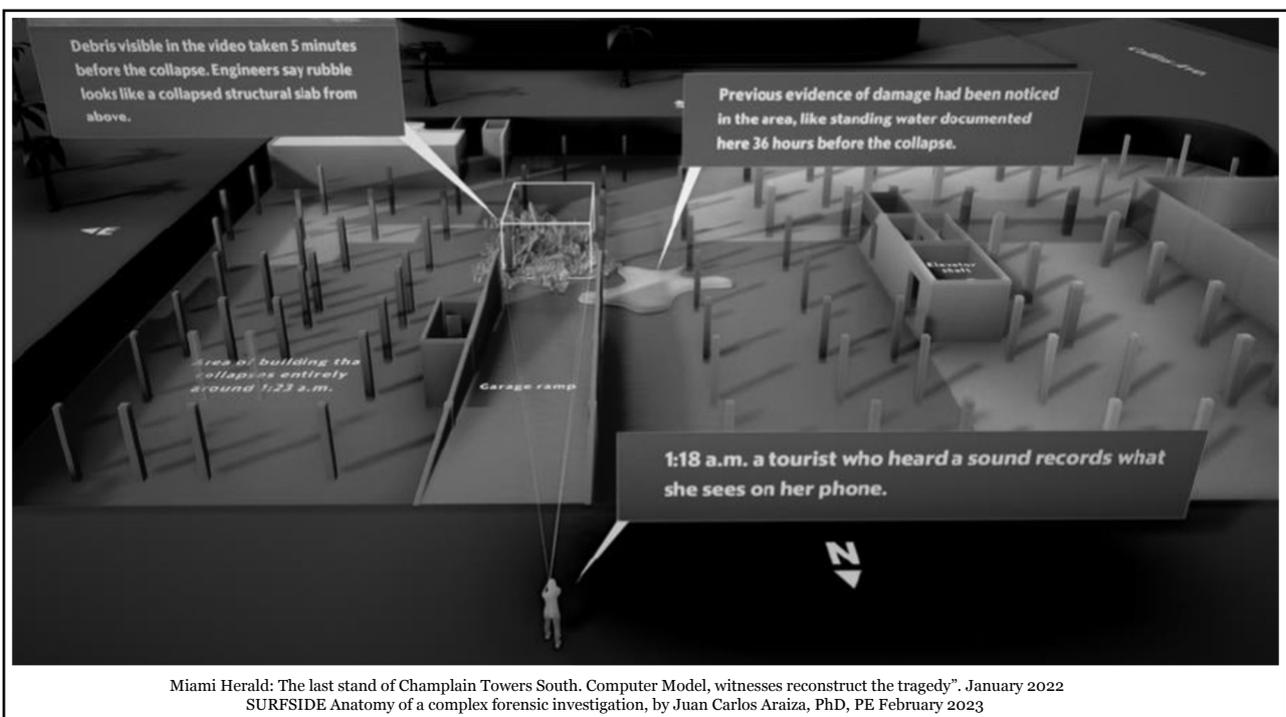


4

Una residente dijo a *The Post* que minutos antes de que se derrumbara **Champlain Towers South** en **Surfside**, se dio cuenta de que una sección de la cubierta de la piscina y una zona de aparcamiento a nivel de la calle se habían derrumbado. El marido de otra residente ha dicho que su esposa, que no ha sido vista desde el desastre, hizo una observación similar en una llamada telefónica poco antes del colapso.

Sara Nir, una residente, dijo a *The Post* que poco antes de la 1 de la madrugada notó fue ruidos de “**golpes**” que supuso eran causados por las obras de construcción. Alrededor de la 1:14 de la madrugada, oyó un ruido que le pareció el de un muro que se derrumbaba, y salió de su apartamento de la planta baja para quejarse a un guardia de seguridad en el vestíbulo.

5



6

Primeira Lição

Fique atento e escute os gritos da estrutura, pois podem ocorrer acidente graves e colapsos em qualquer idade da estrutura.

Todas as estruturas advertem que estão prestes a colapsar, e o desafio é saber interpretar os sinais da estrutura!

Somente aqueles que entenderam os avisos foram salvos!

7



8

NIST encourages members of the public to submit any information, including video, photos or other documentation

- ✓ June 24, 2021, Champlain Towers South, 12-floor condominium in Surfside, Florida, at 1:30 a.m.
- ✓ June 25, NIST began a team of six scientists and engineers to collect firsthand information on the collapse.
- ✓ June 30 decided full technical investigation of the collapse by National Construction Safety Team (NCST) Act
- ✓ NCST's work will not interfere with the ongoing search-and-rescue operation at the scene of the collapse.
- ✓ NCST's role is not to determine any culpability.
- ✓ NCST investigation is to determine the technical diagnose and cause of the collapse and, learning from that, to recommend changes to building codes, standards and practices, and appropriate actions to improve the structural safety of buildings.

9

The image is a screenshot of a news article from the NIST website. At the top left is the NIST logo, and at the top right is a link that says "View as a Web Page". Below the logo is a "NEWS" button. The main headline reads "May 31, 2023, Champlain Towers South Investigation Update: Second Warehouse Will Allow New Phase of Testing". The article text states: "On May 11, 2023, the Miami-Dade Police Department (MDPD) and the National Construction Safety Team (NCST) finished moving a portion of evidence retrieved from the Champlain Towers South building into a second warehouse. The move provides the team members with the space needed to safely access the specimens and begin the next phase of evidence analysis, which will include extracting samples of concrete and reinforcing steel from the specimens retrieved from the Surfside, Florida, collapse site. The challenging move of more than 300 building specimens was managed by MDPD contractors and subcontractors and overseen by NIST staff." A second paragraph follows: "The first warehouse was not large enough to allow our staff members and others to safely conduct all of the analysis that needs to be done to help us understand the condition of the building materials at the time of the collapse, said Judith Mitrani-Reiser, co-lead of the investigation. This second, larger warehouse will allow us to create sufficient space around each specimen so that we can bring in equipment to safely manipulate, cut and core specimens to extract samples."

10



11


[View as a Web Page](#)

NEWS

NIST Provides Update on Investigation Into the Collapse of Champlain Towers South



Today, in a meeting of the National Construction Safety Team (NCST) Advisory Committee, investigators from the National Institute of Standards and Technology (NIST) shared details of their investigation into the partial collapse of the Champlain Towers South building in Surfside, Florida. They highlighted preliminary evaluations of the data collected on site conditions and additional deviations from design in the construction of the buildings pool deck.

Shortly after the June 24, 2021, partial collapse of the Champlain Towers South building, NIST established a team to conduct a technical investigation into its cause. The NCST Act authorizes NIST to investigate building failures and recommend changes to building codes, standards and practices, with the goal of improving building safety nationwide. NIST's role under the act does not include determining whether there was a criminal act or violation, and NIST does not determine any associated culpability.

Resumo 07.09.2023:

- ✓ Fundação → OK
- ✓ Cavernas não existiu
- ✓ Concreto → OK
- ✓ Aço → OK
- ✓ Armadura da laje de recreação deficiente
- ✓ Modelo Estrutural Completo → sendo finalizado

Promessa:

Final → junho 2024

Recomendações → junho 2025

12

The National Construction Safety Team (NCST) Advisory Committee Meeting, September 7, 2023.



Champlain Towers South Collapse Investigation Update

Judith Mitrani-Reiser
Lead Investigator



Glenn R. Bell
Associate Lead Investigator



13



Inspeções e Amostragem

recolheram para análise em laboratório cerca de 200 elementos construtivos

14

Segunda Lição

- ✓ Transparência → criar um portal de acesso público com todas as informações e fotos
- ✓ Valorizar a pesquisa tecnocientífica, junto com a polícia e bombeiros, desde o primeiro dia
- ✓ Nomear uma equipe multidisciplinar responsável, com poder e autonomia (“Comitê de Crise do Buraco”)

“públicas e privadas”

15

Sobre a sequência do colapso há consenso:

1. laje de recreação
2. 1ª parte da torre
3. 2ª parte da mesma torre
4. 3ª parte da mesma torre
5. parte lateral da torre



16

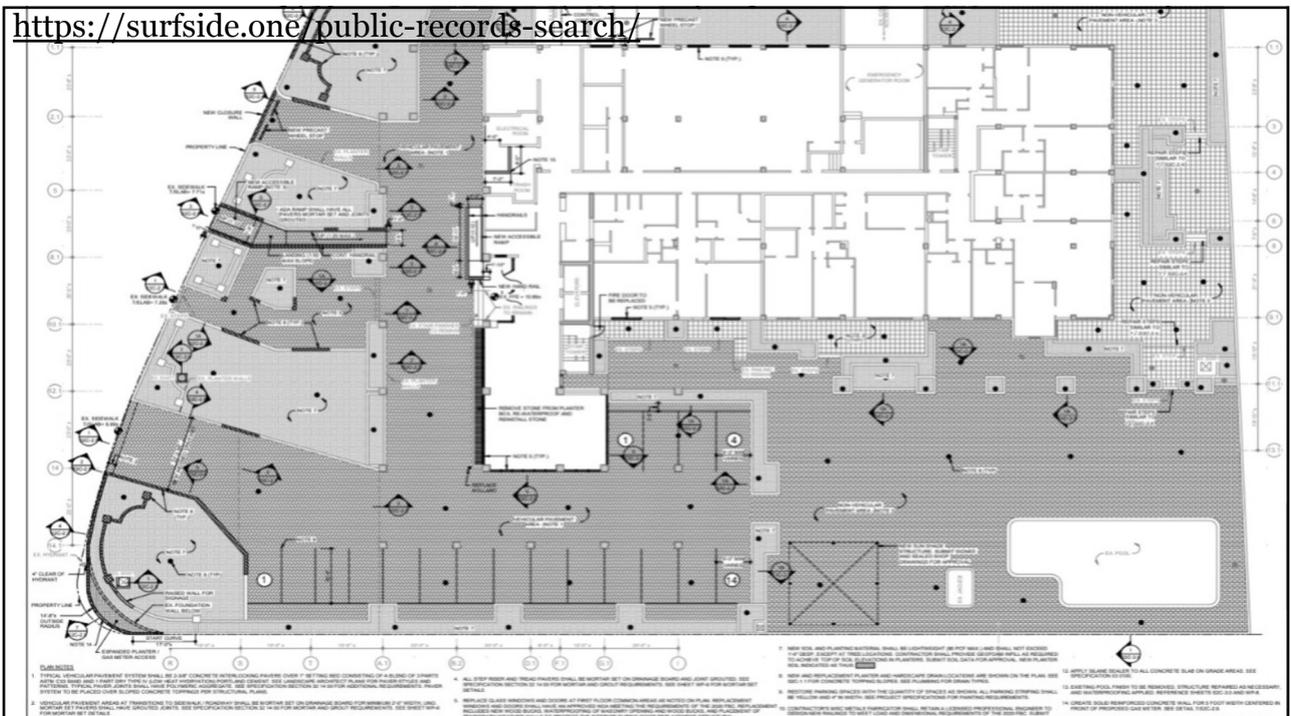
...então qual a dúvida?

Qual foi o gatilho?

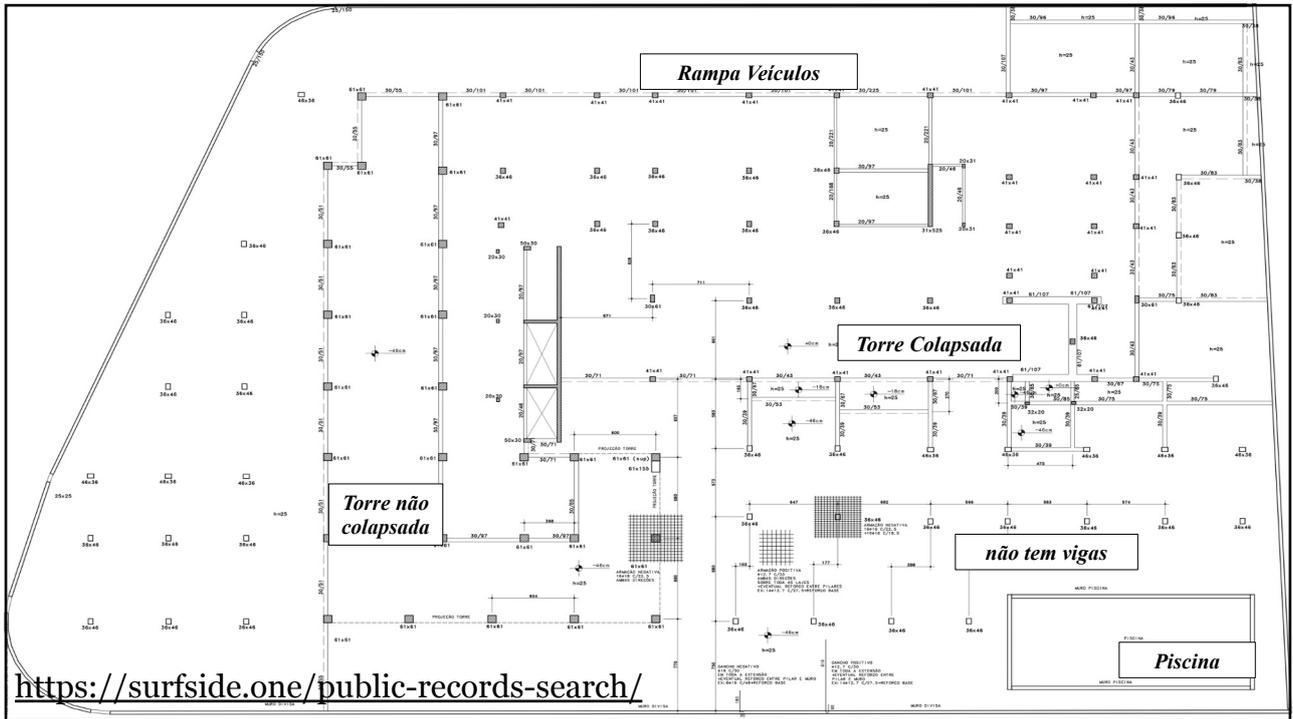
Porquê uma parte se propagou à outra?

Porquê depois de 40 anos?

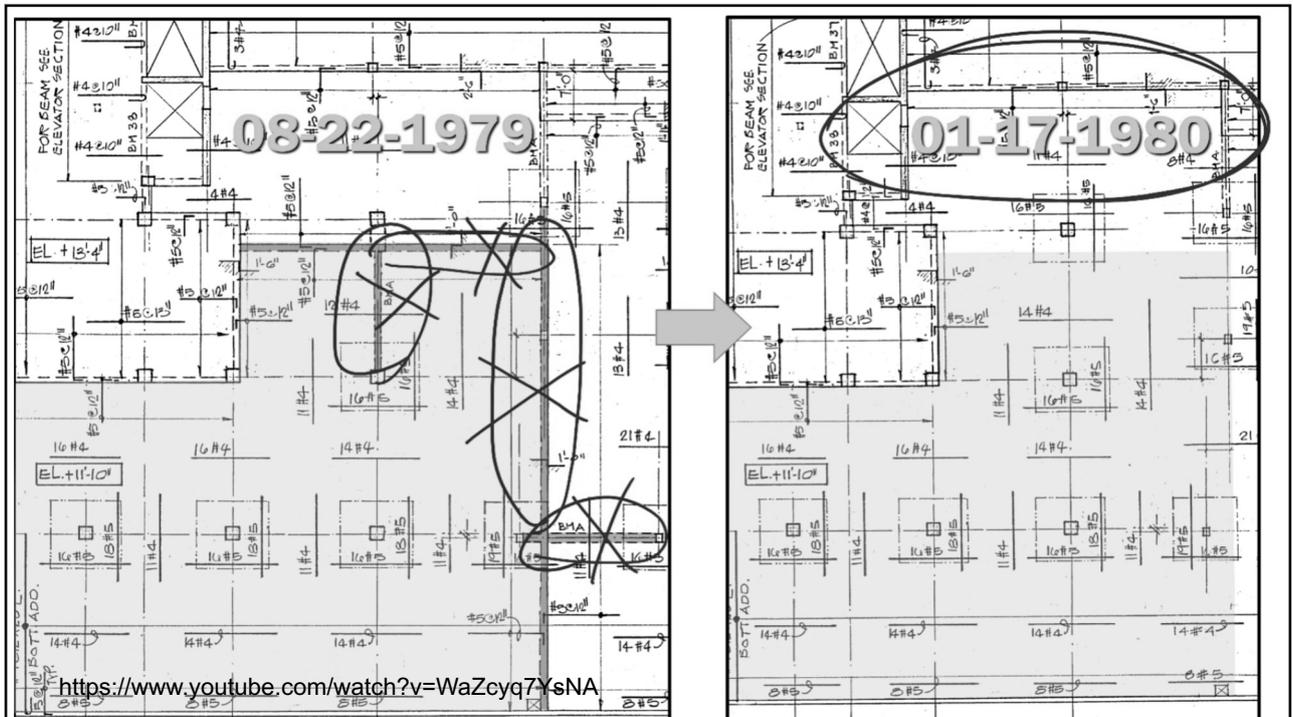
17



18



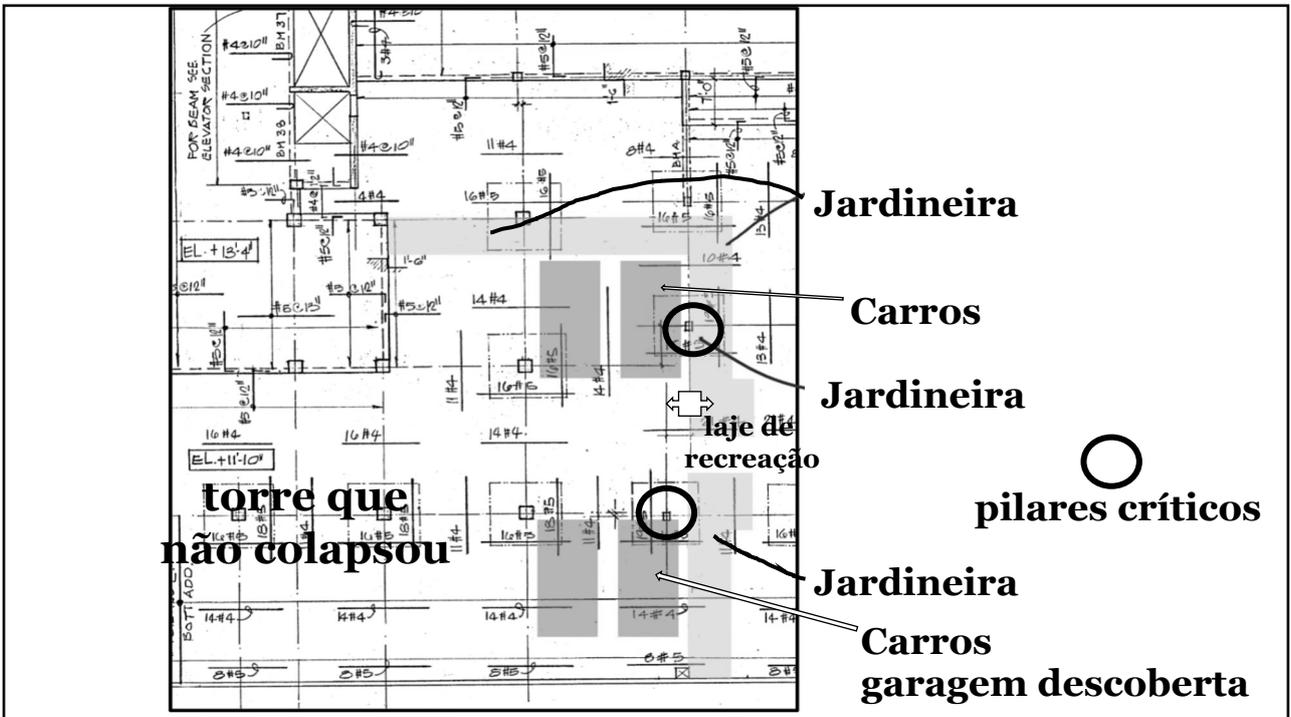
19



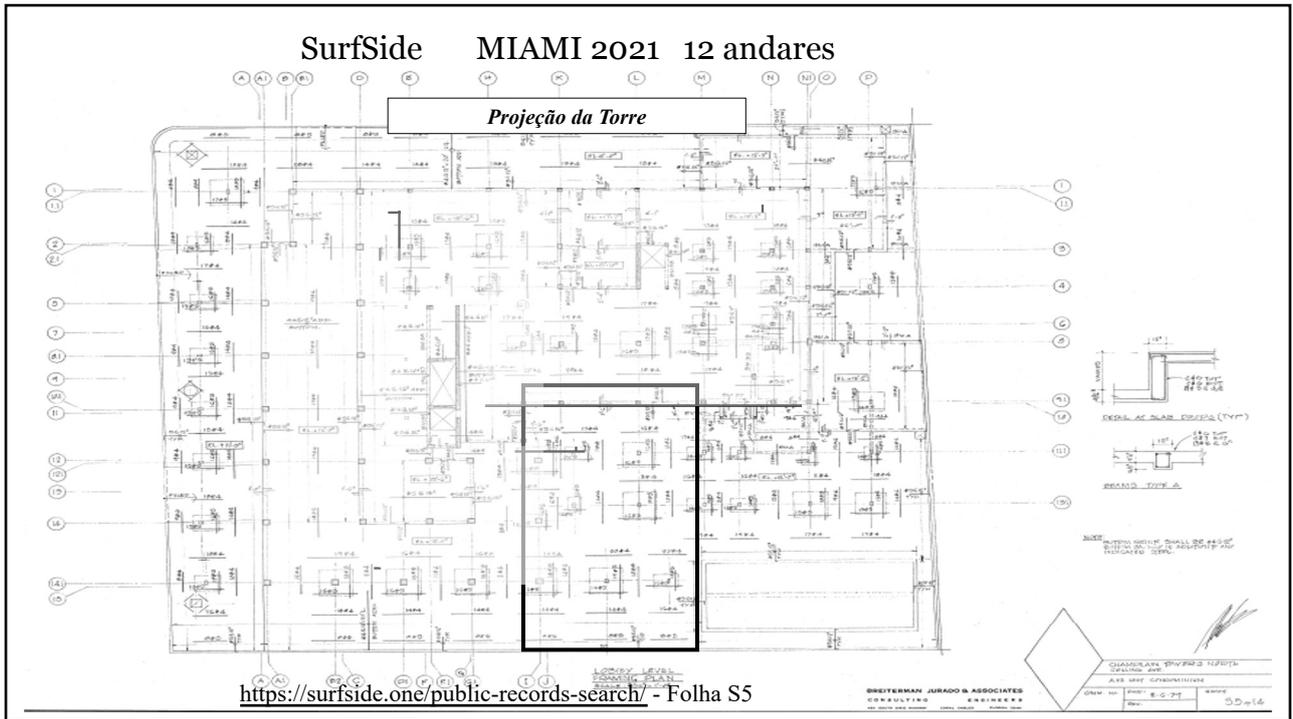
20



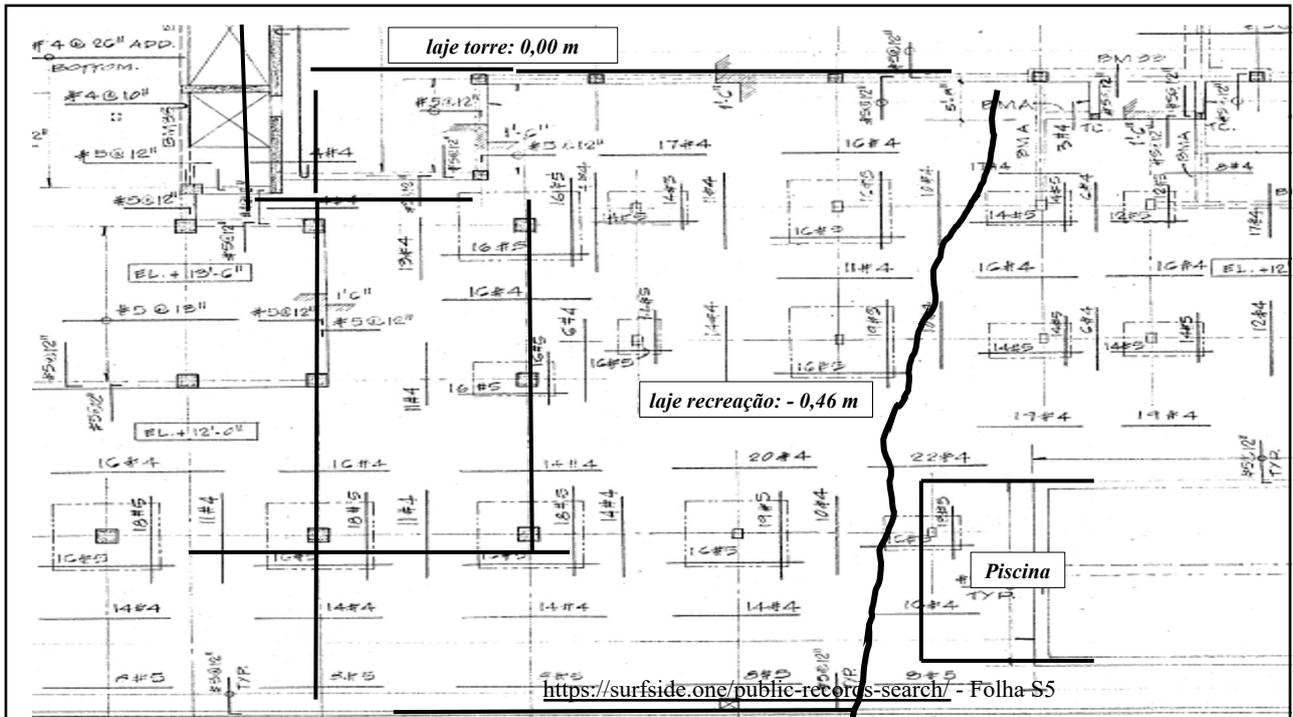
23



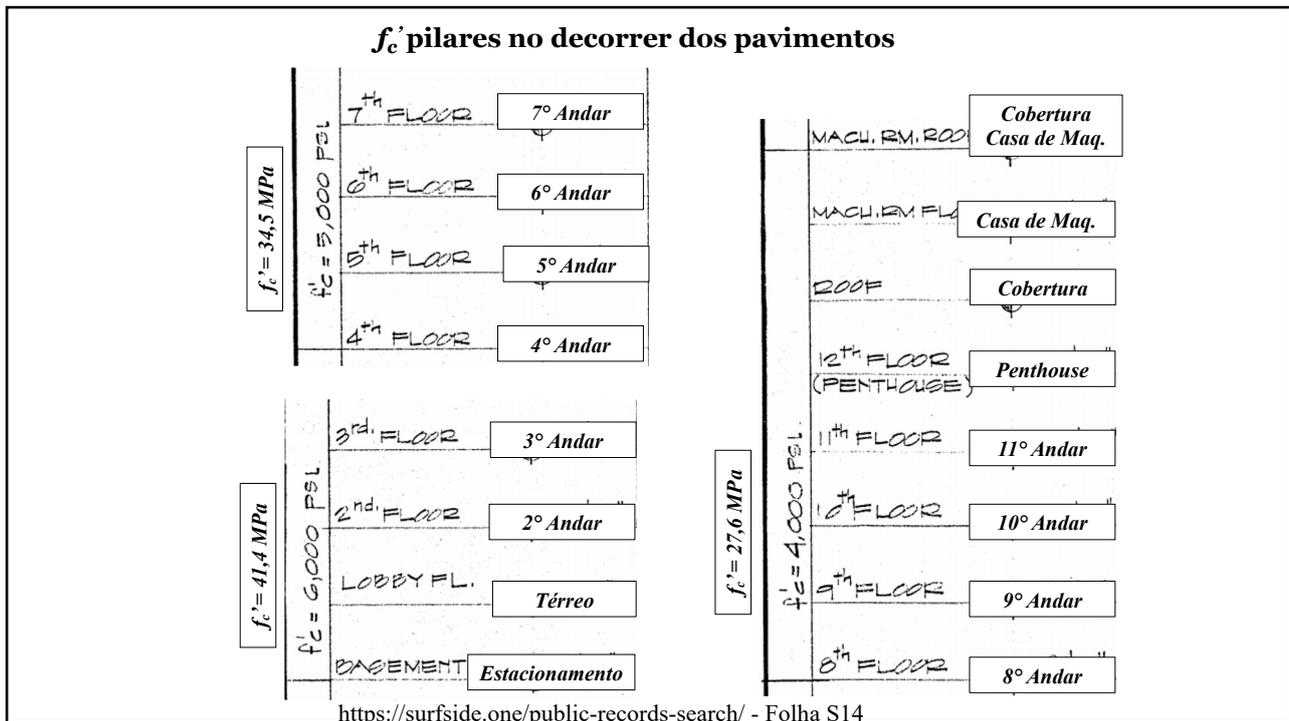
24



25



26



27

- ✓ Concreto pilares da garagem até o terceiro andar: 6.000psi (41,4 MPa)
- ✓ Concreto lajes até o 8 andar: 4.000psi (27,6 MPa)
- ✓ Armadura pilar 61x61cm : 12Ø32 → $A_s=98,28\text{cm}^2$ → $\rho=2,64\%$
- ✓ Armadura pilar 41x41 cm : 8Ø36 → $A_s=80,48\text{cm}^2$ → $\rho=4,79\%$
- ✓ Armadura pilar 36x46 cm: 10Ø32 → $A_s=81,9\text{cm}^2$ → $\rho=4,95\%$
- ✓ Espessura lajes: 25cm (térreo), 20cm (tipo)
- ✓ Armadura inferior lajes: Ø12,7 C/30cm → $\rho=0,17\%$ (térreo), 0,19% (tipo)
- ✓ Não foi encontrado em projeto detalhe de armadura de punção

<https://surfside.one/public-records-search/> - Folhas S14 e S6

28



Pilares

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

29



Pilares

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

30



Pilares

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

31



Lajes

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

32



Lajes

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

33

Punção

ilustração

34



35



36



37



38



39



40

Paulo Helene

MANUAL

PARA REPARO,

REFORÇO E

PROTEÇÃO DE

ESTRUTURAS

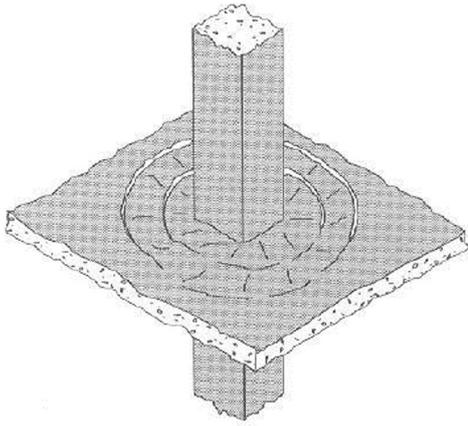
DE CONCRETO

Projeto de Divulgação Tecnológica **FOSROC**

PINI EDITORA

Punção

Manifestação Típica



41

≡ MENU G1 ESPÍRITO SANTO tv gazeta

19/07/2016 09h49 - Atualizado em 19/07/2016 19h32

Área de lazer em condomínio de luxo desaba e porteiro é achado morto

Drone mostra o estrago no Grand Parc, na Enseada do Suá, em Vitória. Suspeita é de vazamento de gás, segundo Corpo de Bombeiros.

Viviane Machado e Victoria Varejão
Do G1 ES

FACEBOOK TWITTER GO+ PINTEREST



As torres do condomínio de luxo Grand Parc Residencial Resort, na Enseada do Suá, em Vitória, foram esvaziadas após toda a **área de lazer desabar, na manhã desta terça-feira (19)**. Quatro pessoas ficaram feridas e **um porteiro ficou desaparecido até as 17h. Ele foi encontrado morto**. O desabamento aconteceu por volta de 3h.

<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/07/torres-de-condominio-de-luxo-no-es-sao- evacuadas-apos-desabamento.html>

Exemplo de acidente com punção mas, com robustez que evitou uma tragédia

42

<http://www.10thia.uol.com.br/coliliano/2016/07/793337-homens-buscam-desaparecido-apos-desabamento-em-pedre-no-es-diz-tv-abril>



43

<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2016/07/desabamento-em-condominio-3-e-deixa-desaparecido-em-vitoria-es.html>



44

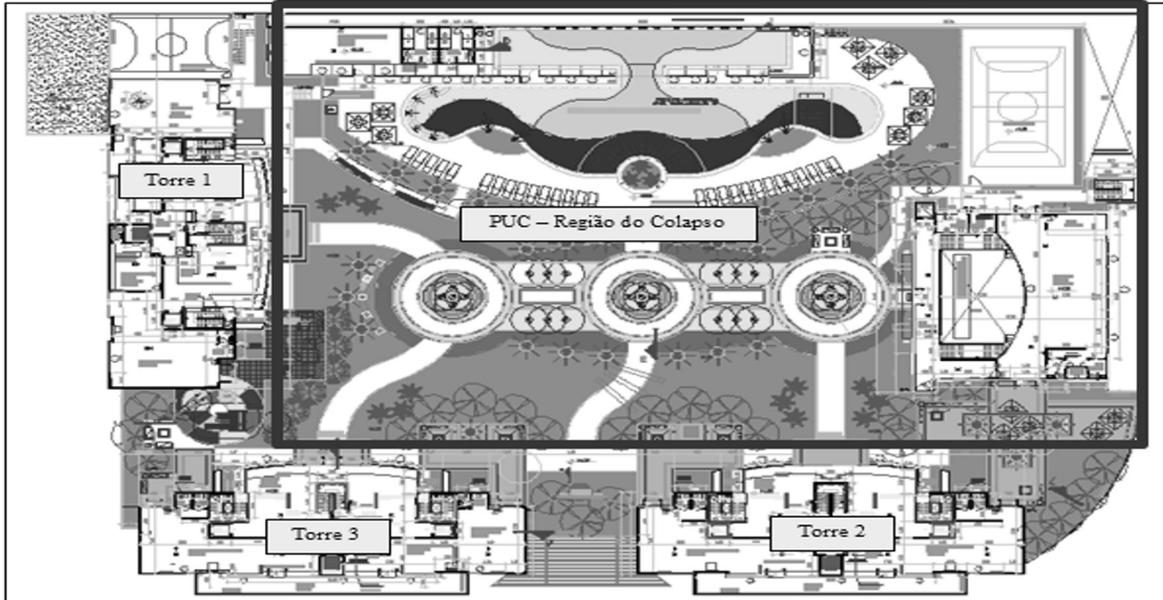


45

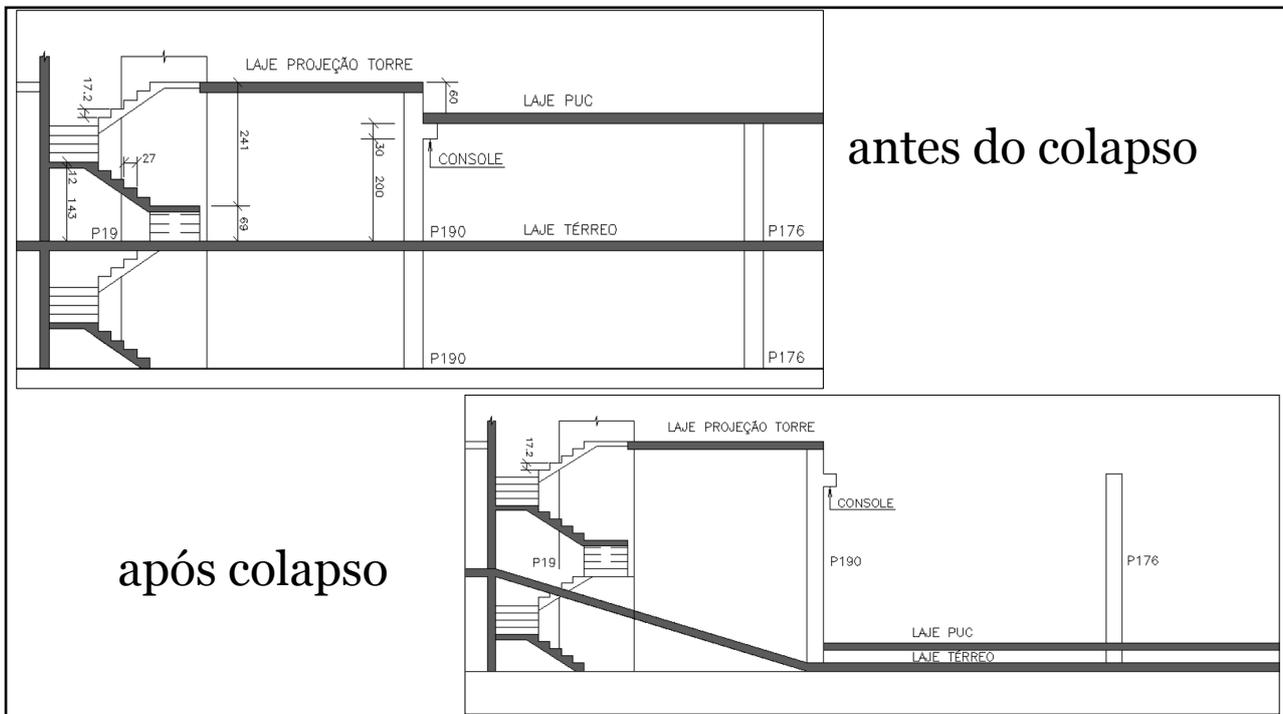


46

- 19.07.2016 (03 h)
- 6 anos de idade



47



48



49



50



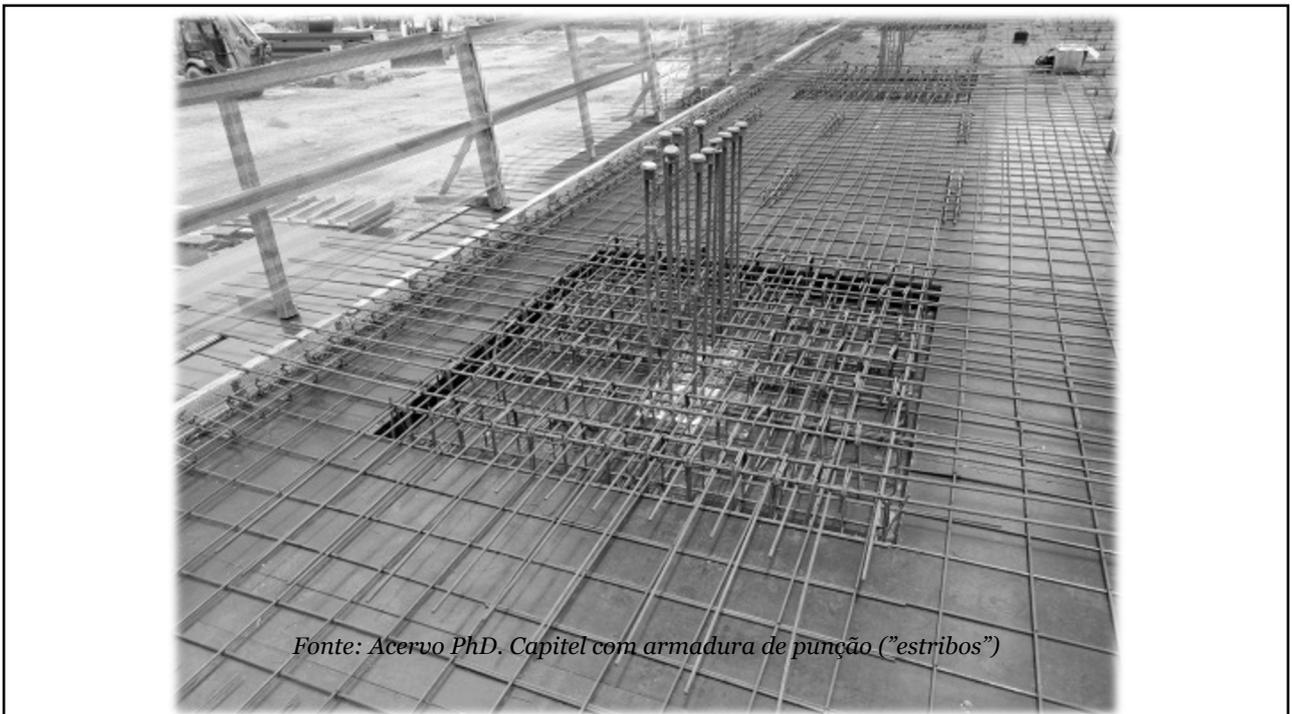
51



52



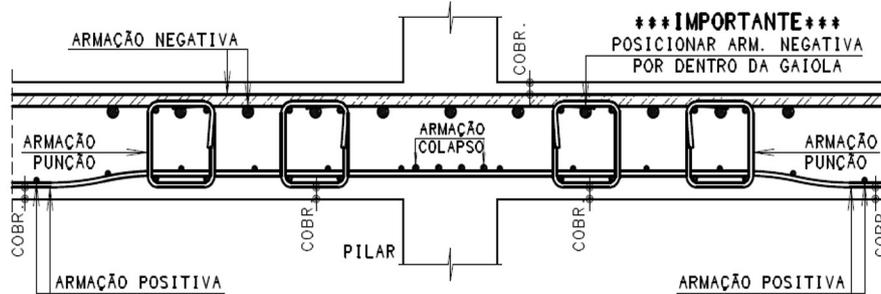
53



Fonte: Acervo PhD. Capitel com armadura de punção ("estribos")

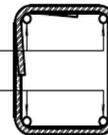
54

CORTE TÍPICO NAS ARMAÇÕES DE PUNÇÃO E COLAPSO PROGRESSIVO (SEM CAPITEL)



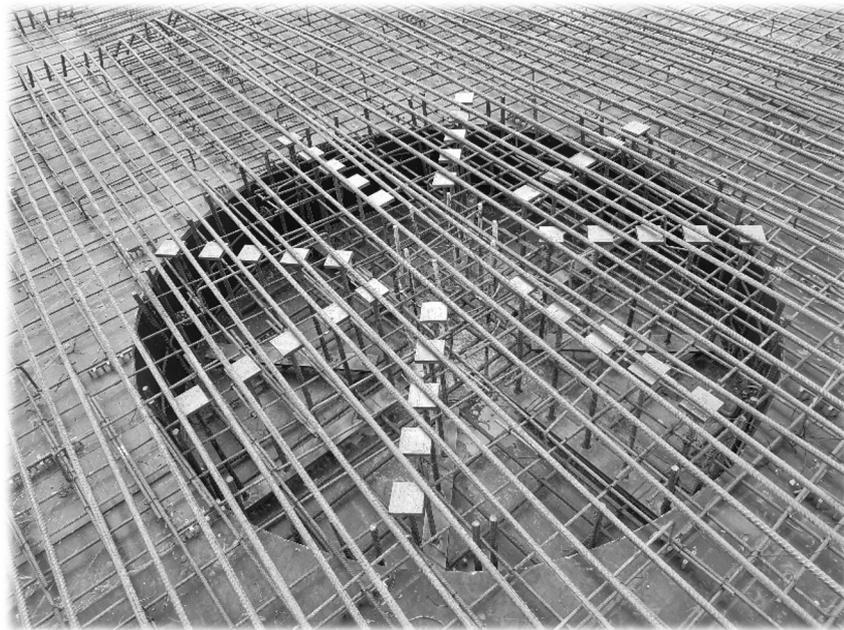
DETALHE DE AMARRAÇÃO NOS ESTRIBOS

AS BARRAS LONGITUDINAIS DEVEM ESTAR RIGOROSAMENTE ENCOSTADAS E AMARRADAS NOS QUATRO CANTOS DOS ESTRIBOS



Fonte: Ricardo França & Associados

55



Fonte: Acervo PhD. Capitel com armadura de punção ("studs").

56

“Falsas” hipóteses do “Gatilho”

1. Corrosão das armaduras dos pilares
2. Estrutura com lajes planas sem vigas
3. Efeitos ambientais de sumidouros
4. Corrosão de armadura da laje perto piscina

57

October 8, 2018

Re: *Champlain Towers South Condominium
Structural Field Survey Report
MC Job# 18217*

Page 8

O Relatório estrutural de Morabito, 2018, demonstra que a corrosão das armaduras nos pilares era inicial e jamais suficiente para justificar um colapso

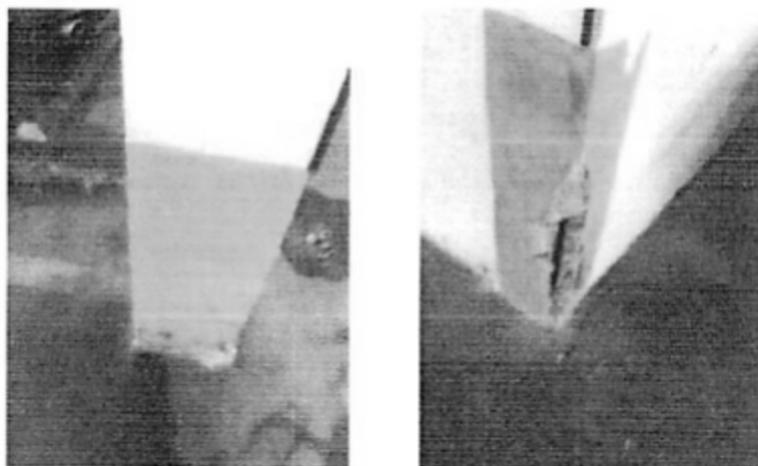
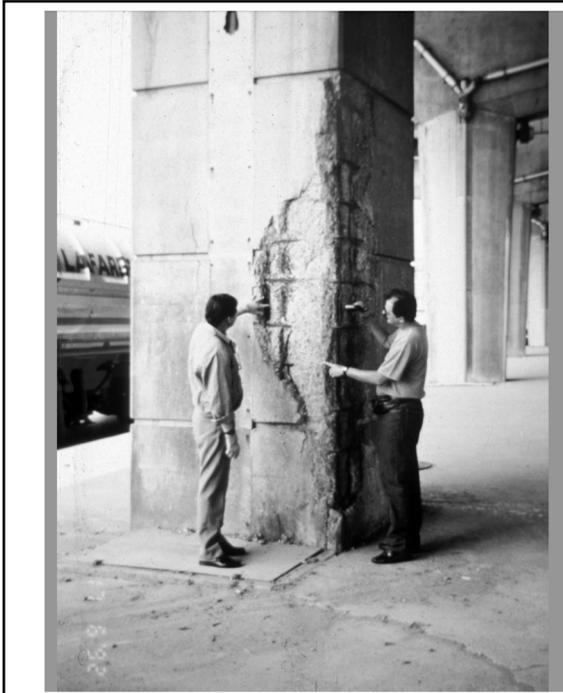
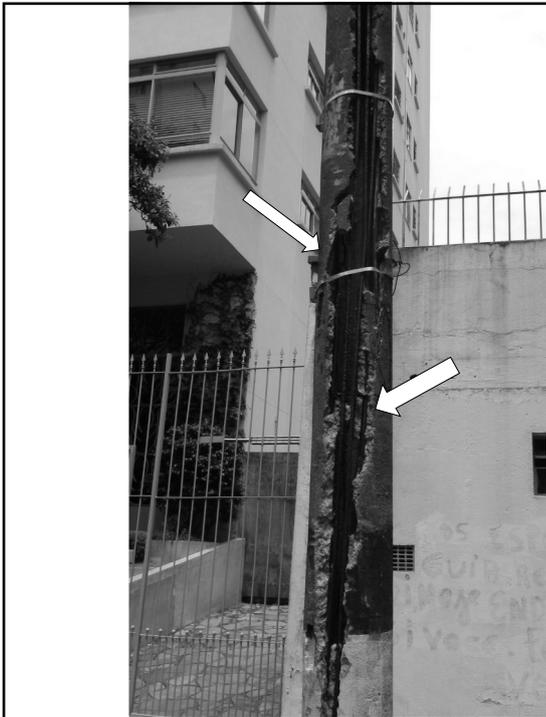


Figure J1: Typical cracking and spalling at parking garage columns

58



59



60

Falsas hipóteses do “Gatilho”

1. Corrosão das armaduras dos pilares → Negativo
2. Estrutura com lajes planas sem vigas → Negativo
3. Efeitos ambientais de sumidouros
4. Corrosão de armadura da laje perto piscina

61

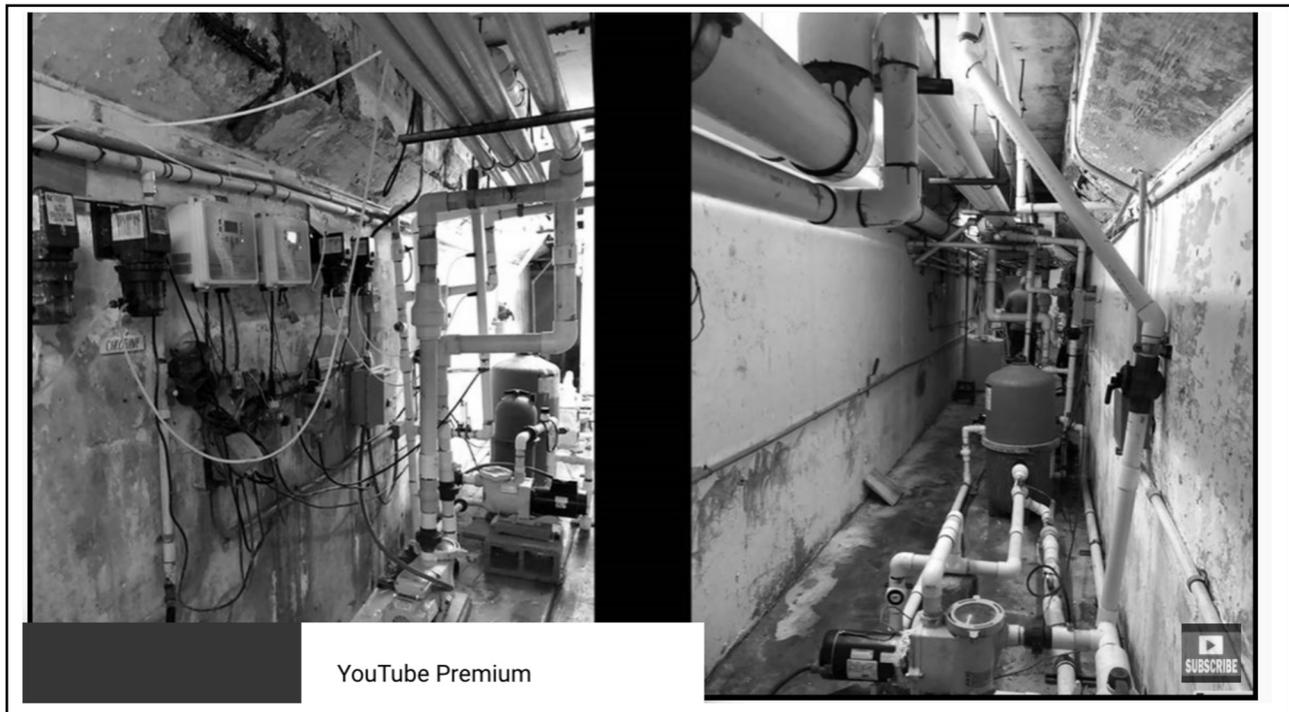


62

Falsas hipóteses do “Gatilho”

1. Corrosão das armaduras dos pilares → Negativo
2. Estrutura com lajes planas sem vigas → Negativo
3. Efeitos ambientais de sumidouros → Negativo
4. Corrosão de armadura da laje perto piscina

63



64



65

Hipóteses FALSAS do “Gatilho”

1. Corrosão das armaduras dos pilares → Negativo
2. Estrutura com lajes planas sem vigas → Negativo
3. Efeitos ambientais de sumidouros → Negativo
4. Corrosão de armadura da laje perto piscina → Negativo

66

Terceira Lição

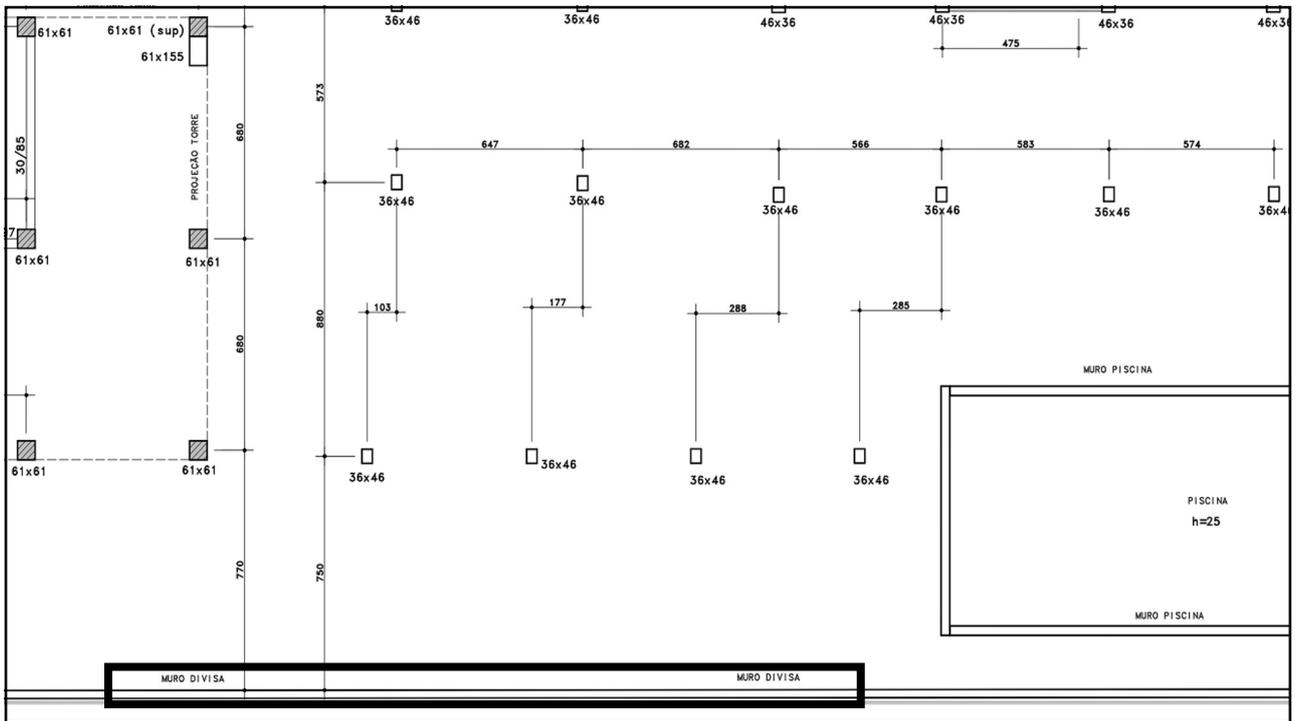
- ✓ Manter visão crítica das notícias na mídia por mais que pareçam verdadeiras

67

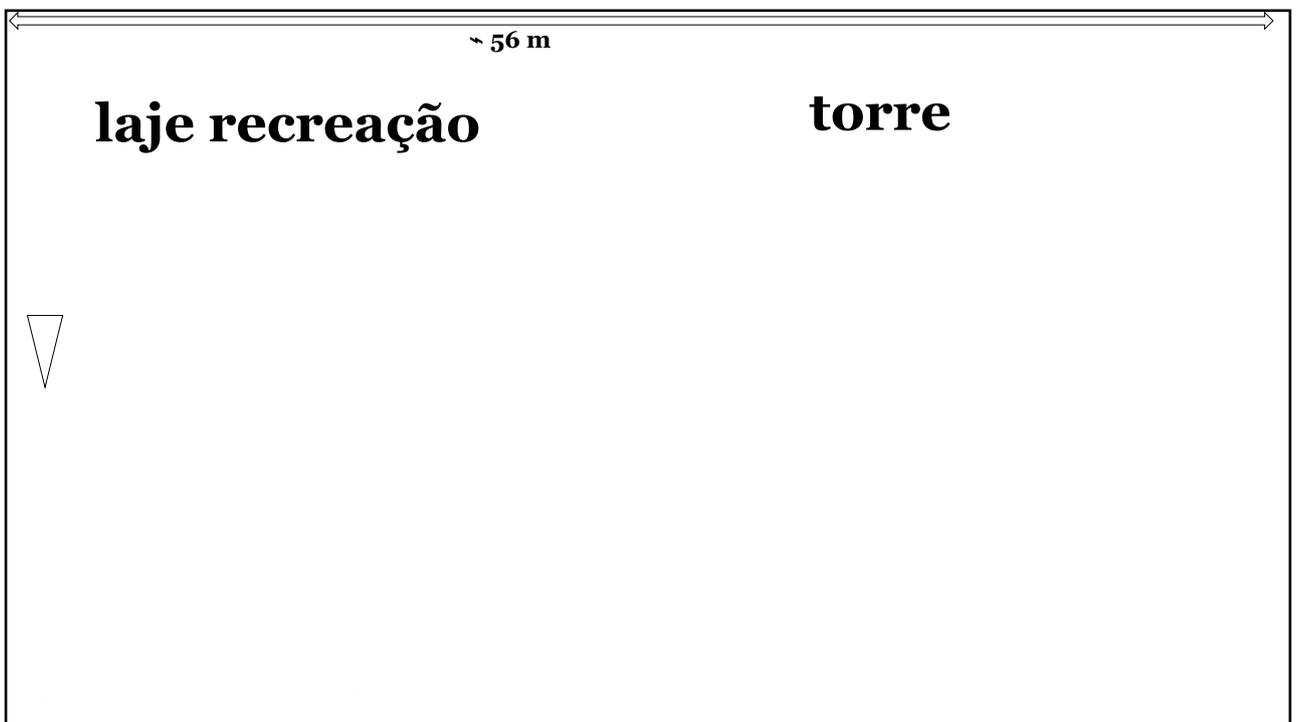
“Verdadeiras” hipóteses do “Gatilho”

- Fissura + corrosão → muro de divisa
- Punção + corrosão → laje recreação
- Recalque diferencial → punção laje

68

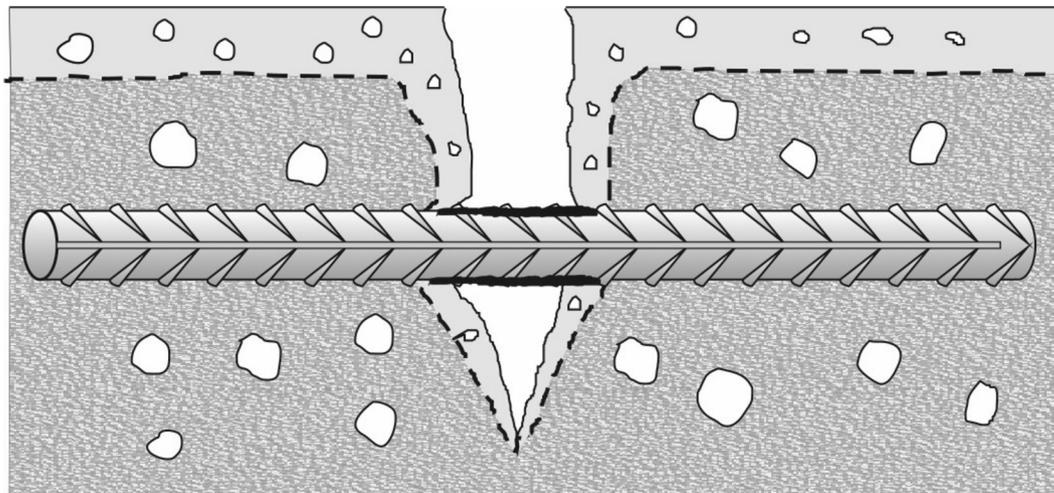


69



70

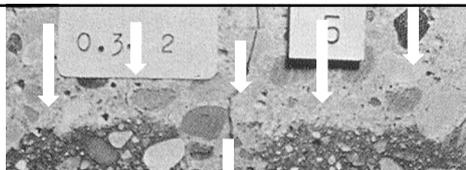
Fisuración bajo Carbonatación y/o Cloruro



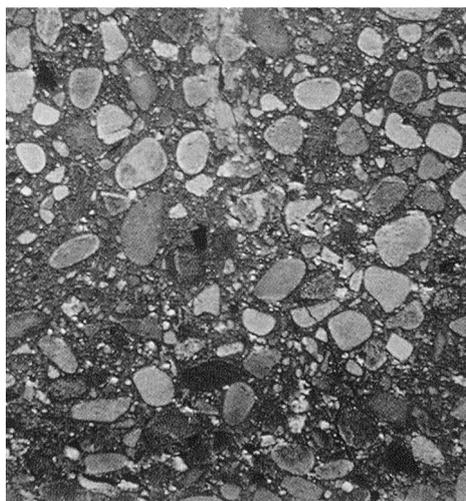
w_k ánodo pequeño vs cátodo enorme

71

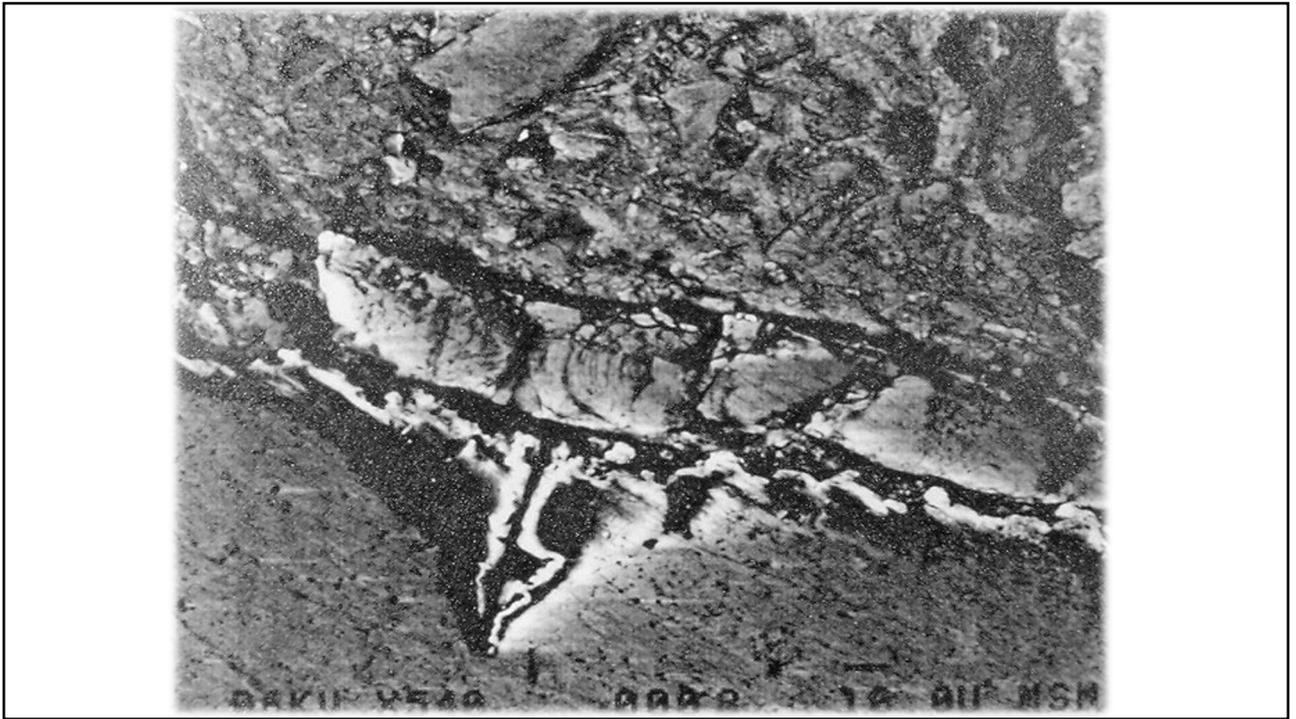
CO_2
 Cl^-



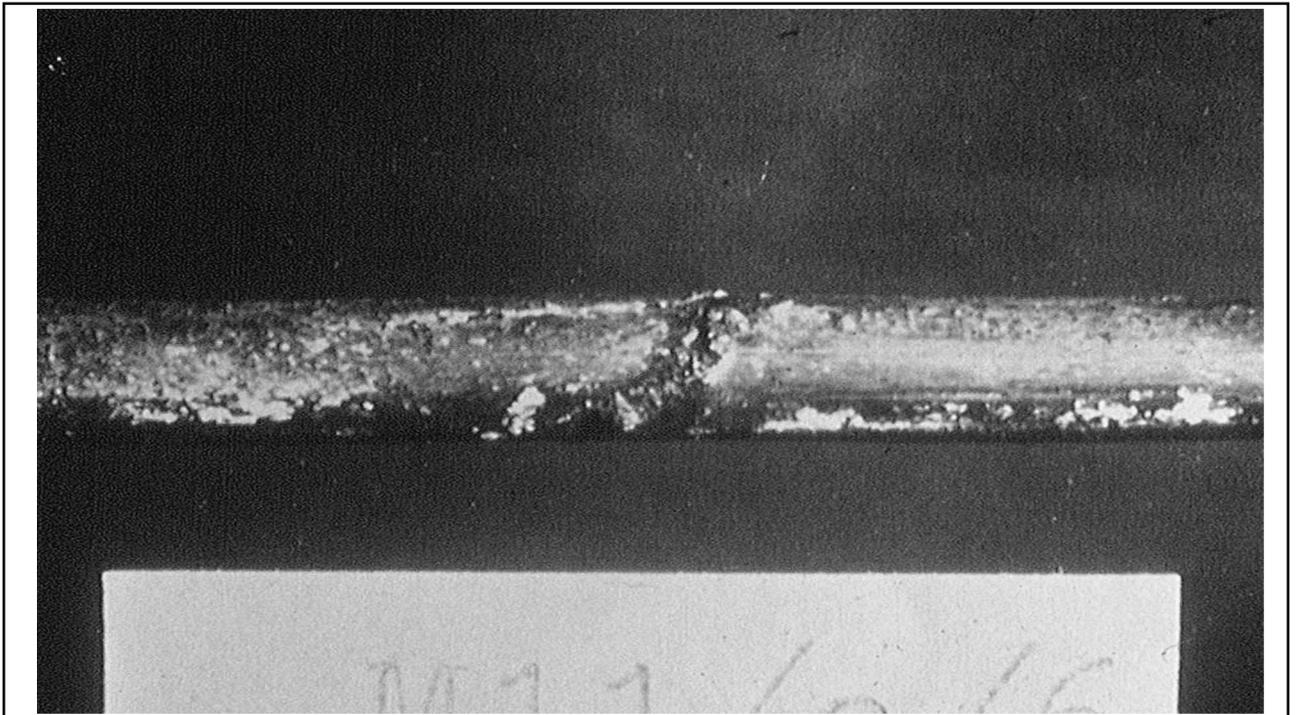
Cl^-
 CO_2



72



73



74



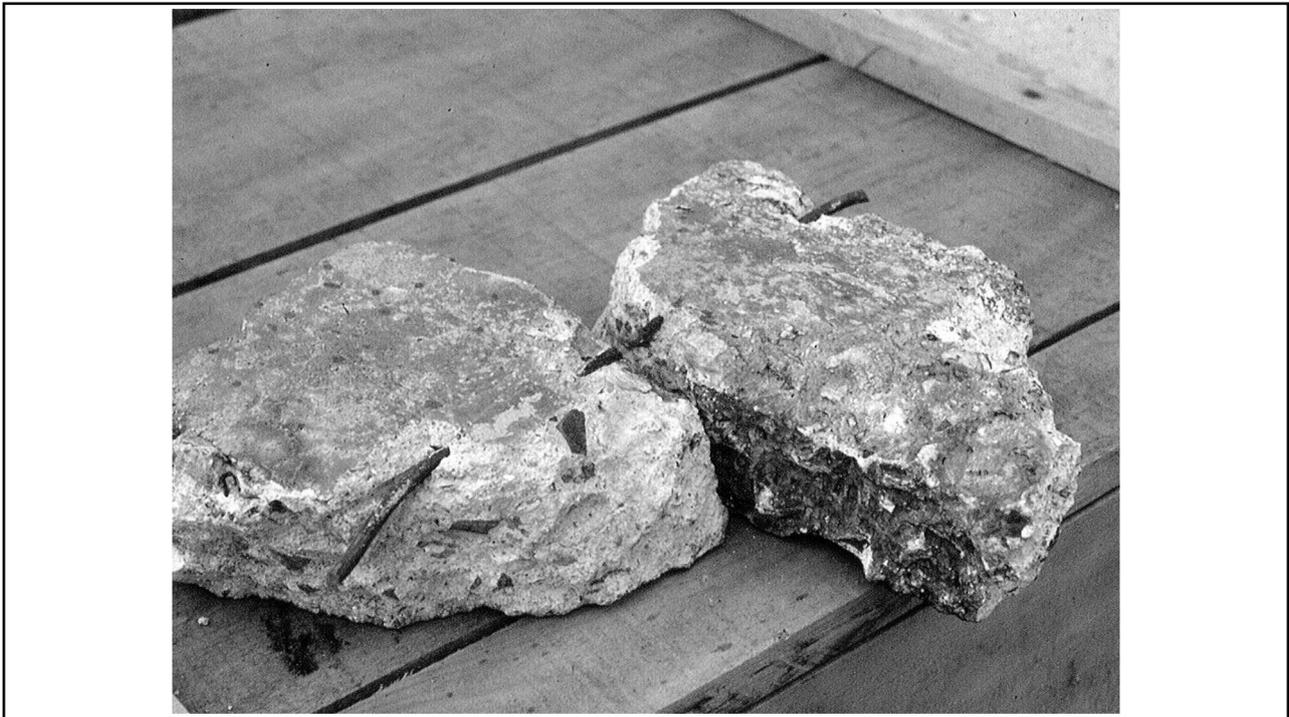
75



76



77



78



79



80



81



82



<https://www.gettyimages.com.br/fofo/viera-fil?assettype=image&phrase=viera%20fi&sort=mostpopular&license=rf%2Crm>

83

**Thursday
April 21, 2022**

**MIAMI
HERALD**



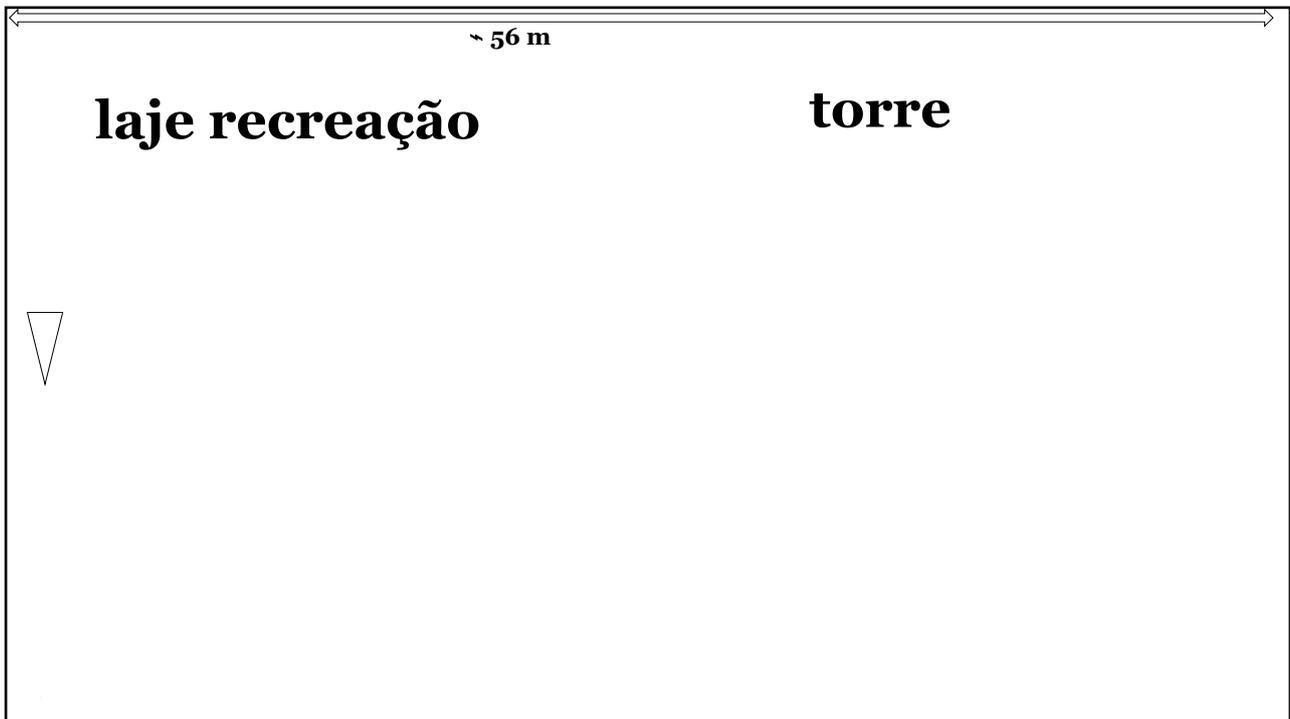
A photo of the Champlain Towers South pool deck shows the slab disconnected from the southern wall during the June 24 collapse. Damage in the failure plain is not uniform, indicating pre-existing damage to portions of the slab at the connection, according to engineer Dawn Lehman. Robert Lisman

<https://www.miamiherald.com/news/special-reports/surfside-investigation/article260418037.html>

84



85



86



October 8, 2018

Champlain Towers South
8777 Collins Avenue
Surfside, FL 33154

Attention: Ms. Maggie Manrara
Treasurer

**Re: Champlain Towers South Condominium
Structural Field Survey Report
MC Job# 18217**

Dear Ms. Manrara:

Morabito Consultants, Inc. (MC) is pleased to submit this structural engineering report of the Field Survey completed at the existing Champlain Towers South Condominium Complex (CTS) in Surfside, FL. The scope of this project includes a review of the existing 12 story plus penthouse 136-unit residential building, below-grade parking garage and at-grade exterior entrance drive, pool and recreation area. MC reviewed a representative sample of ~68 condominium units (half of the total units found in the building) along with the roof, exterior facade (observed from the balconies surveyed), parking garage,

87

[https://www.townofsurfsidefl.gov/docs/default-source/default-document-library/town-clerk-documents/champlain-towers-south-public-records/](https://www.townofsurfsidefl.gov/docs/default-source/default-document-library/town-clerk-documents/champlain-towers-south-public-records/8777-collins-ave---structural-field-survey-report.pdf?sfvrsn=882a1194_2)

[8777-collins-ave---structural-field-survey-report.pdf?sfvrsn=882a1194_2](https://www.townofsurfsidefl.gov/docs/default-source/default-document-library/town-clerk-documents/champlain-towers-south-public-records/8777-collins-ave---structural-field-survey-report.pdf?sfvrsn=882a1194_2)

" The Pool Deck and Entrance Drive areas were reviewed

...

Many of the existing pavers on the pool deck are cracked

...

The joint sealant was observed to be beyond its useful life and are in need to complete replacement

...

The failed waterproofing is causing major structural damage to the concrete structural slab below these areas "

88

- ❖ Pacometria – posição das armaduras
- ❖ Esclerometria - dureza superficial
- ❖ Ultrassom – ninhos de concretagem
- ❖ Testemunhos - f_c e módulo do concreto
- ❖ Cobrimento
- ❖ Espessura de carbonatação
- ❖ Presença e perfil de cloreto
- ❖ Geometria de fissuras
- ❖ **Identificação de áreas problemáticas**



89

Quarta Lição

- ✓ É fundamental proceder a uma inspeção correta e detalhada, realizada por profissionais experientes e certificados que saibam identificar os pontos críticos da estrutura que está sendo inspecionada

“...tudo o que diz a Red DURAR, a ALCONPAT, os CTs do IBRACON, ABNT, IBAPE,... anamense, ensaios, conhecimento do projeto estrutural, cloretos, prospecção...”

90

“Verdaderas” hipóteses do “Gatilho”

→ Fissura com corrosão no muro de divisa OK

→ Punção + corrosão

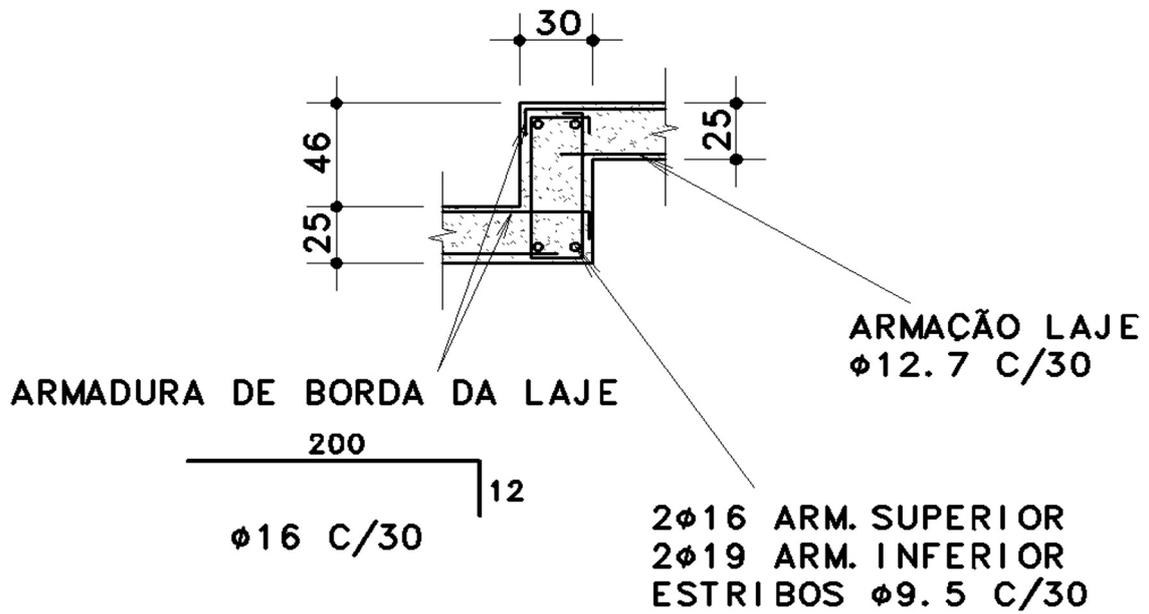
→ Recalque diferencial

91



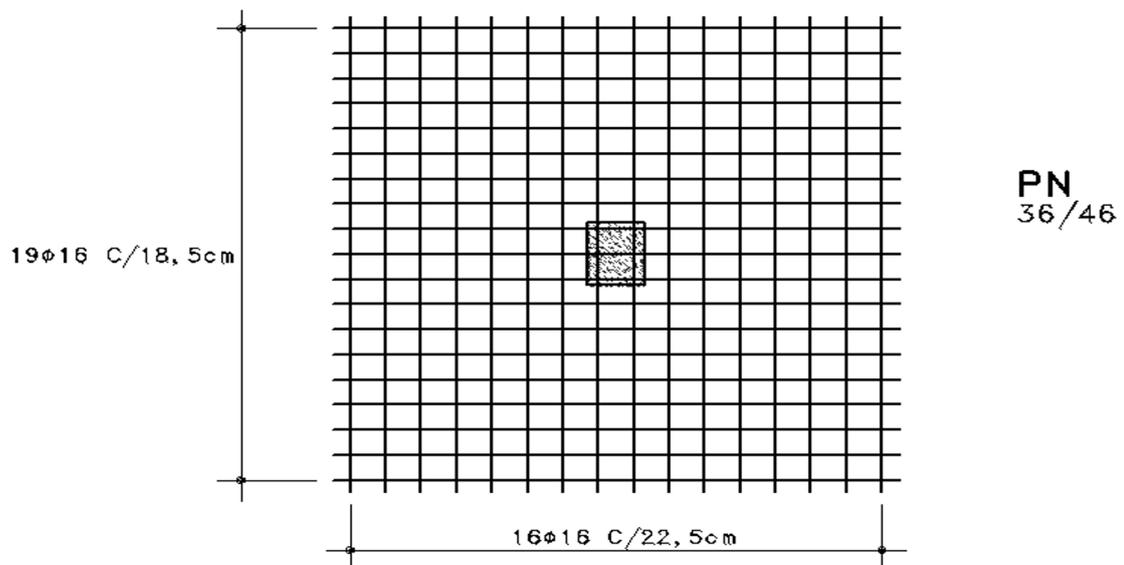
92

ARMADURA LAJE RECREAÇÃO com TÉRREO



95

Armadura SUPERIOR pilares 36x46 cm
Laje área lazer, plana, sem capitel



96

Laje Recreação/Estacionamento → Punção

$e_{\text{nominal}} = 25 \text{ cm} \rightarrow \text{altura útil} \rightarrow d = 22 \text{ cm}$

Carga peso próprio = 625 kgf/m^2

Carga permanente = 325 kgf/m^2 Total : 1.200 kgf/m^2

Carga acidental = 250 kgf/m^2

“área de influencia” ou modelo

Carga no pilar = 50.000 kgf (50tf)

Nota: não foi considerado efeito de momento na cabeça do pilar, nem flexão, portanto uma verificação aproximada da realidade

97

Laje Recreação/Estacionamento → Punção

$f_{ck,laje} = 27,6 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

$f_{ck,pilar} = 41,4 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

Armadura em x = $\phi 16$ cada 15,3cm $\rho_x = 0,60\%$

Armadura em y = $\phi 16$ cada 17,5cm $\rho_y = 0,52\%$

$$\rho = \sqrt{\rho_x * \rho_y}$$

Taxa de Armadura = $0,0056 = 0,56\%$

98

Laje Recreación/Estacionamiento → Punção *resumo*

$$f_{ck,laje} = 27,6 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ck,pilar} = 41,4 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Taxa armadura} = \rho = 0,0056 = 0,56\%$$

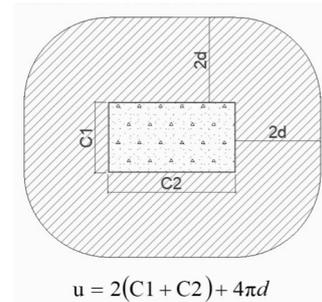
$$\text{Normal solicitante} \rightarrow F_{sd} = 500 * \gamma_f \quad (\text{kN})$$

$$\text{Perímetro crítico} \rightarrow \mu = 440 \text{ cm}$$

$$\text{Altura útil } d = 22 \text{ cm}$$

$$C1 = 36 \text{ cm} \quad C2 = 46 \text{ cm}$$

Contorno C'



99

apartado 20.12

“Punzonamiento”

pág. 418 a 422

Hormigón Armado

14^o Edición

Refere-se a EHE

Publicada em 2000

Pedro Jiménez Montoya
Álvaro García Meseguer
Francisco Morán Cabre



100

EHE 2000 → Punção

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) * \sqrt[3]{(100 * \rho * f_{ck})}$$

$$\tau_{sd} = \frac{\beta * F_{sd}}{\mu * d}$$

101

Norma Espanhola EHE 2000 → Punção

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{200/220}\right) * (100 * 0,0056 * 27,6)^{1/3} = \mathbf{0,58 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{200/220}\right) * (100 * 0,0056 * 41,4)^{1/3} = \mathbf{0,63 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{sd} = \frac{\beta * F_{sd}}{u * d} = \frac{1,15 * 500kN * \gamma_f}{440cm * 22cm} = 0,59 \text{ MPa} * y_f$$

102

EHE 2000 → Punção

$$\tau_{Sd} < \tau_{Rd}$$

$$\tau_{Rd} = \mathbf{0,58 \text{ a } 0,63 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{Sd} = \mathbf{0,59 * \gamma_f}$$

(1,5 ?!)

$$\gamma_f = \mathbf{0,98 \text{ a } 1,07}$$

103

NBR 6118:2014 Cálculo da Solicitante à Punção

Pilar interno, carregamento simétrico (sem efeito de momento)

$$\begin{aligned} \tau_{Rd} &= 0,13 * \left(1 + \sqrt{20/d}\right) * (100 * \rho * f_{ck})^{1/3} = \\ &= 0,13 * \left(1 + \sqrt{20/22}\right) * (100 * 0,56\% * 27,6)^{1/3} = 0,63 \text{ MPa} \\ &41,4 \rightarrow 0,72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{u \times d} = \frac{500kN * \gamma_f}{440cm * 22cm} = 0,52 \text{ MPa} * \gamma_f$$

$$\gamma_f = \mathbf{1,21 \text{ a } 1,38} \quad \mathbf{(1,4 ?!)}$$

104

ACI 318:14 Punção

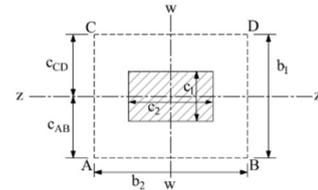
$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{f_{ck}}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{27,6} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{41,4} = 1,60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u_1 * d} + \frac{\gamma_v * M_{sd} * b_1 / 2}{J_c}$$

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u_1 * d} = \frac{500kN * y_f}{252cm * 22cm} = 0,90 \text{ MPa} * y_f$$



105

ACI 318:14 Punção

$$\tau_{Rd} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Rd} = 1,60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sd} = 0,90 \text{ MPa} * y_f$$

(1,5 ?!)

$$y_f = 1,45 \text{ a } 1,77$$

Obs.: ACI é muito diferente. Neste caso não passa a armadura de flexão, por exemplo.

106

fib Model Code:2010 Punção

$$F_{Rd} = k_{\Psi} * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} * b_0 * d$$

$$F_{Rd} = 0,214 * \frac{\sqrt{27,6}}{1,5} * 2100\text{mm} * 220\text{mm} = 347 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 0,214 * \frac{\sqrt{41,4}}{1,5} * 2100\text{mm} * 220\text{mm} = 424 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} = 500 \text{ kN} * y_f$$

107

fib Model Code:2010 Punção

$$F_{Rd} = 347 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 424 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} = 500 * y_f$$

(1,5 ?!)

$$y_f = \mathbf{0,69 \text{ a } 0,85}$$

Obs.: comparativo de esforços resistente versus solicitante.

108

ACI 318:

$$\gamma_f = 1,45 \text{ a } 1,77$$

fib Model Code:2010:

$$\gamma_f = 0,69 \text{ a } 0,85$$

Norma Espanhola EHE.2000:

$$\gamma_f = 0,98 \text{ a } 1,07$$

NBR 6118:2014 → contorno C'

$$\gamma_f = 1,21 \text{ a } 1,38$$

+retração + efeitos térmicos + recalque diferencial + corrosão

109

Quinta Lição

- ✓ As normas não são iguais, evite usar só um pedaço de uma misturado com outra
- ✓ É essencial proceder com uma revisão por pares do projeto estrutural antes de começar a construir, realizada por especialistas que saibam identificar os pontos críticos da estrutura.

“...norma brasileira ABNT NBR 6118 prescreve ATP...”

110

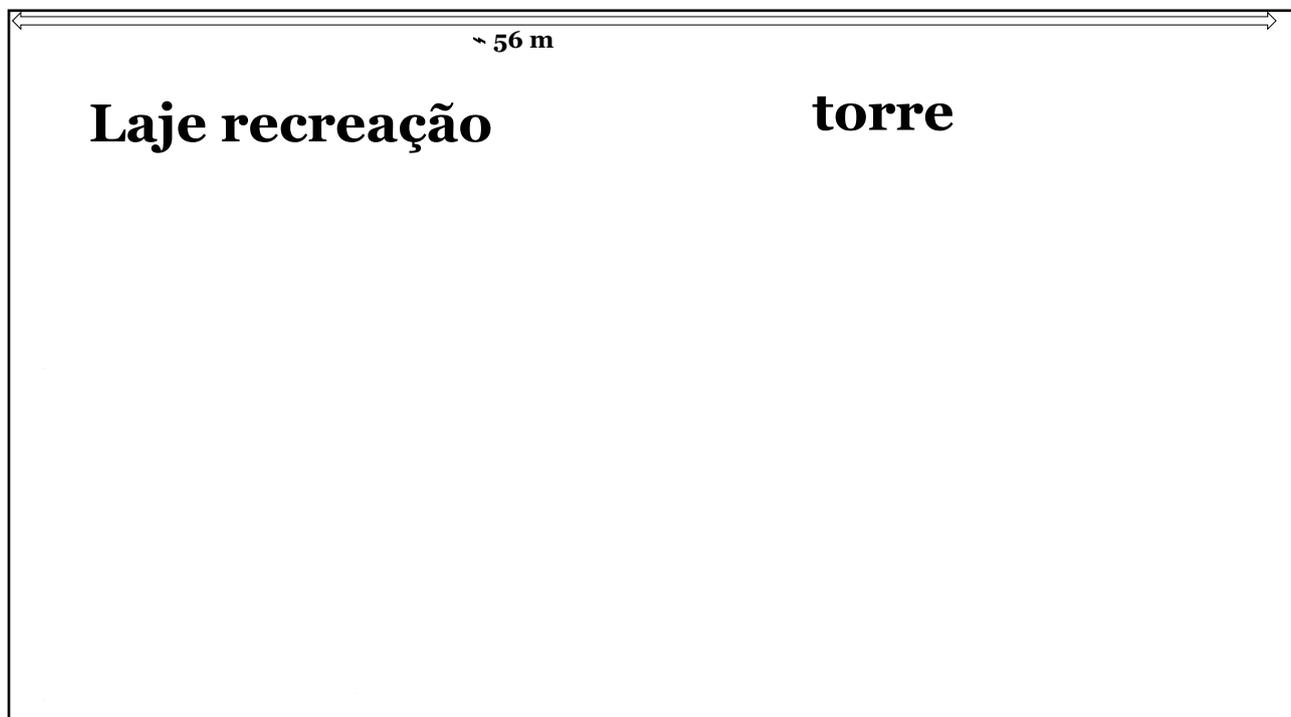
“Verdadeiras” hipóteses do “Gatilho”

→ Fissura + corrosão no muro de divisa - OK

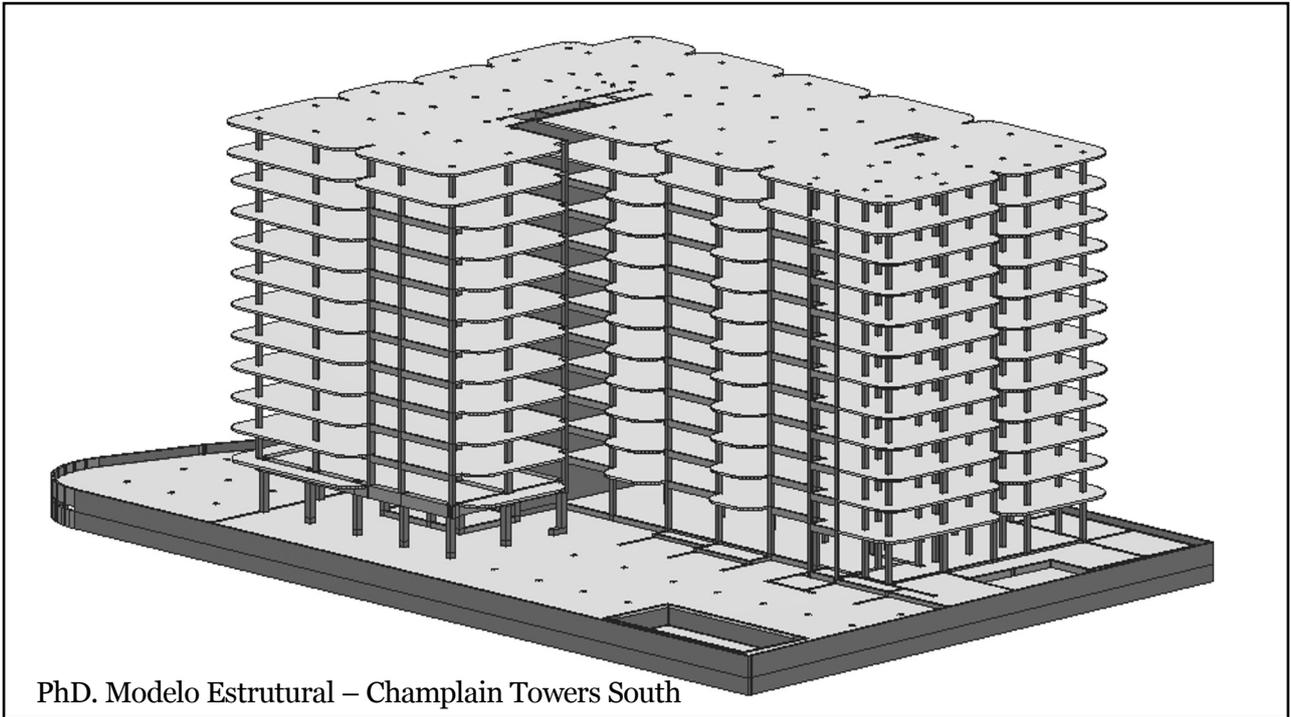
→ Punção + corrosão - OK

→ Recalque diferencial + corrosão

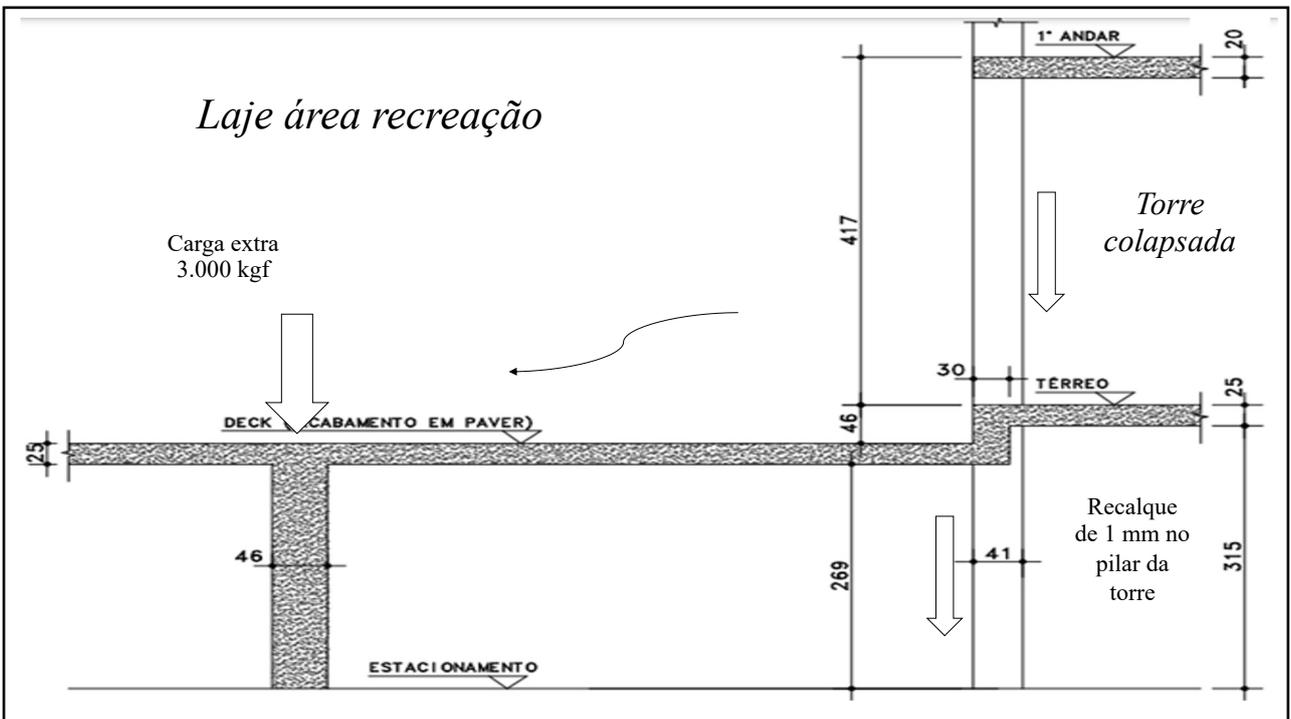
111



112



113



114

EHE 2000 Recalque Diferencial

$$\gamma_f = 0,69; 0,98; 1,21 \text{ e } 1,45 = 1,09$$

Carga nos pilares = 50.000 kgf

Recalque 1 mm \rightarrow carga extra \approx 3.000 kgf

$$\gamma_f = 1,02$$

115

EHE 2000 Recalque Diferencial

$$\gamma_f = 0,69; 0,98; 1,21 \text{ e } 1,45 = 1,09$$

Carga no Pilar = 50.000 kgf

Recalque 2 mm \rightarrow carga extra \approx 6.300 kgf

$$\gamma_F = 0,97$$

116



117

O que recomendar à Champlain Towers North ??

1. Proibir estacionar carro
2. Revisar projeto
3. Inspeccionar fisuras (muro e cabeça pilar)
4. Promover junta dilatação (consoles)
5. Verificar conceito de robustez

118



Shoring is visible around at least 11 columns at Champlain Towers North, sister building to the Champlain Towers South condo that collapsed in June 2021.

119

Lições Aprendidas

- ❖ Transparência para a Sociedade e valorização da Engenharia
- ❖ ATP (análise técnica de projeto, revisão por pares)
- ❖ ATO (acompanhamento técnico de obra, supervisão e controle)
- ❖ ATU (acompanhamento técnico do uso, inspeção periódica)
- ❖ Obras de manutenção preventiva e corretiva – vida útil
- ❖ Cuidado com água e não menosprezar corrosão
- ❖ Escolher profissionais bem preparados (certificação, CV)

120



121