

Colapso do edifício Champlain Towers, Miami Surfside

Lições Aprendidas



Prof. Paulo Helene

*Diretor PhD Engenharia
Diretor Presidente do IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Fundador e Ex Presidente ALCONPAT Internacional
Deputy-Chairman fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU, SEESP e PMSF*



IBRACON.Regional Santa

04 de julho de 2023

Curitiba.SC

1

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

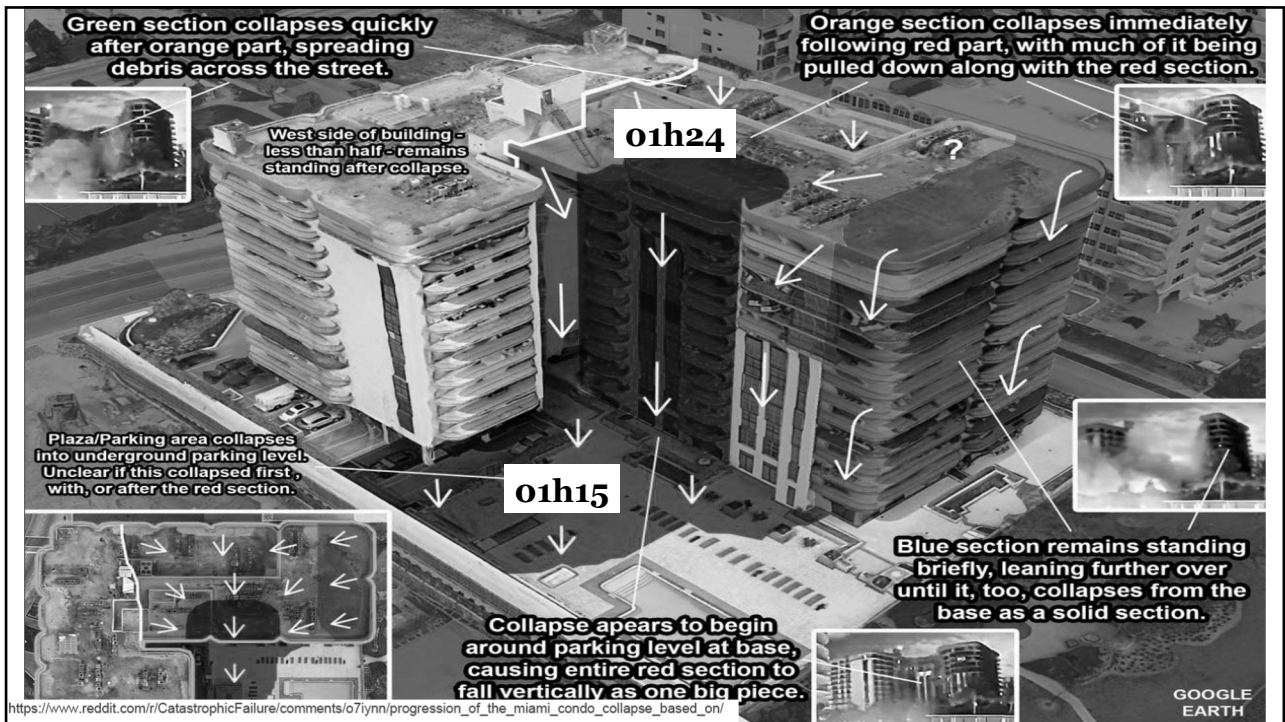
24 de Junho de 2021 40 anos de idade

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, 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.

Descargo de responsabilidad: Esta presentación es solo para fines educativos. Las hipótesis, opiniones y puntos de vista expresados en esta presentación representan la opinión del autor y no representan una posición oficial o legal del gobierno, IBRACON, PhD Engenharia, USP, ALCONPAT, o cualquiera de las partes involucradas en este colapso. Además, esta presentación no es un asesoramiento legal ni un informe judicial.

2



3

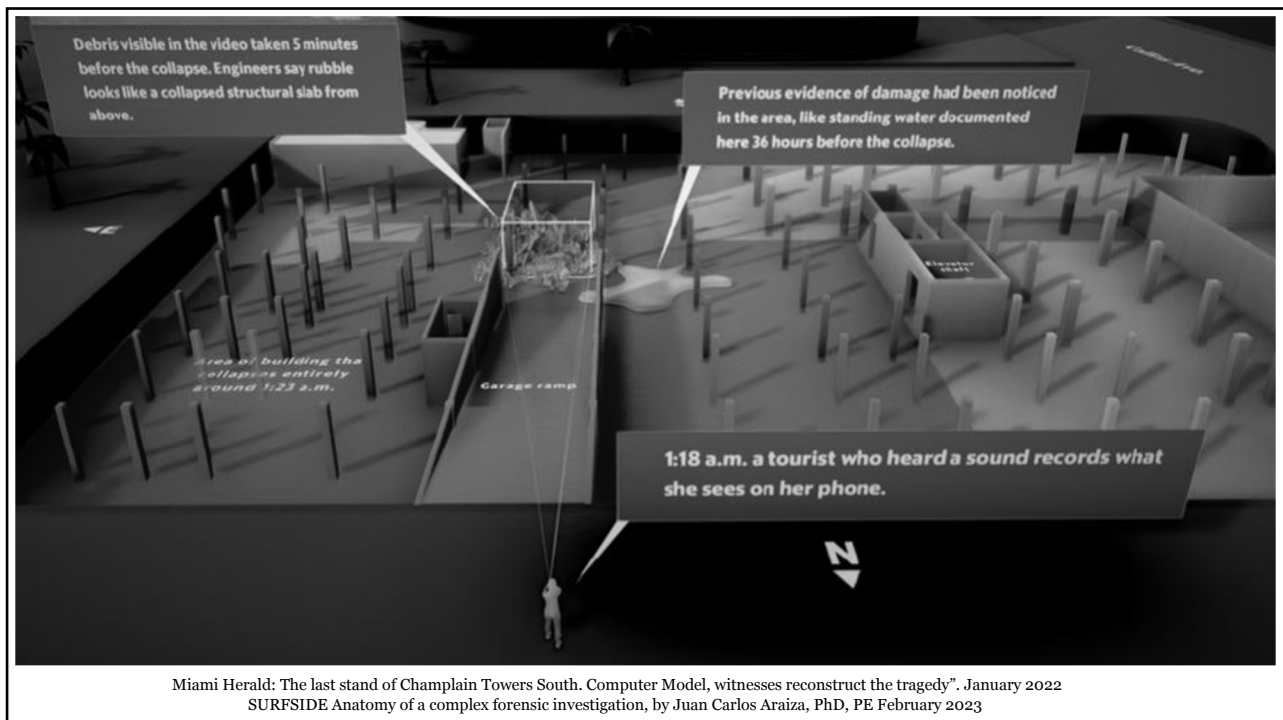


4

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

CNN US Crime + Justice Energy + Environment Extreme Weather Space + Science

South Florida apartment building evacuated after engineers deem it structurally unsafe

By Amanda Musa and Melissa Alonso, CNN
🕒 Updated 1733 GMT (0133 HKT) April 5, 2022



More From CNN



Doja Cat stuns at Grammys red carpet in dreamy Versace gown



Rare black lion tamarin born at Jersey Zoo

REPERCUSSÕES

8

US
Crime + Justice
Energy + Environment
Extreme Weather
Space + Science

Related Article: After Surfside tower collapse, condo residents in Florida and beyond wonder if they should worry

belongings. The city will schedule a time for residents to come back later this week to pick up heavier furniture and large items," Cabrera said in an email to CNN.

USA company, Live in São Paulo
Find Jobs Online | Search Ads

254x282x400cm
Marrom Nateral
Leroy Merlin

SPONSORED CONTENT

E num piscar de olhos, eles deixaram de ser celebridades

Investing.com - BR

Recommended by **Outbrain**

In July, North Miami Beach ordered the evacuation of a 10-story building, Crestview Towers, after a report determined the building's structure to be unsafe. The residents have not yet returned, Cabrera said.

"The residents at Crestview have not been allowed back to the property because the structural repairs just started two weeks ago," Cabrera told CNN. "The electrical repairs have not started yet. Therefore, the building is still unsafe until the property completes the repairs needed for re-occupancy."

REPERCUSSÕES imediatas !

PAID CONTENT

Smartfeed

9

Colapso Champlain Towers South

website oficial do NIST

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/data-portal>

NIST Disaster Data Portal

10

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.

11

NIST[View as a Web Page](#)

NEWS

May 31, 2023, Champlain Towers South Investigation Update: Second Warehouse Will Allow New Phase of Testing

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.

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.

12



13



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”

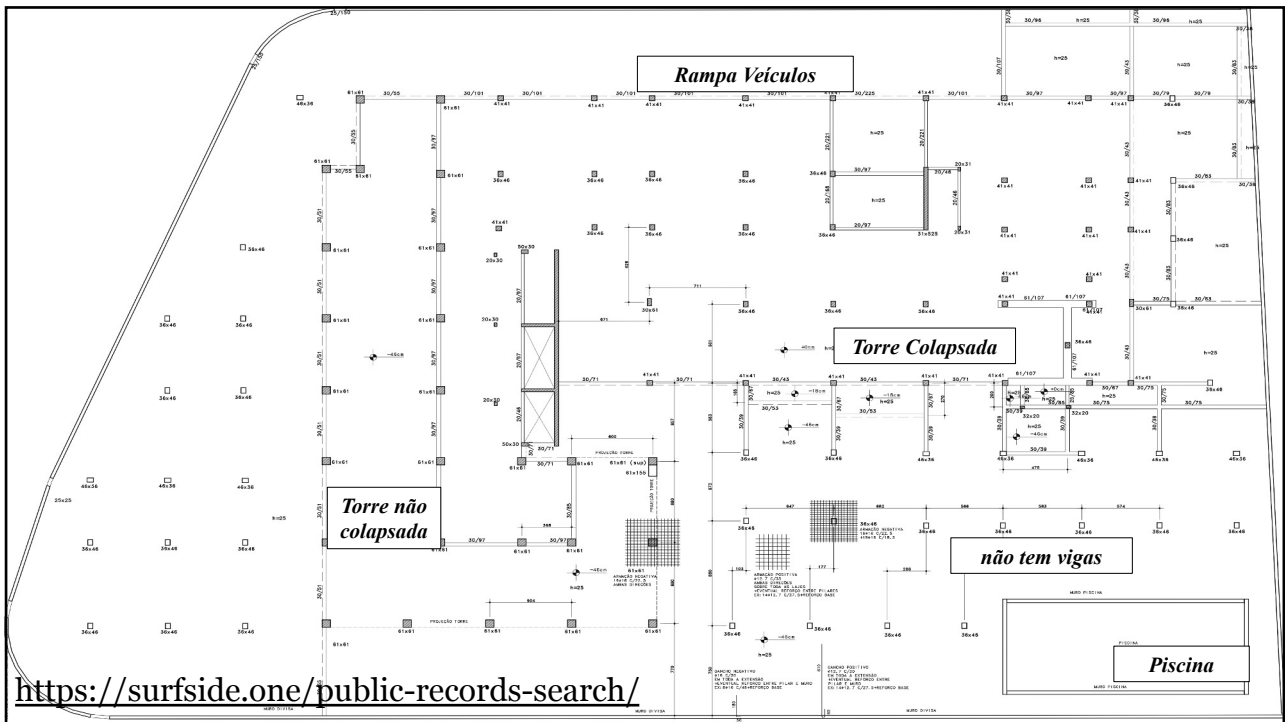
15

Sobre a sequência do colapso há consenso:

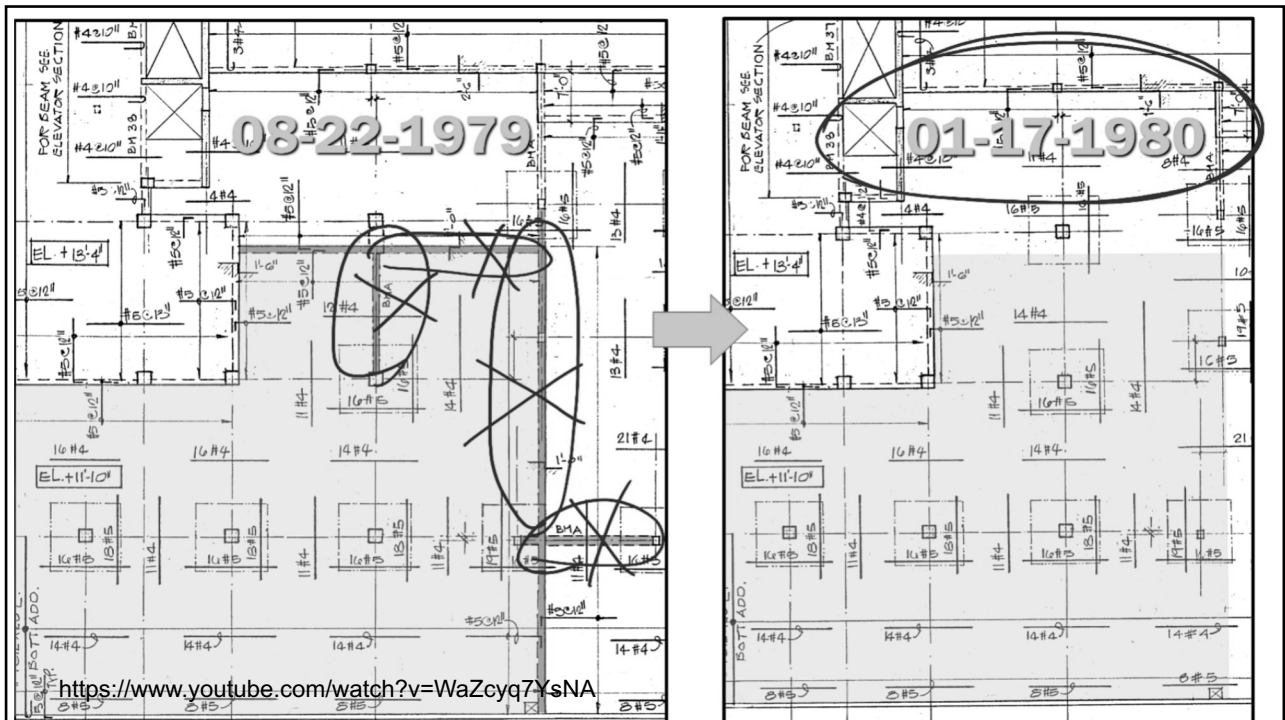
1. laje de recreação
2. 1ª parte da torre
3. 2ª parte da mesma torre
4. 3ª parte da mesma torre
5. parte lateral da torre



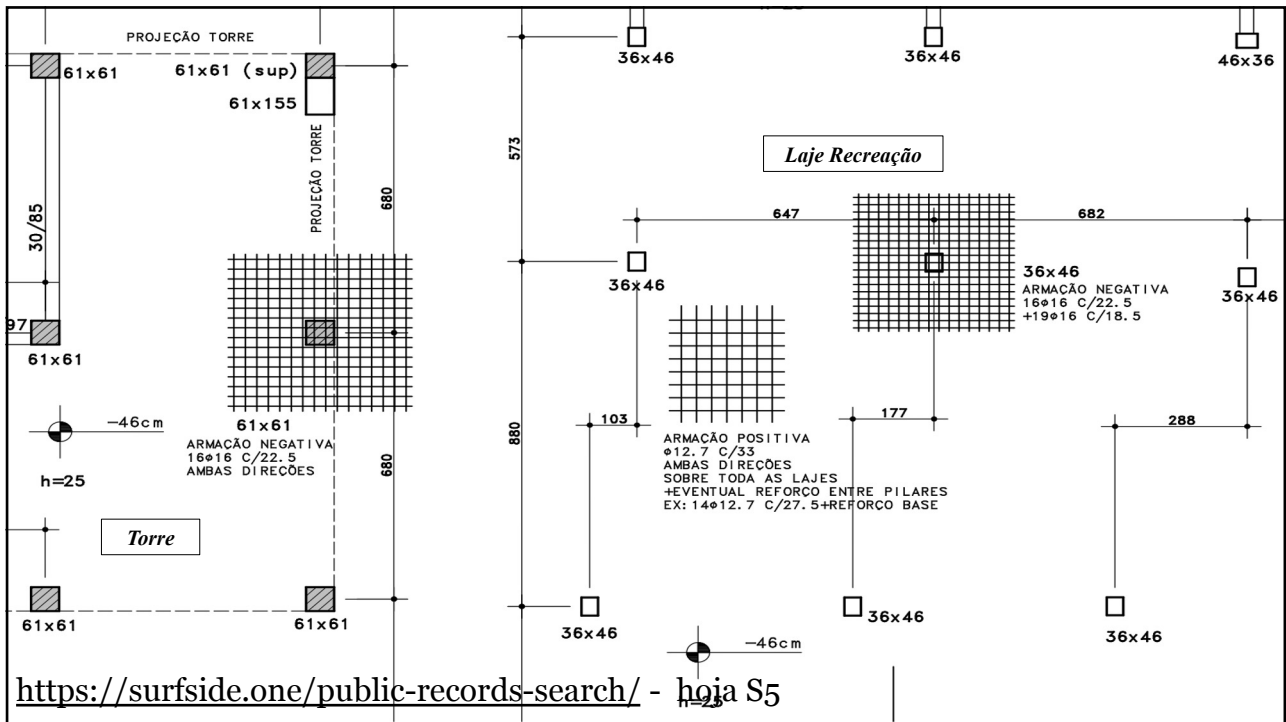
16



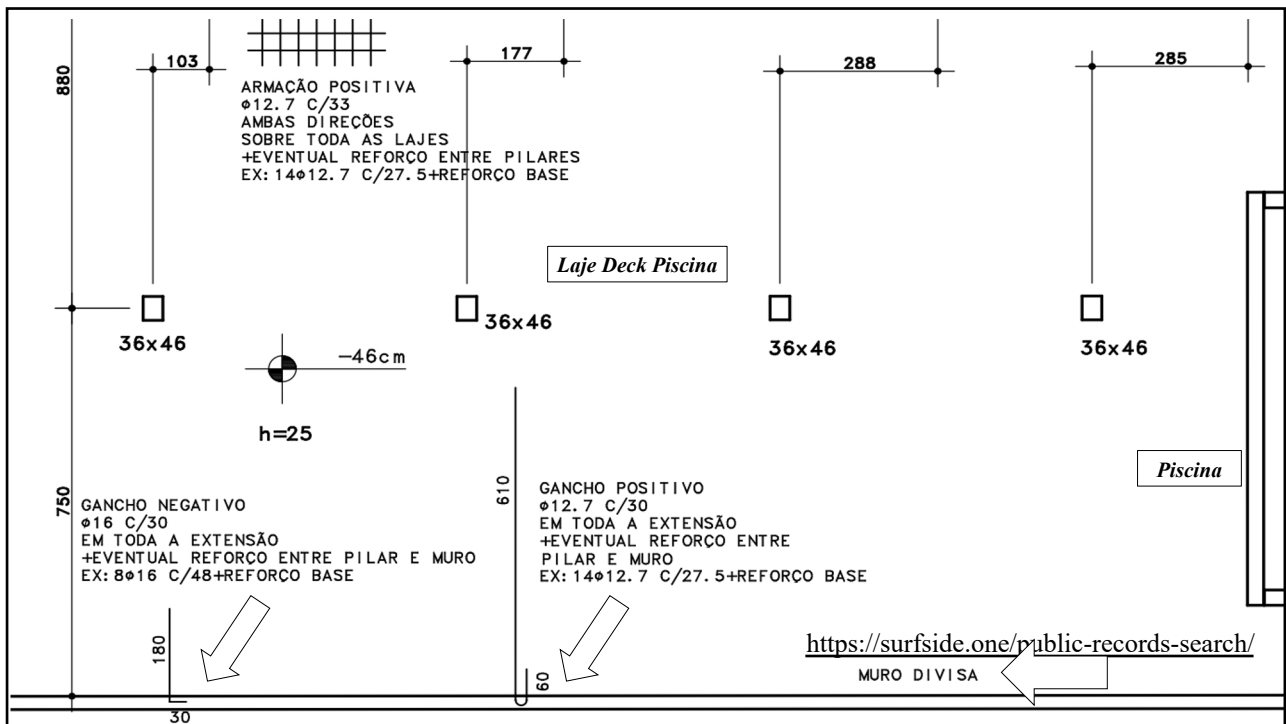
19



20



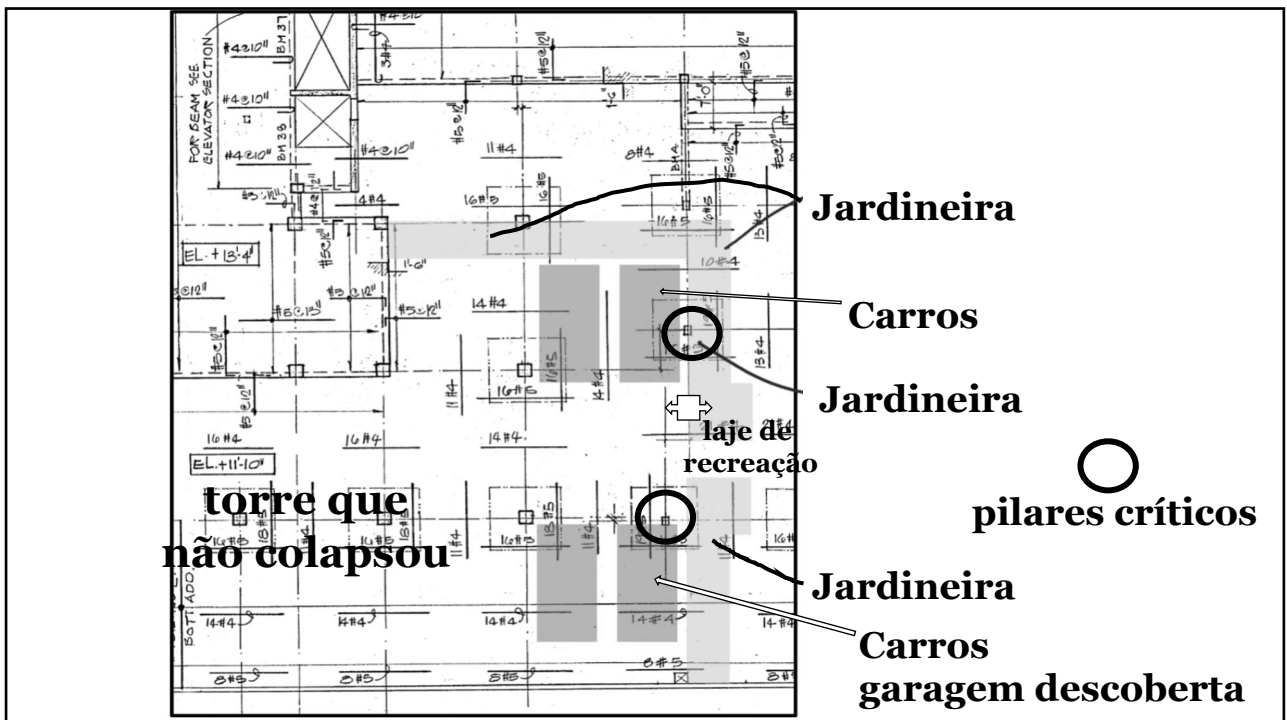
21



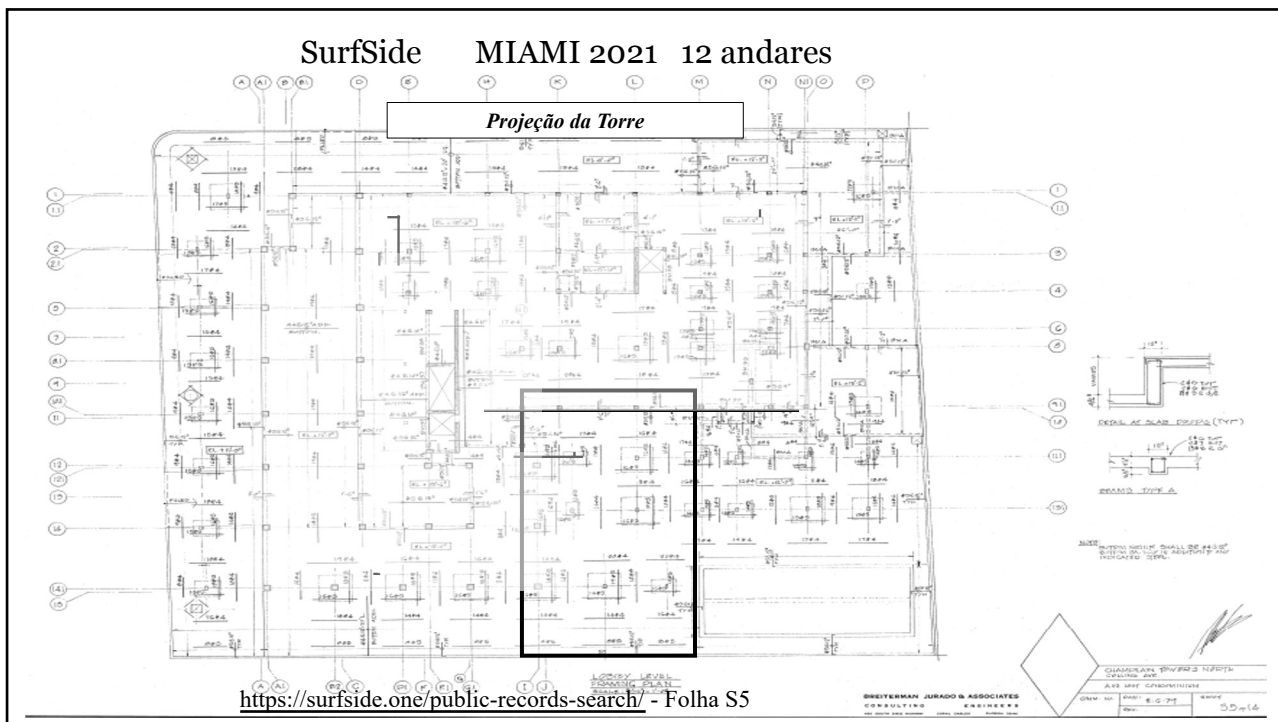
22



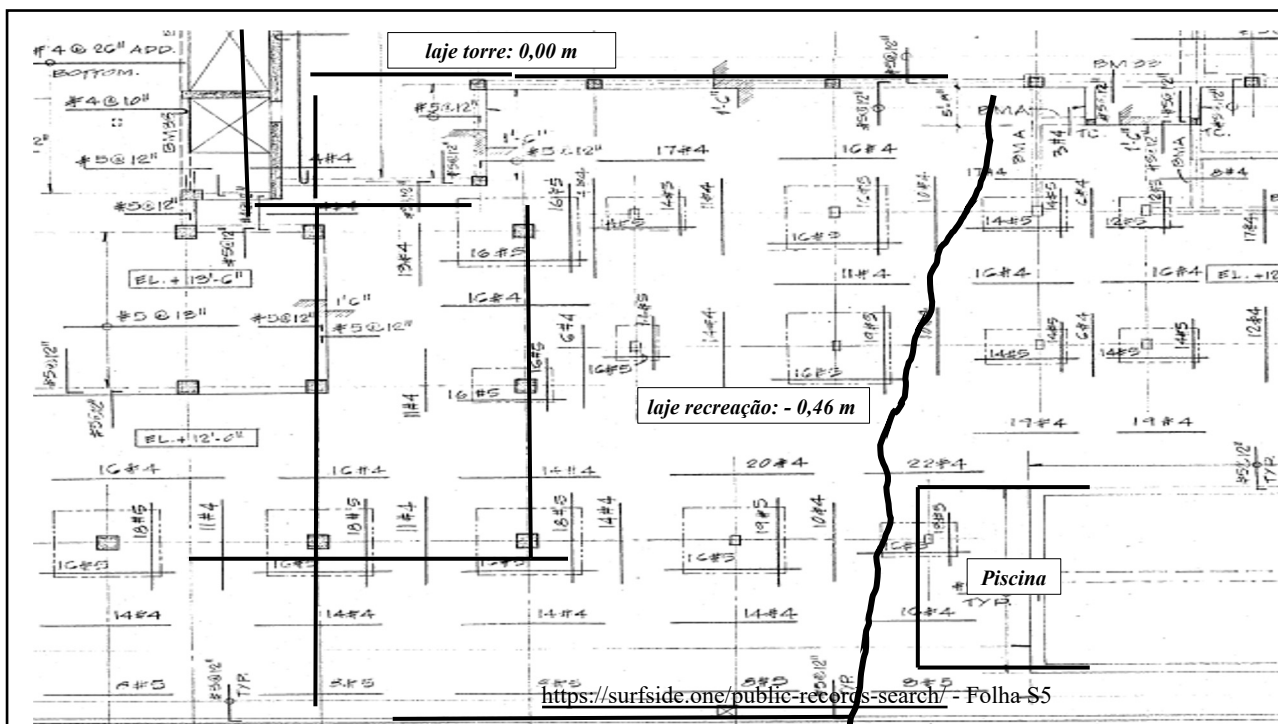
23



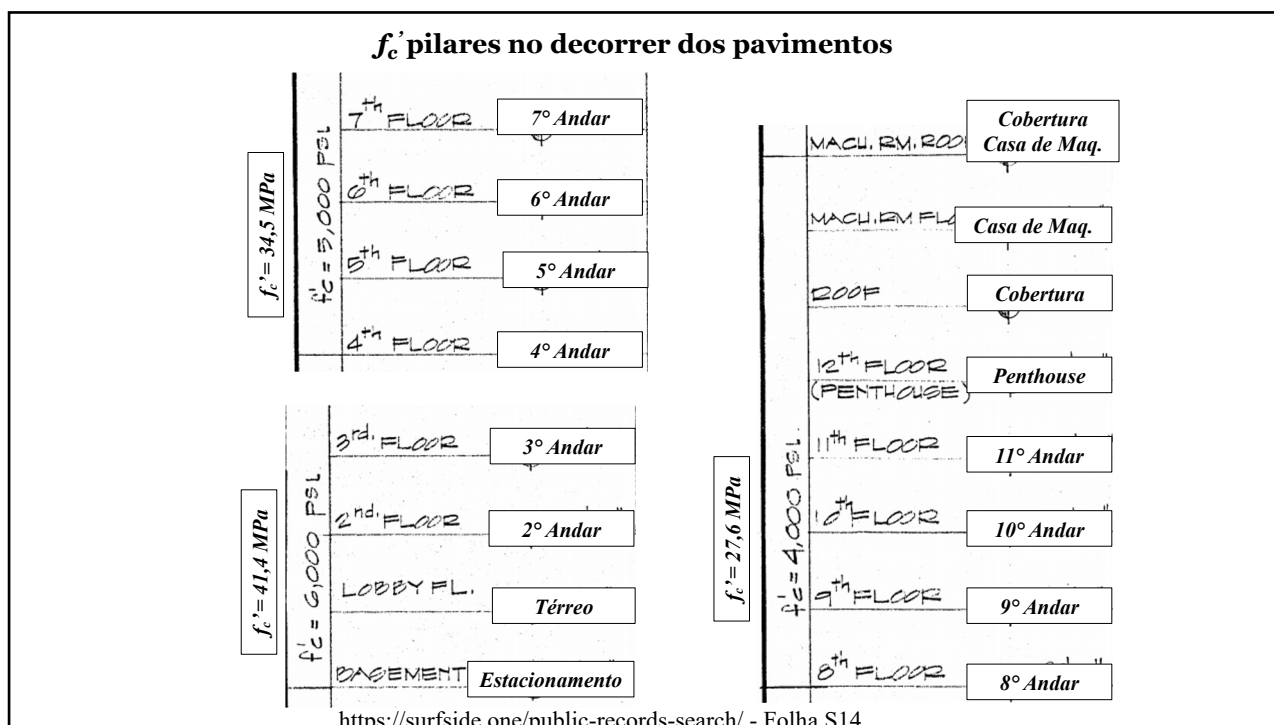
24



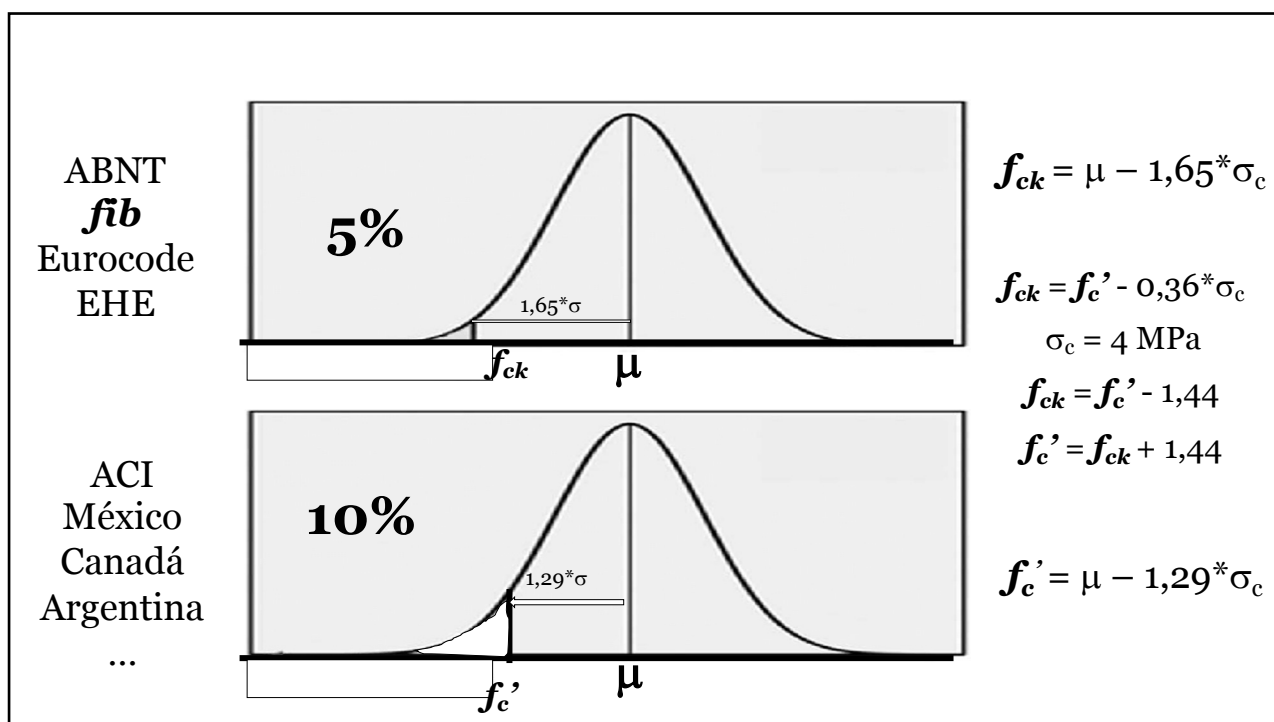
25



26



27



28

- ✓ 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

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



Pilares

<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



Lajes

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

34

Punção

ilustração

35



36

Piscina de Centro Esportivo



37



38



39



40



41

Paulo Helene

MANUAL

PARA REPARO,

REFORÇO E

PROTEÇÃO DE

ESTRUTURAS

DE CONCRETO

Projeto de Divulgação Tecnológica

PINI
EDITORA

POSROC

Punção

Manifestação Típica

42



Laje

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

43

MENU

G1

ESPÍRITO SANTO

tvgozetv

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 G+ 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

44

<http://www1.folha.uol.com.br/cotidianos/2016/07/798337-bombeiros-buscam-desaparecido-apos-desabamento-em-predio-na-es-diz-tv.shtml>



45

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



46



47

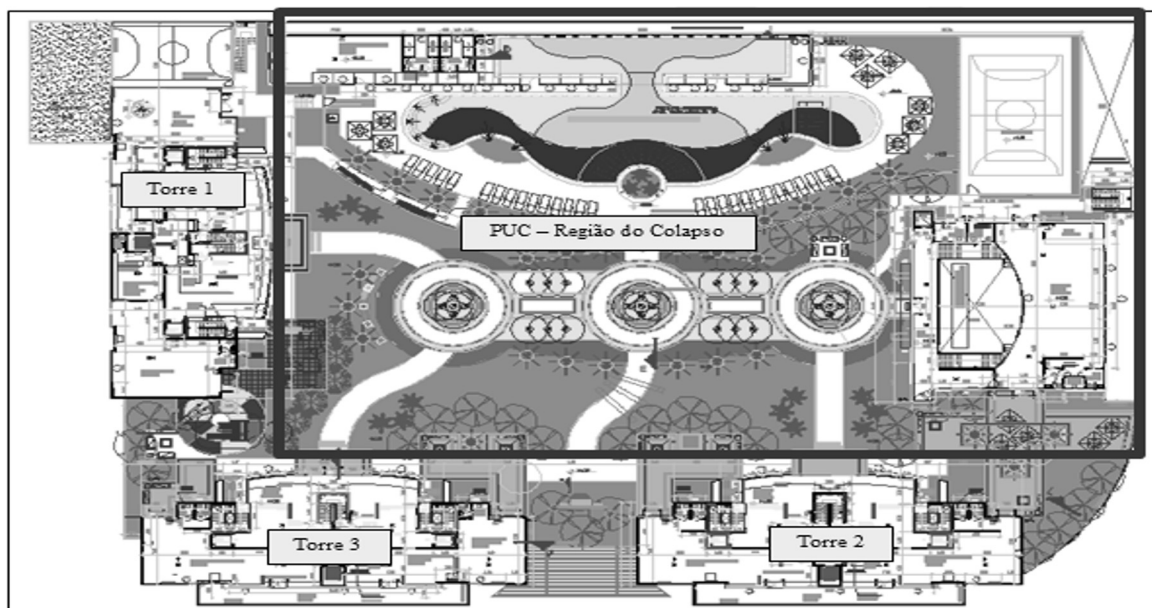


48

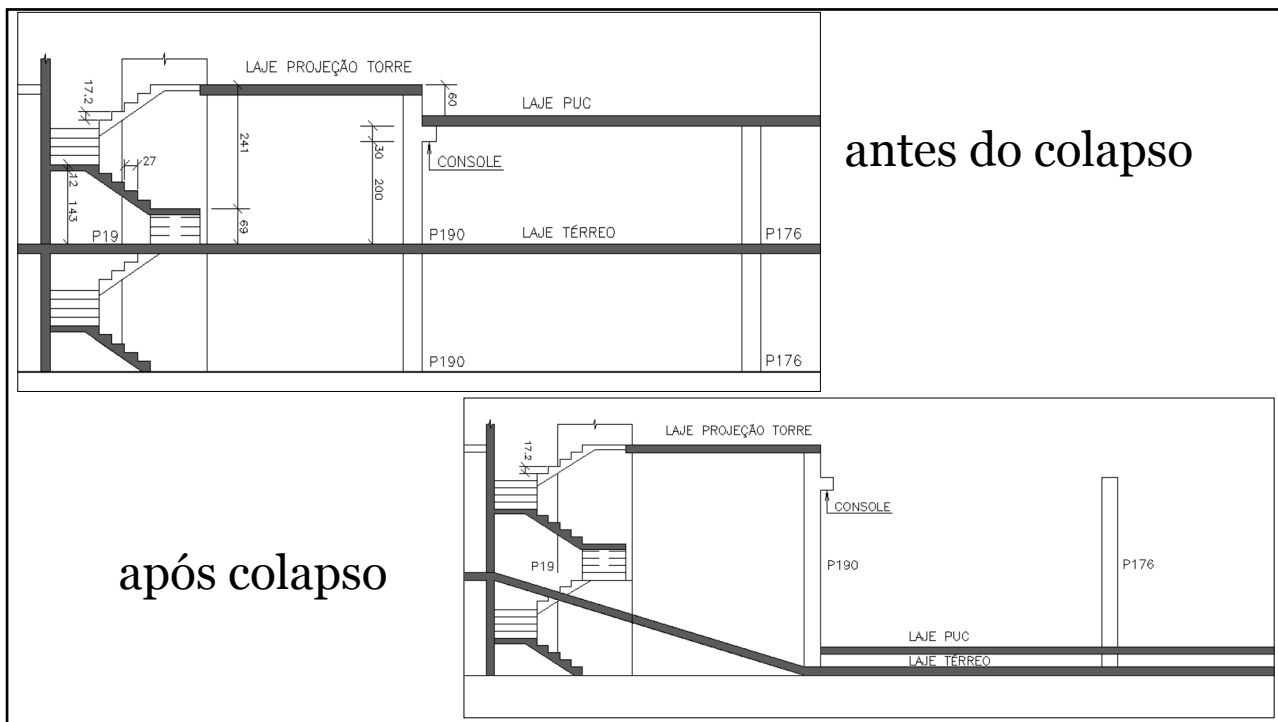


49

- 19.07.2016 (03 h)
- 6 anos de idade



50



51



52



53



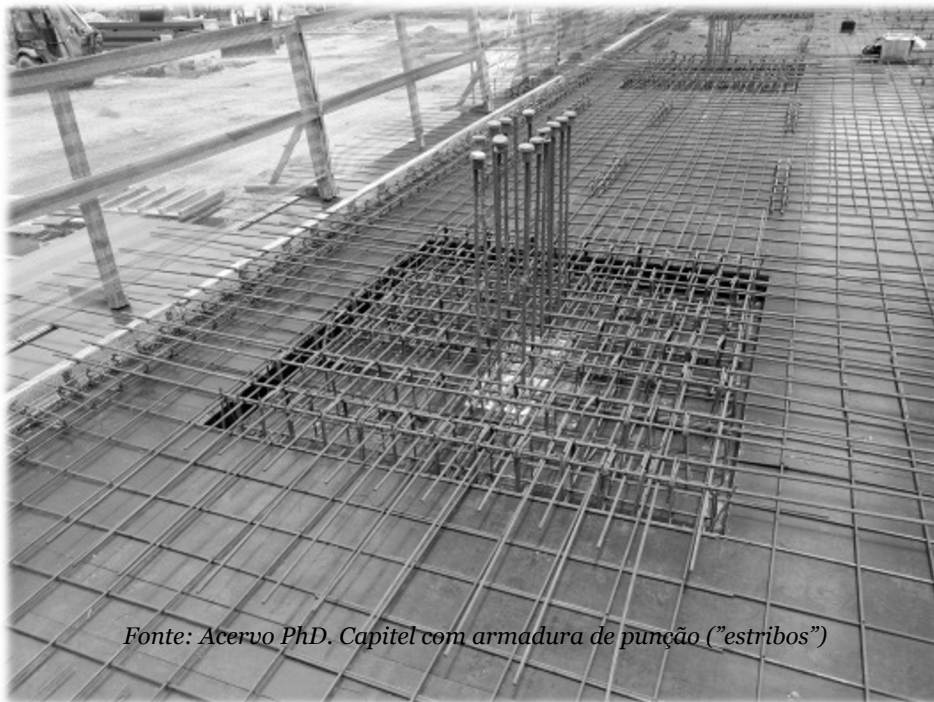
54



55



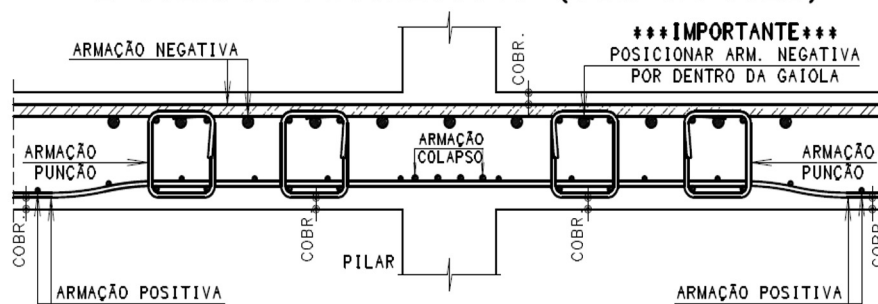
56



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

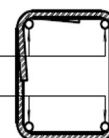
57

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

58

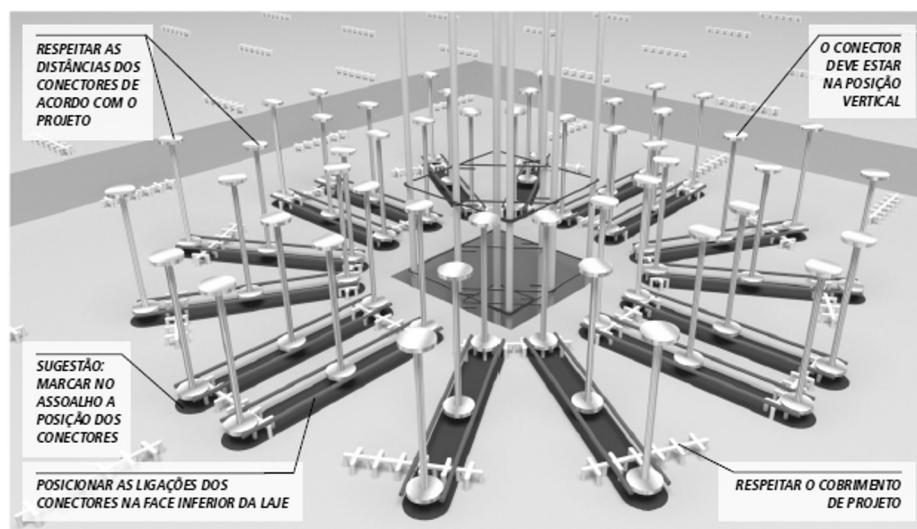
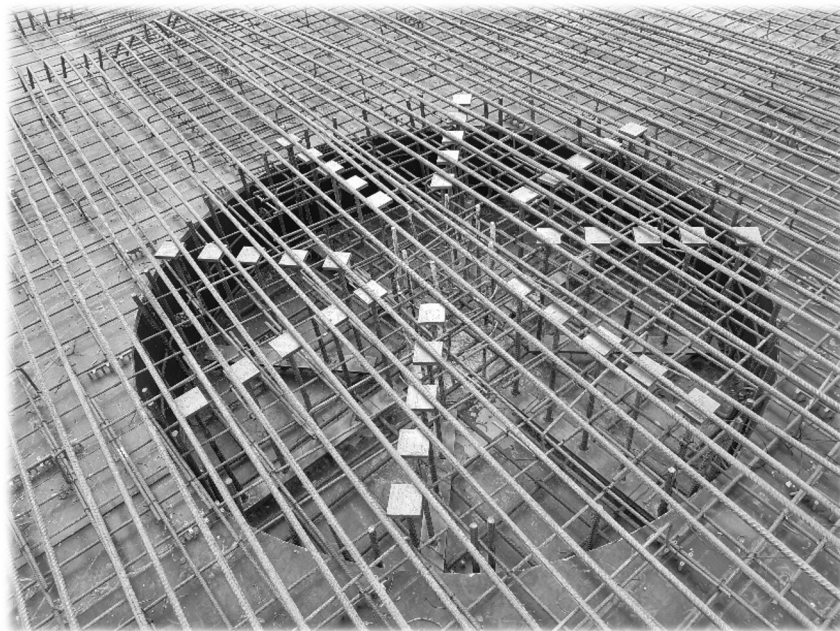


Figura 5.8
ETAPA 1 | Posicionamento dos conectores/studs

Fonte: Manual de Boas Práticas. Montagem das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado. Jorge Nakashima (Sartoro) & Larissa Arakawa Martins, 2021



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

“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

61

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

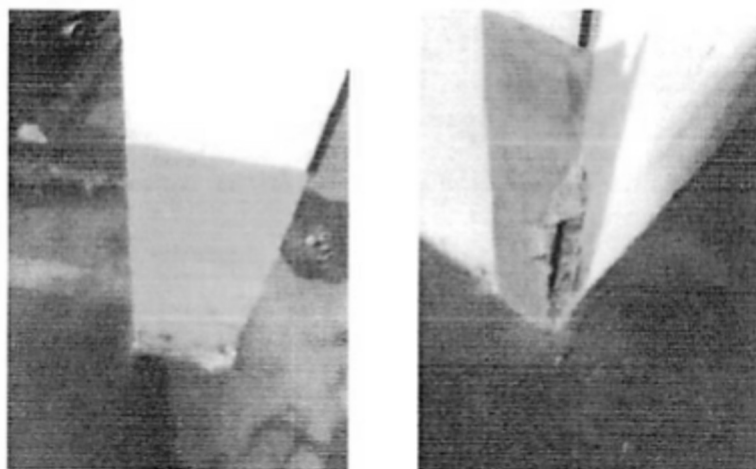
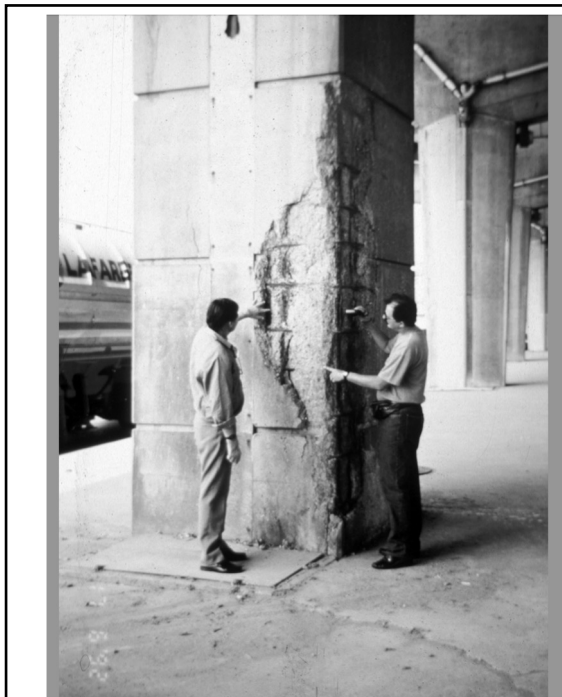
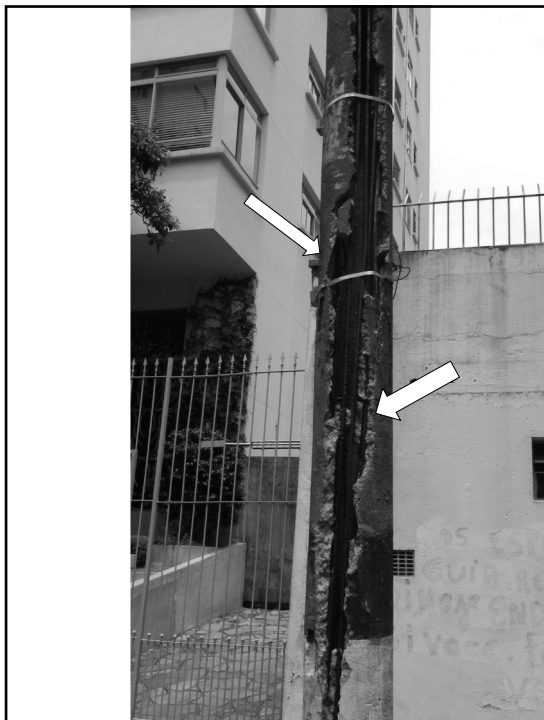


Figure J1: Typical cracking and spalling at parking garage columns

62



63



64

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

65



66

O geofísico **Mika McKinnon** apontou uma série de falhas no plano de **Elon Musk** para cavar túneis em **Miami**, como a sua empresa **The Boring Company** tem feito em várias outras cidades dos **Estados Unidos**. Em entrevista ao site *Curbed*, McKinnon explicou que o solo embaixo da cidade da Flórida é composto de um cárstico de calcário altamente dissolúvel, que é cheio de cavidades e cavernas – assim como o solo do oceano.



Esse seria o motivo pelo qual Miami não possui um sistema de metrô, e também porque a grande maioria das casas da cidade não tem porões. Essa característica geográfica também faz com que a cidade seja particularmente suscetível a inundações.

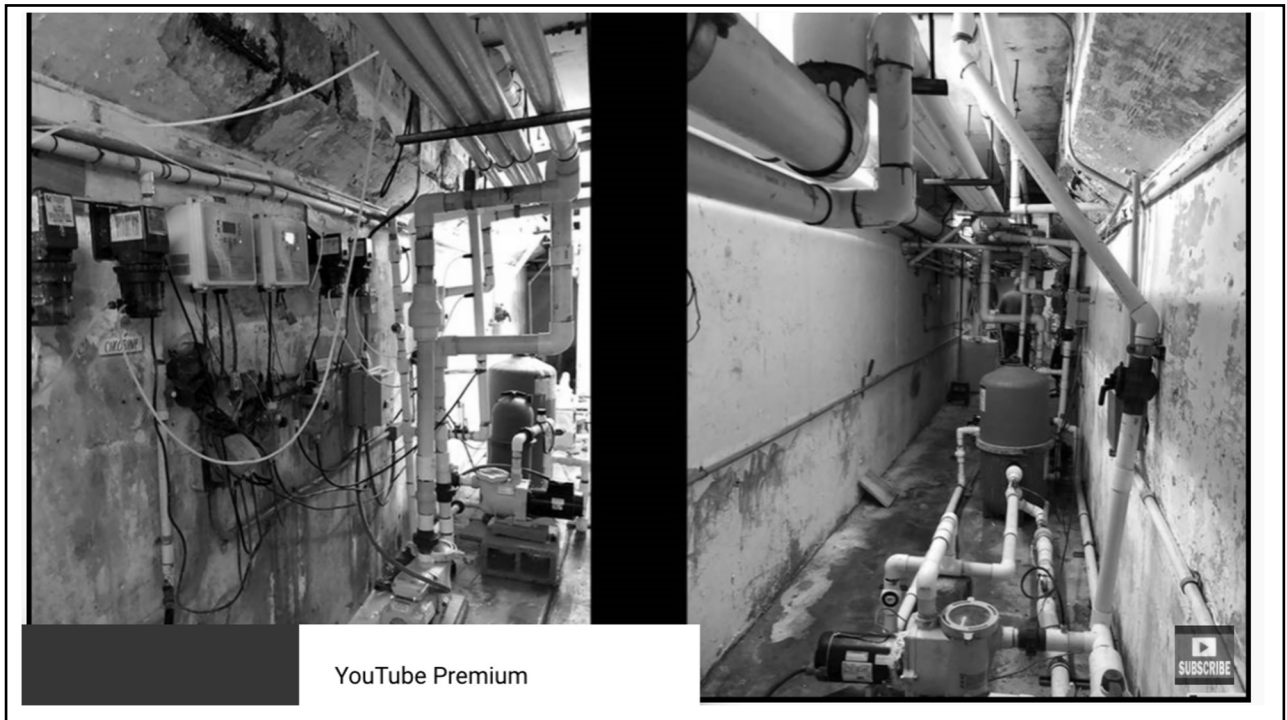
Por causa disso, ela necessita de um complexo sistema de bombeamento apenas para garantir que suas ruas são navegáveis por carros. Isso mesmo em épocas em que não há grandes tempestades na região.

67

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

68



YouTube Premium

69



70

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

71

Terceira Lição

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

72

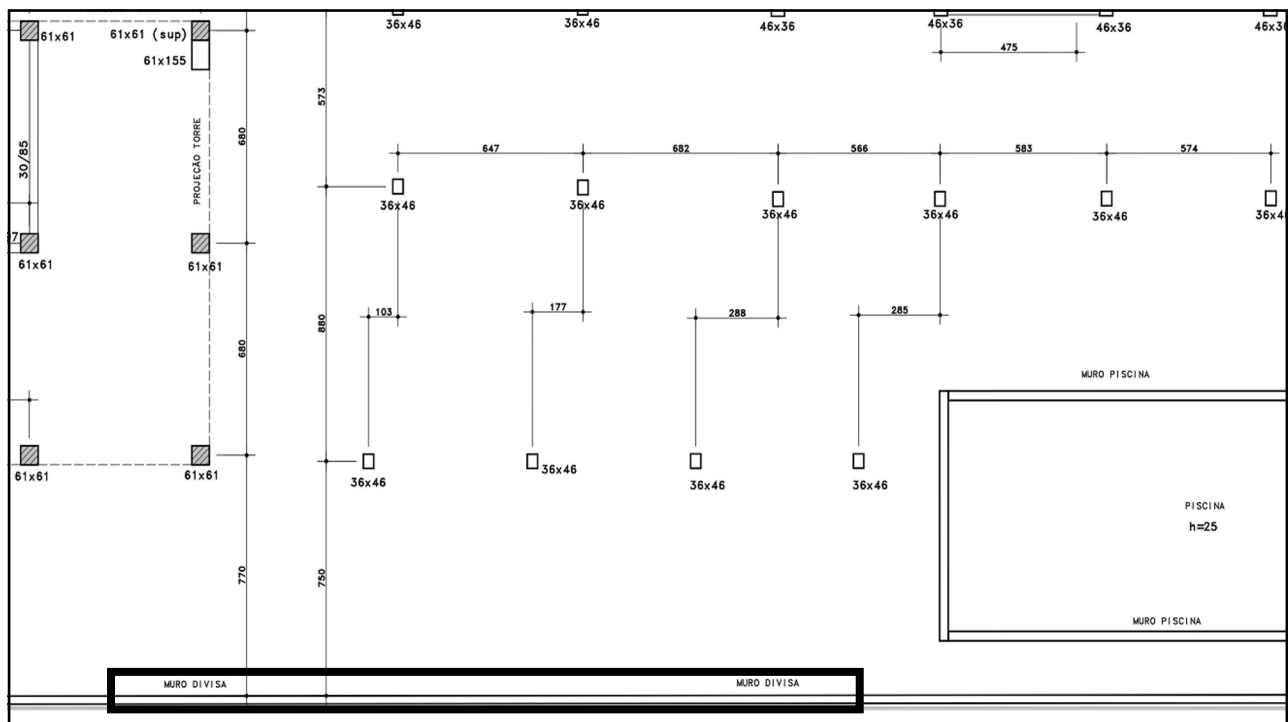
“Verdadeiras” hipóteses do “Gatilho”

→ Fissura + corrosão → muro de divisa

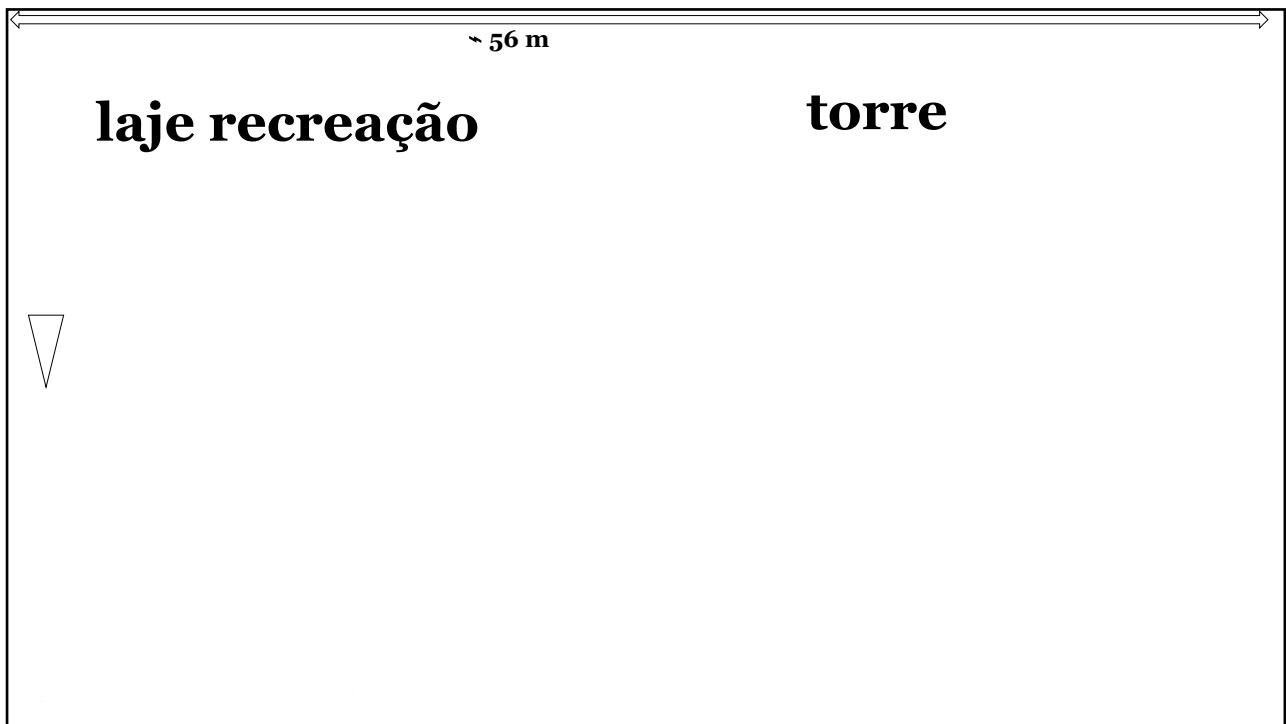
→ Punção + corrosão → laje recreação

→ Recalque diferencial → punção laje

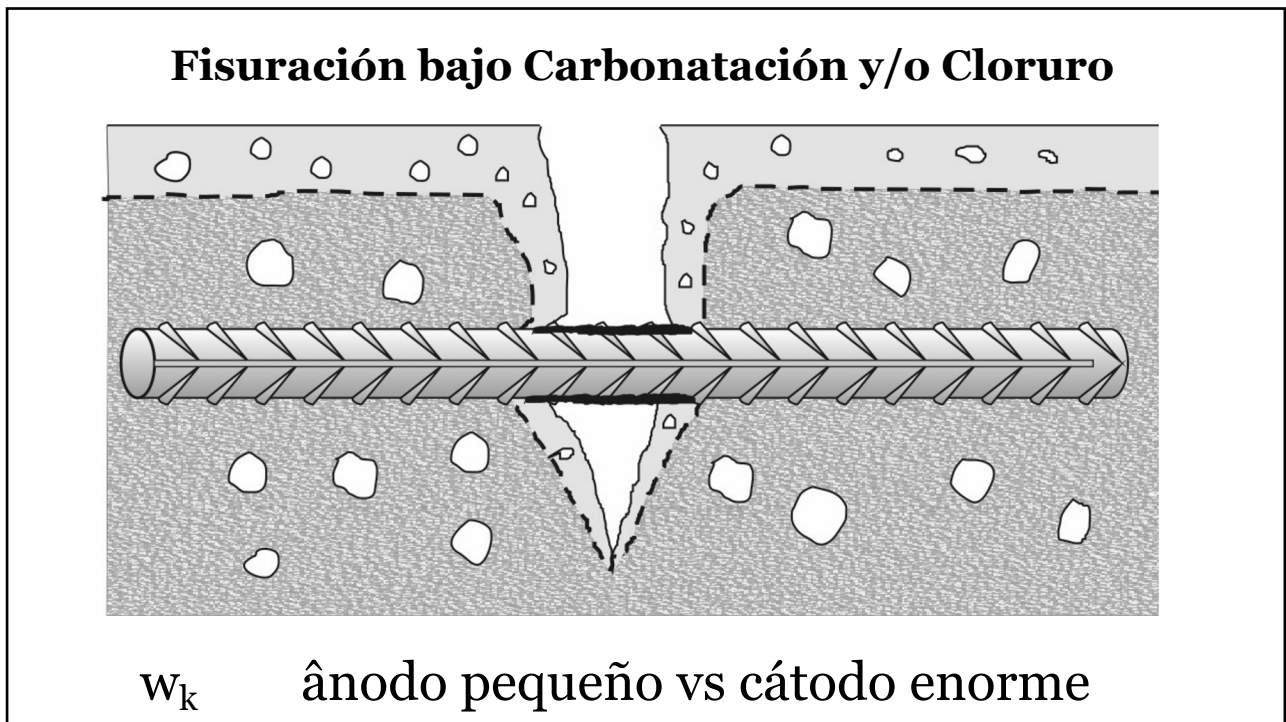
73



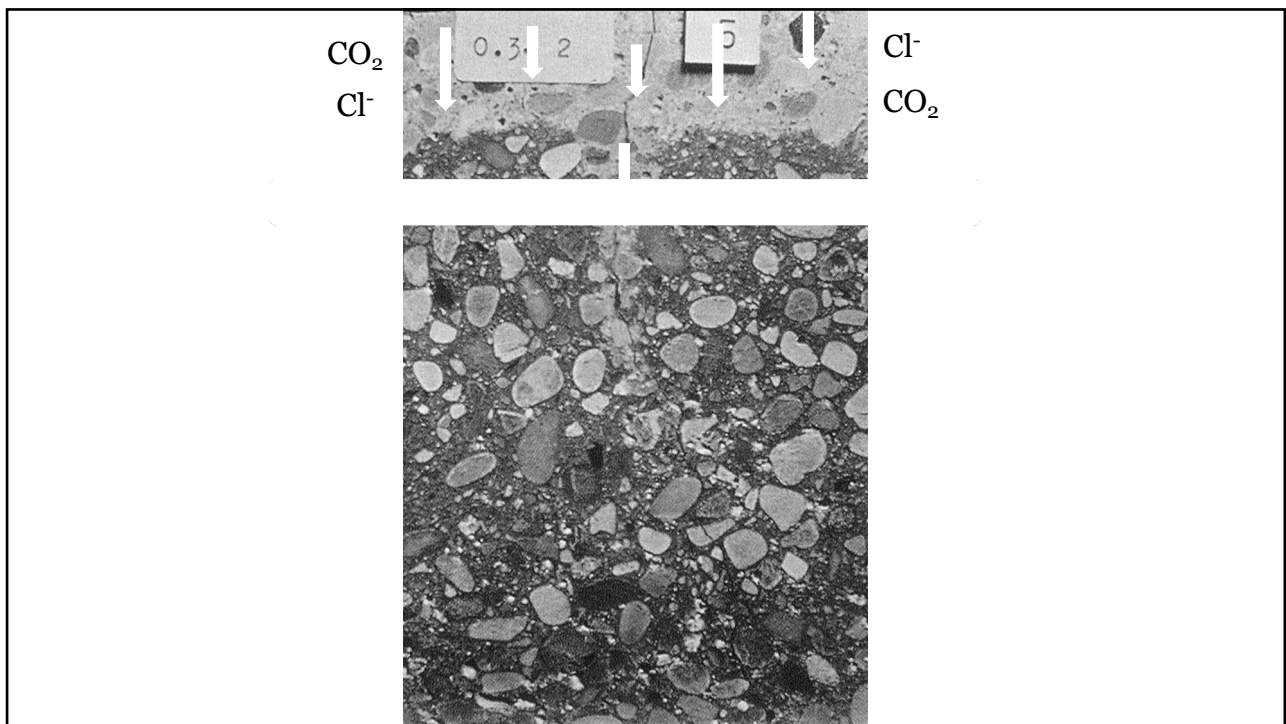
74



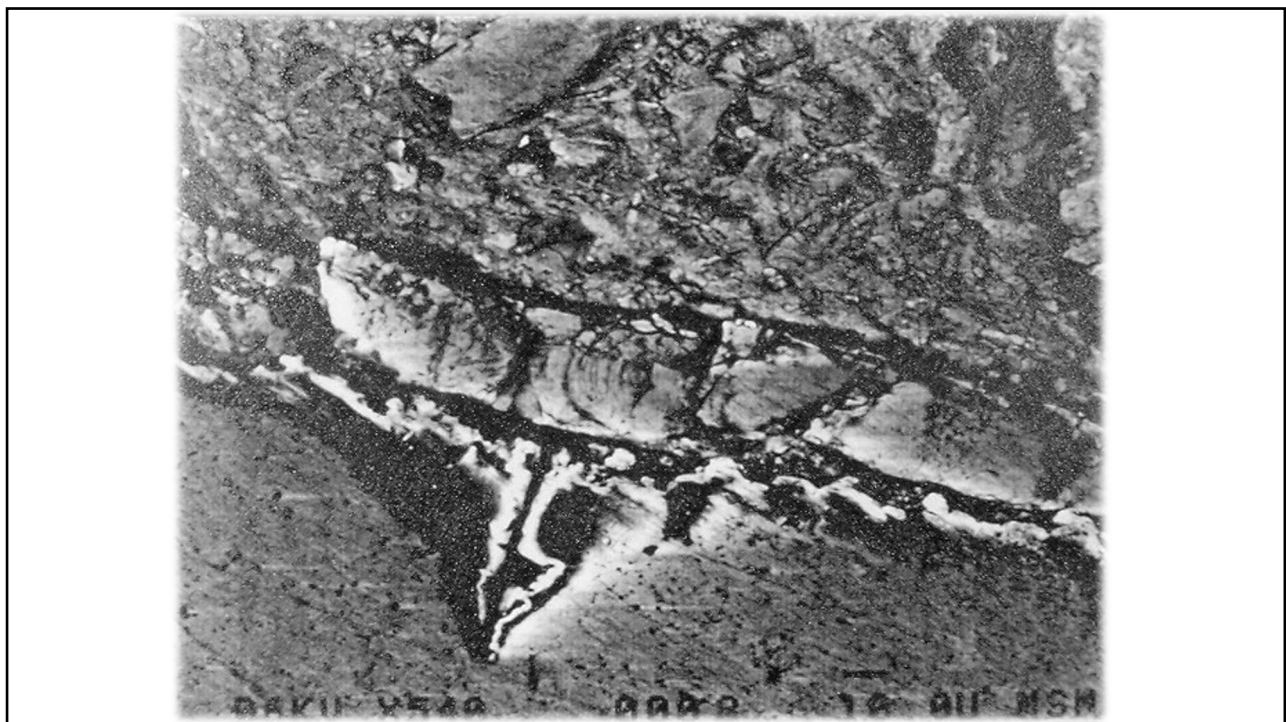
75



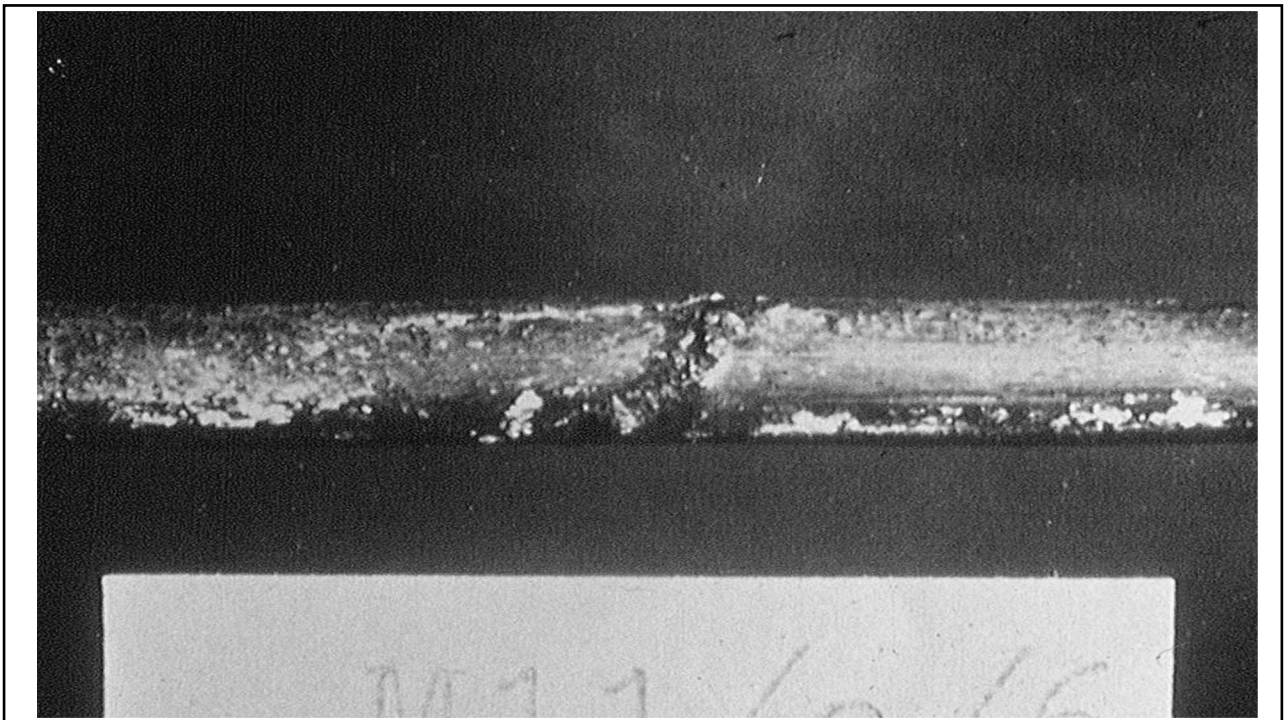
76



77



78



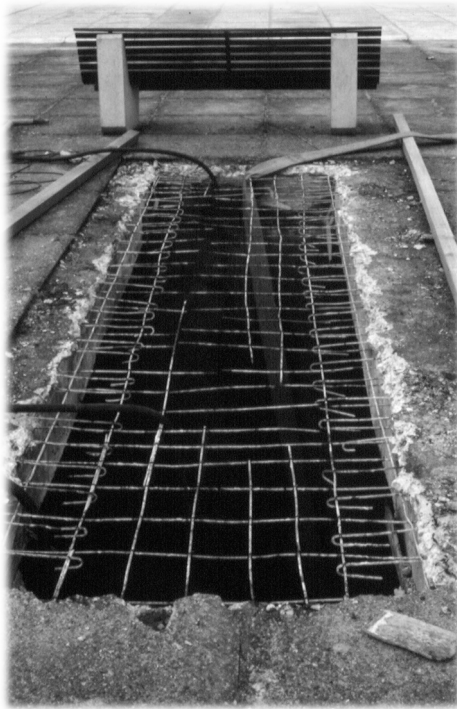
79



80



81



82



83



84



85



86



87



88

**Thursday
April 21, 2022**

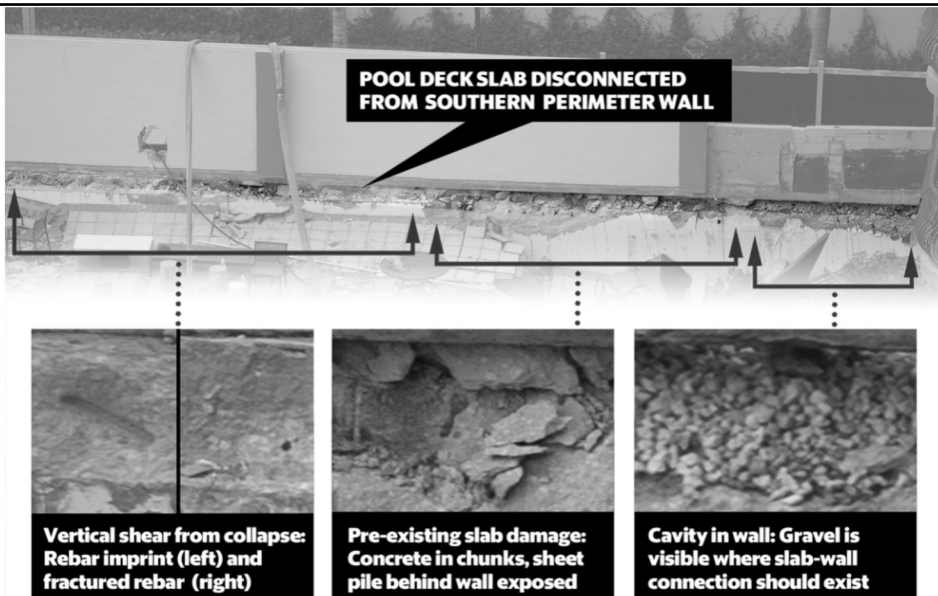
**MIAMI
HERALD**



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>

89



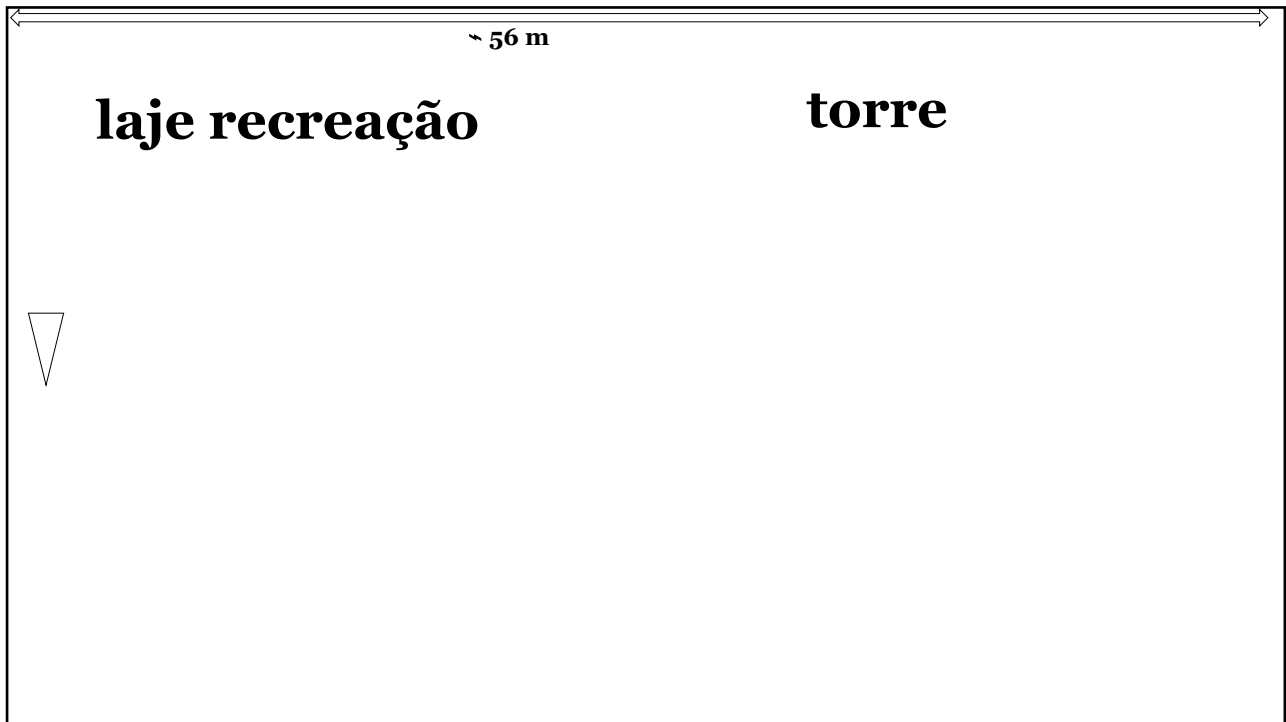
**Thursday
April 21, 2022**

**MIAMI
HERALD**

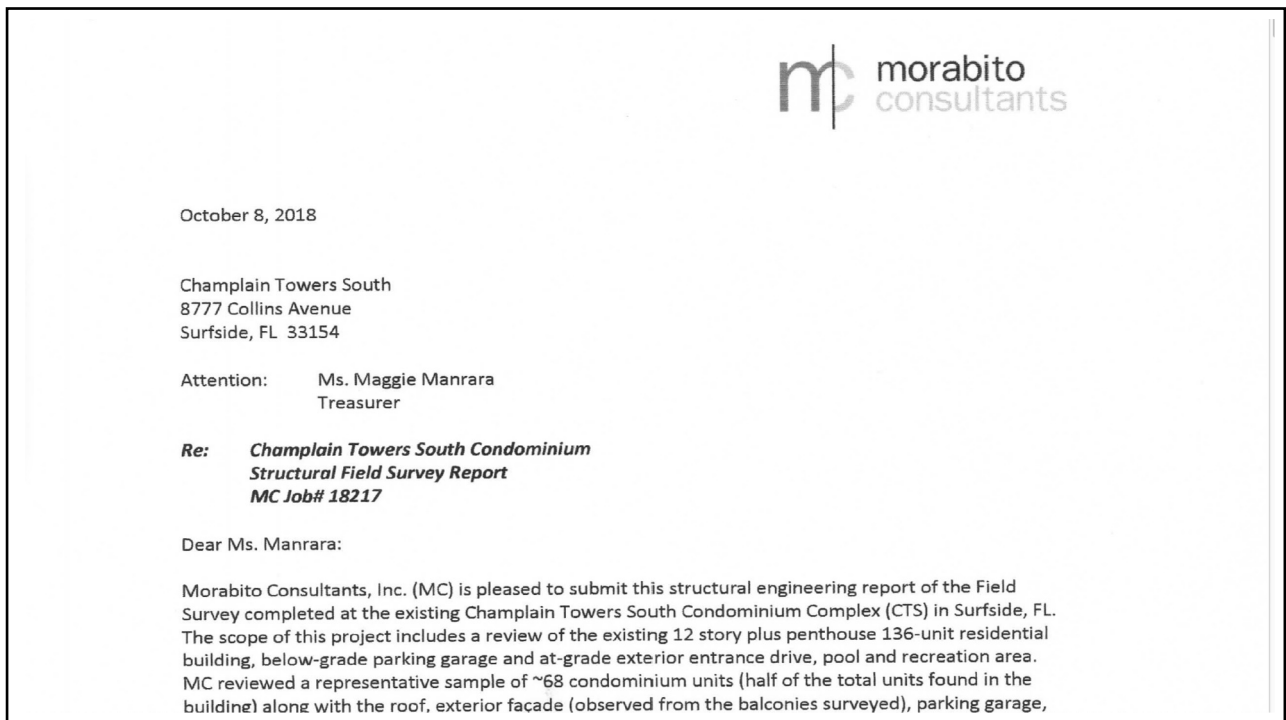
A July 1 photo of the collapse site shows distinct damage patterns in the area where the pool deck slab disconnected from the southern perimeter wall. *EDUARDO ALVAREZ AND SARAH BLASKEY*

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

90



91



92

https://www.townofsuffisidefl.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

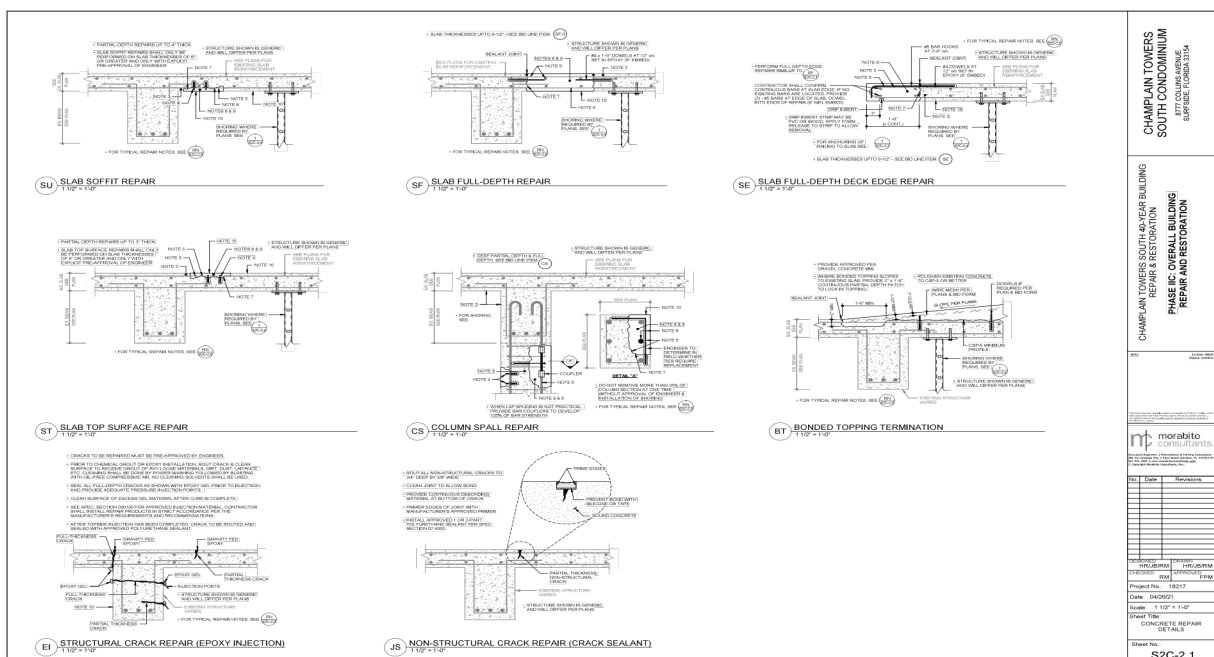
...

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

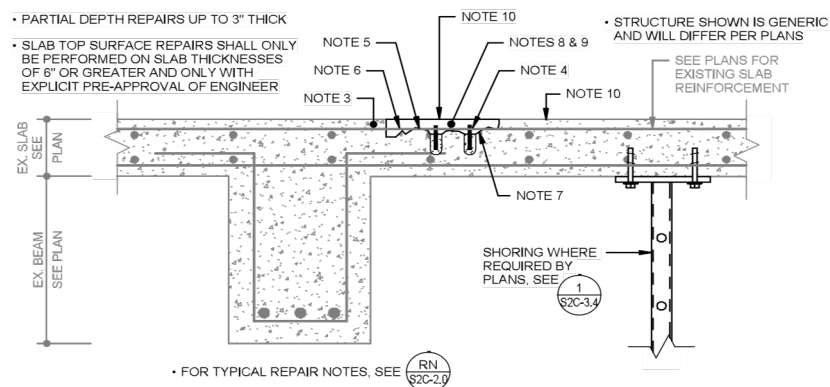
...

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

93



94



ST SLAB TOP SURFACE REPAIR
1 1/2" = 1'-0"

95

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



96

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, ... anamenese, ensaios, conhecimento do projeto estrutural, cloretos, prospecção...”

97

“Verdaderas” hipóteses do “Gatilho”

- Fissura com corrosão no muro de divisa OK
- Punção + corrosão
- Recalque diferencial

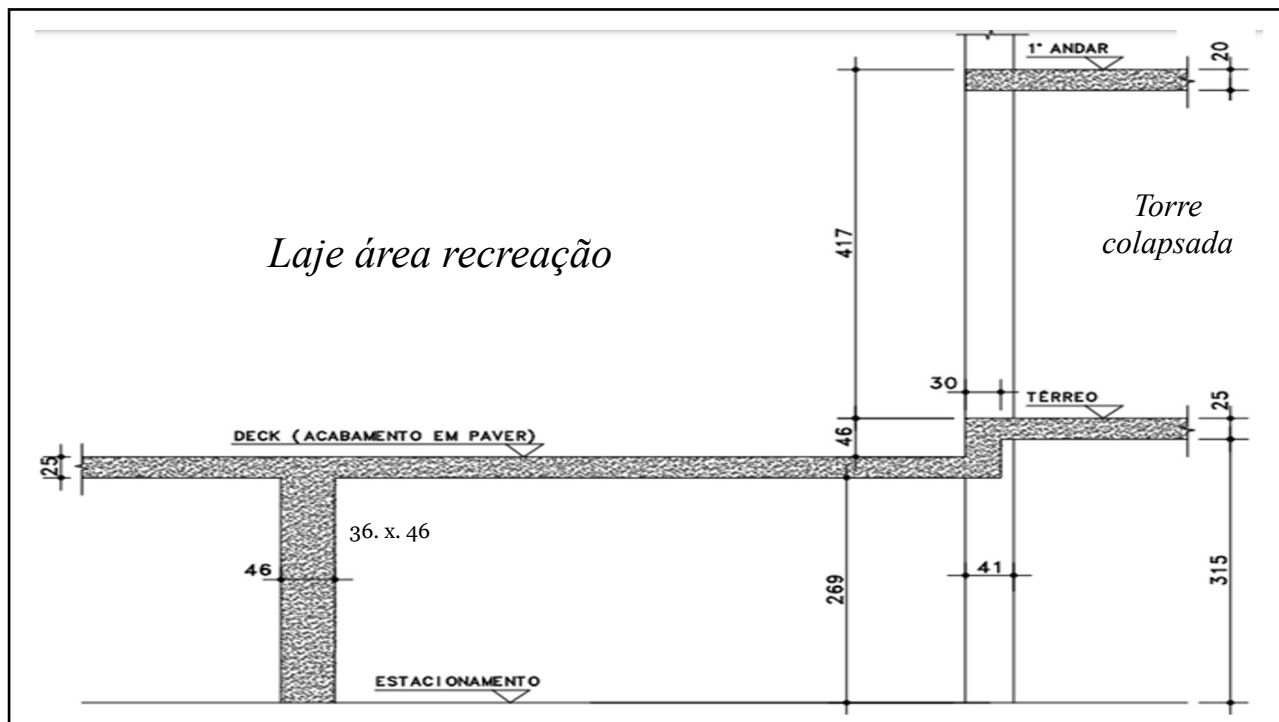
98



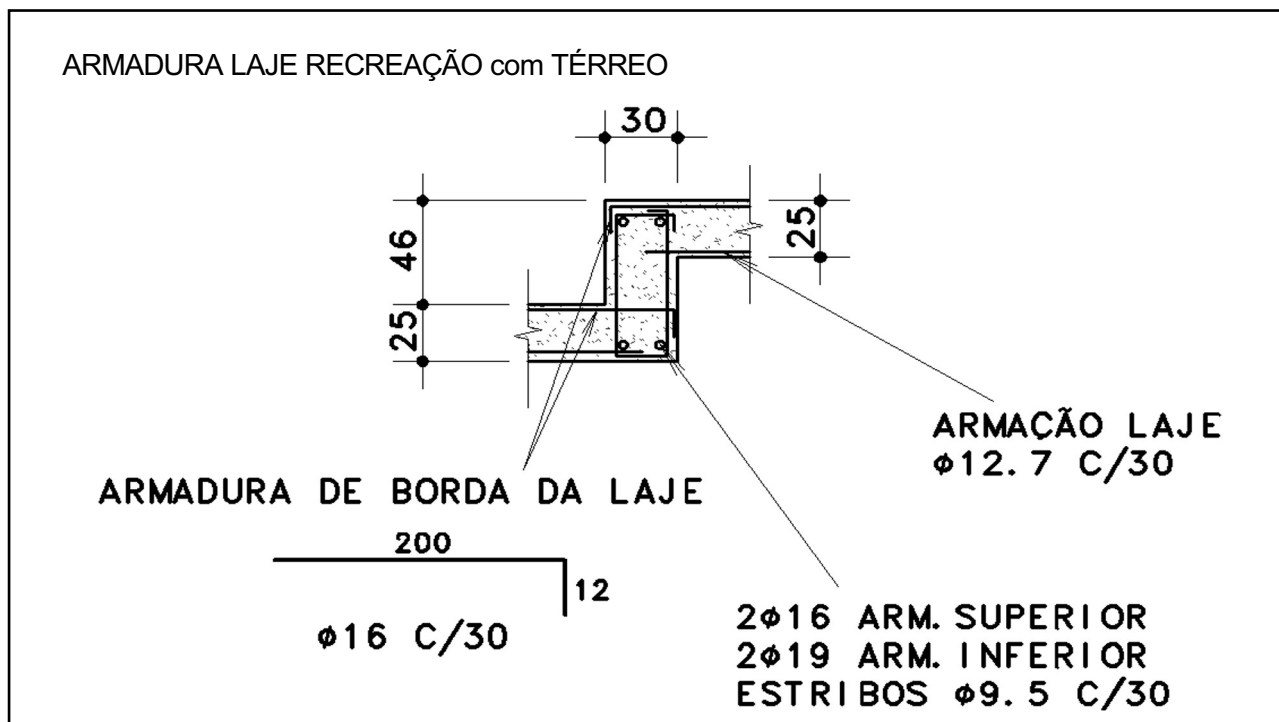
99



100

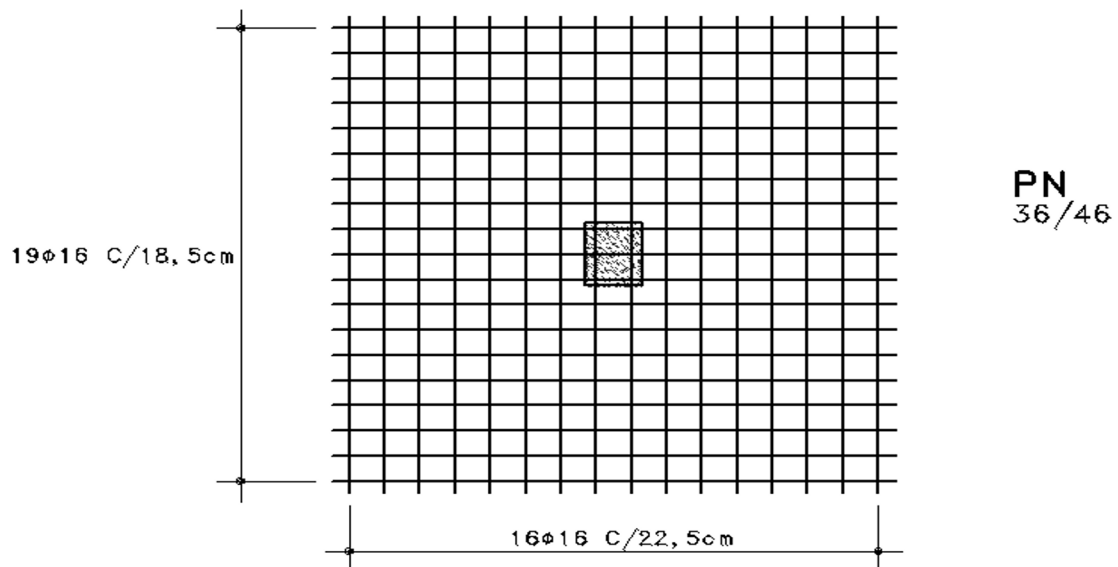


101



102

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



103

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

104

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 $\rho_y = 0,52\%$

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

$$\text{Taxa de Armadura} = 0,0056 = 0,56\%$$

105

Laje Recreação/Estacionamento → Punção *resumo*

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

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

Taxa armadura = $\rho = 0,0056 = 0,56\%$

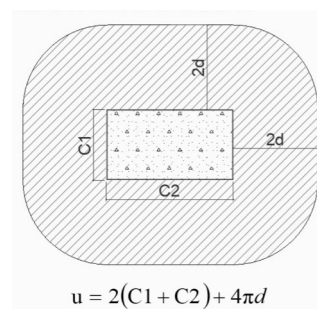
Normal solicitante → $F_{sd} = 500 * \gamma_f$ (kN)

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

Altura útil $d = 22 \text{ cm}$

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

Contorno C'



106

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



107

EHE 2000 → Punção

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

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

108

Norma Espanhola EHE 2000 → Punção

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

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

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

109

EHE 2000 → Punção

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

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

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

$$\gamma_f = \mathbf{0,98 \text{ a } 1,07} \quad \mathbf{(1,5 ?!)}$$

110

NBR 6118:2014 Cálculo da Solicitante à Punção

Pilar interno, carregamento simétrico (sem efeito de momento)

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

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

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

111

ACI 318:14 Punção

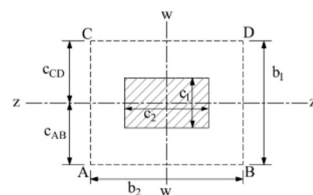
$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{f_{ck}}$$

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

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

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

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



112

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 ?!)

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

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

113

fib Model Code:2010 Punção

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

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

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

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

114

fib Model Code:2010 Punção

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

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

$$F_{Sd} = 500 * \gamma_f$$

(1,5 ?!)

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

Obs.: comparativo de esforços resistente versus solicitante.

115

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

116

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...”

117

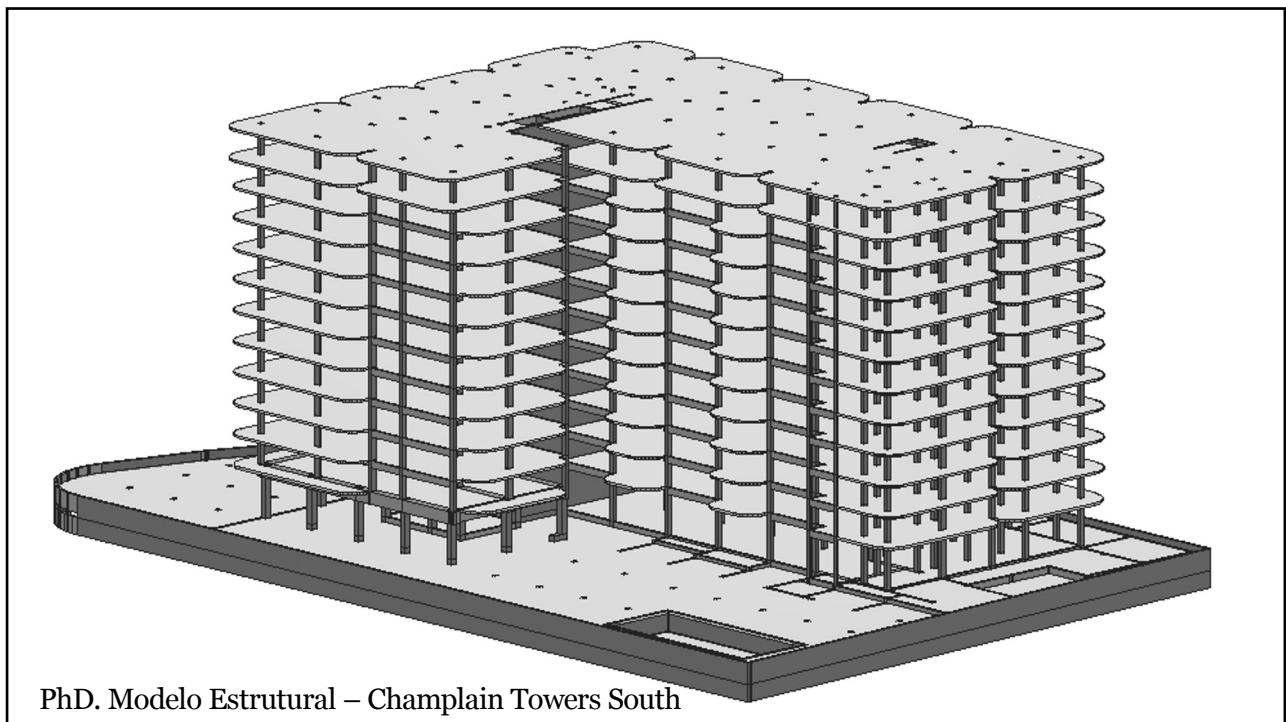
“Verdadeiras” hipóteses do “Gatilho”

- Fissura + corrosão no muro de divisa - OK
- Punção + corrosão - OK
- Recalque diferencial + corrosão

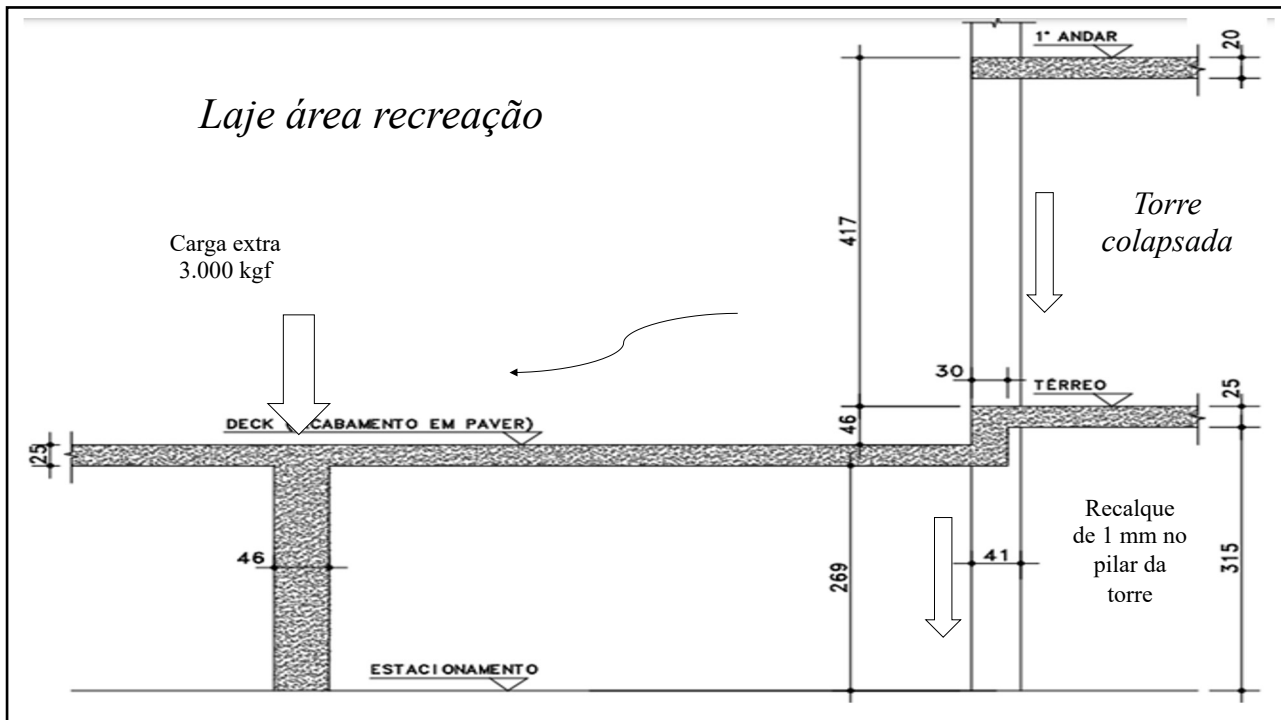
118



119



120



121

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

$$\gamma_f = 1,02$$

122

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

$$\gamma_F = 0,97$$

123



124

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

125



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.

126

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)

127



128