



INSKETOR II

ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE OAES

ABNT NBR 9452 e ABNT NBR 16230

Carajás, 8 de maio de 2025

Paulo Helene
Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Gestor e Ex-Presidente ALCONPAT Internacional
Ex-Presidente e Conselheiro Permanente IBRACON
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU, SEESP, PMSP e ABNT

1

Qual o papel do Inspetor I?

- ✓ inspecionar a OAE;
- ✓ amostragem representativa;
- ✓ anamnese;
- ✓ realizar ensaios;
- ✓ quantificar e registrar anomalias.

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 ou privado. Também não representa a opinião do IBRACON, da PhD Engenharia, da USP, do IDD, da ALCONPAT, ou de qualquer uma das partes intervenientes. Esta apresentação não é um aconselhamento jurídico e nem um laudo ou parecer técnico judicial.

2

Qual o papel do Inspetor II?

- ✓ Diagnosticar → analisar os resultados;
- ✓ Diagnosticar → qualificar quanto à funcionalidade;
- ✓ Diagnosticar → Qualificar e quantificar a segurança;
- ✓ Diagnosticar → Qualificar e quantificar a durabilidade;
- ✓ Prognosticar;
- ✓ Elaborar o projeto de Intervenção Corretiva.

3

Principais problemas

**corrosão armadura
(CO₂ & Cl⁻)**

lixiviação

(buzinotes, pingadeiras, impermeabilizações...)

**reações expansão
(AAR & DEF)**

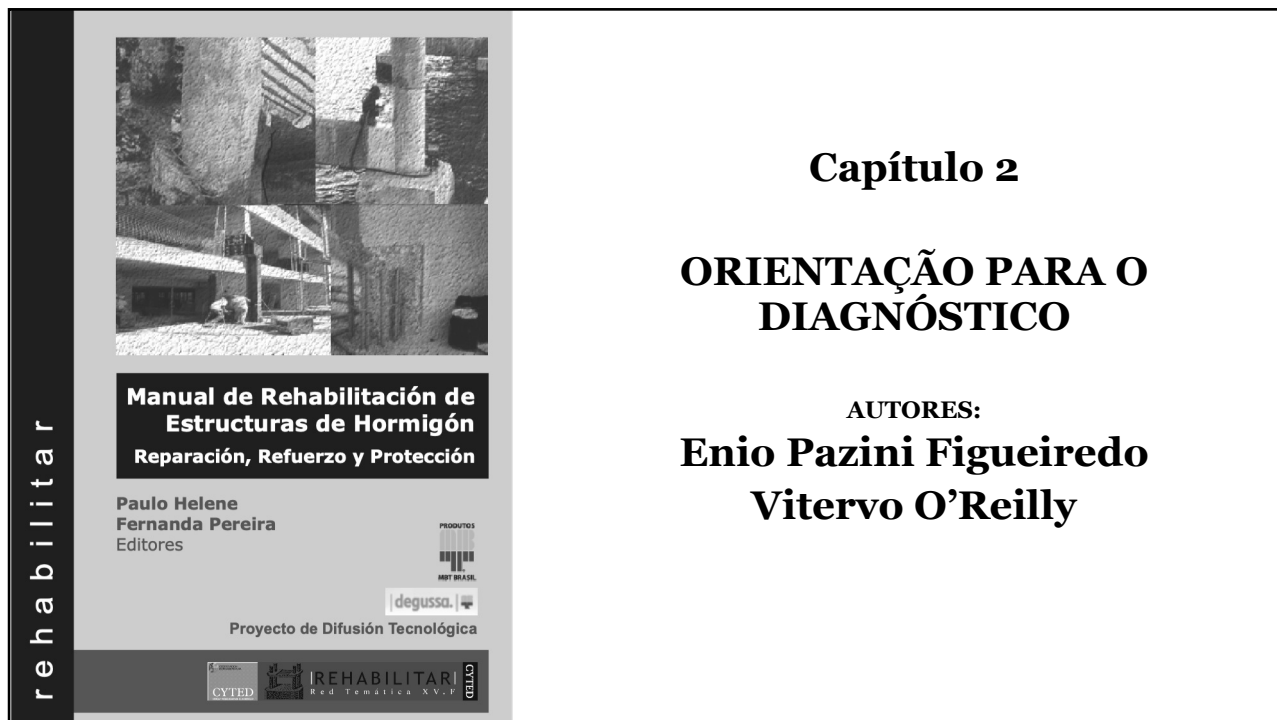
**fissuras estruturais
ativas**

**aparelhos de
apoio**

**juntas de
dilatação**

4

4



5

O Inspetor II deve formular um diagnóstico e prognóstico da estrutura

- Pesquisar documentos referentes ao projeto original da OAE
- Analisar o quadro de manifestações patológicas instauradas, assim como os ensaios realizados;
- Processar e analisar verificações analíticas estruturais desenvolvidas no sentido de identificar eventuais deficiências estruturais
- Compilar, organizar, julgar e concluir um diagnóstico da OAE
- Elaborar o Relatório conclusivo (Relatório II – Terapia), propondo as intervenções corretivas necessárias e adequadas

7



8

Critério de classificação das OAE → ABNT NBR 9452

Parâmetros de avaliação das OAEs

As OAEs devem ser classificadas segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade e a gravidade dos problemas detectados, respeitando as Normas Brasileiras aplicáveis em cada caso.

Parâmetros de durabilidade

Designam-se por parâmetros de durabilidade aquelas características das OAEs diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado em que a estrutura deve cumprir suas funções em serviço.

Deste modo, estes parâmetros vinculam-se à resistência da estrutura contra ataques de agentes ambientais agressivos. Exemplificam-se como anomalias associadas à durabilidade: **ausência de cobrimento de armadura, corrosão, fissuração que permite infiltrações, erosões nos taludes de encontros, expansões químicas, entre outras.**

A relevância dos problemas de durabilidade deve ser avaliada em conjunto com a agressividade do meio em que se situam, com o objetivo de inferir a velocidade de deterioração a eles associados.

10

Tabela 1 – Classificação da condição da OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (continua)

Classificação nota	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura se encontra em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE se encontra em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados
4	Boa	A estrutura apresenta danos de baixa gravidade, localizados e em pequenas áreas, sem comprometer a segurança estrutural	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que não comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental

11

3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações	A OAE apresenta anomalias de moderada gravidade, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
2	Ruim	Há danos comprometendo a segurança estrutural da OAE sem aparente risco iminente de colapso. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas	A OAE possui funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário	A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental A OAE apresenta muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental

12

Tabela 1 (conclusão)

Classificação nota	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
1	Crítica	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural localizado. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição parcial, escoramento provisório, instrumentação, associadas ou não	A OAE apresenta condições funcionais limitadas de utilização em regiões localizadas	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração em regiões localizadas, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção imediata, podendo ser necessárias restrição de carga e interdição parcial ao tráfego

13

0	Emergencial	Há elementos estruturais principais colapsados, evoluindo para instabilidade da estrutura. É necessária a interdição total, até que haja avaliação e reclassificação por consultoria especializada ou intervenção	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização. A OAE deve ser interditada	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração, gerando grave insuficiência estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção emergencial e interdição total
---	-------------	---	--	---

No caso das inspeções especiais, que são mais detalhadas, e cada elemento da obra é inspecionado e suas anomalias registradas, a classificação pode seguir o quadro referencial de classificação da OAE constante do Anexo E.

A nota final de cada parâmetro considerado deve ser a menor nota atribuída aos componentes estruturais (superestrutura, mesoestrutura, infraestrutura, elementos complementares e pista ou via permanente).

Cabe ao inspetor atribuir as notas finais (estrutural, funcional e durabilidade), ficando a cargo do engenheiro gestor responsável a tarefa de gerir a priorização das intervenções.

A nota final de cada parâmetro pode ser apresentada conforme o modelo apresentado na Tabela 2, por componente estrutural e com uma classificação para cada um dos parâmetros considerados: estrutural, funcional e de durabilidade, com base nas notas da Tabela 1.

14

Anexo E
(informativo)

Referência de classificação da OAE

E.1 Geral

Para todas as modalidades de inspeções, é necessário apresentar a classificação da condição da OAE conforme a Tabela 2.

Este Anexo apresenta uma referência de classificação da OAE, considerando a relevância da anomalia e o elemento estrutural onde esta foi detectada.

E.2 Importância dos elementos na segurança estrutural da OAE

As consequências de dano em cada tipo de elemento da OAE estão descritas a seguir:

- elemento principal (P): cujo dano pode ocasionar o colapso parcial ou total da obra;
- elemento secundário (S): cujo dano pode ocasionar ruptura localizada;
- elemento complementar (C): cujo dano não causa nenhum comprometimento estrutural, apenas funcional na OAE.

A Tabela E.1 apresenta informações para balizar a identificação dos elementos nas estruturas convencionais, cabendo ao inspetor atribuir relevância em relação à concepção estrutural da OAE, justificando eventuais divergências em relação à tabela a seguir apresentada.

15

Tabela E.2 – Pontes, viadutos e passarelas em concreto – Nota de classificação da OAE segundo parâmetros estruturais para elemento principal, secundário e complementar previstos na Seção 5 (continua)

Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros estruturais		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a anomalia		
		Principal	Secundário	Complementar
Fissuração	Fissuração superficial de retração, hidráulica ou térmica	5	5	5
	Fissuras em elementos de concreto armado com abertura dentro dos limites previstos conforme a ABNT NBR 6118	4	5	5
	Fissuras em elementos de concreto armado com abertura superior aos limites previstos conforme a ABNT NBR 6118	2	3	4
	Fissuras em elementos de concreto protendido	1	2	—
Flecha	Flechas não congênitas e acima dos limites conforme a ABNT NBR 6118	2	3	—

16

Tabela E.2 (conclusão)

Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros estruturais		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a anomalia		
		Principal	Secundário	Complementar
Anomalias na armadura	Armadura passiva principal exposta e corroída, com perda de seção de até 20 % da área total de uma barra	3	4	5
	Armadura passiva principal exposta e corroída, com perda de seção acima de 20 % da área total de uma barra ou que comprometa a estabilidade da peça	2	3	4
	Ruptura de parte da armadura principal passiva	1	2	3
	Ruptura de tirante ou parte de sua armadura principal ativa	0	1	–
	Armadura protendida exposta e corroída	1	2	–

17

Anomalias no concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m ² ou 10 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	4	5	5
	Concreto segregado em pequenas áreas (entre 0,1 m ² e 0,5 m ²) ou de 10 % a 20 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	3	4	5
	Concreto segregado em área superior a 0,5 m ² ou 20 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	2	3	4
	Rompimento do concreto em pontos de altas tensões de compressão	0	1	3
	Danos no concreto por temperaturas elevadas, com exposição de armaduras	1	2	4

18

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.7 – Pontes, viadutos e passarelas em concreto: classificação segundo parâmetros de durabilidade para elemento principal, secundário e complementar (continua)

Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Fissuração	Quadro de fissuração generalizada, mas dentro dos limites previstos conforme a ABNT NBR 6118	4	4	4
	Quadro de fissuração fora dos limites de conformidade da ABNT NBR 6118	2	2	3
	Fissuração de elementos estruturais com indícios de reação expansiva (álcali-agregado ou sulfatos)	2	2	3

19

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.7 – Pontes, viadutos e passarelas em concreto: classificação segundo parâmetros de durabilidade para elemento principal, secundário e complementar (continua)

Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Anomalias na armadura	Armadura exposta em processo instaurado de corrosão	3	3	4
	Armadura protendida exposta, mesmo sem corrosão em ambiente de baixa ou média agressividade	3	3	4
	Armadura protendida exposta em ambiente de alta agressividade ou em processo instaurado de corrosão	1	1	3
	Obras com deficiência de cobrimento sem armadura exposta	4	4	5
	Obras com deficiência de cobrimento com estufamento por expansão da corrosão	3	3	3

20

Tabela E.7 (conclusão)					
Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros de durabilidade		Nota de classificação			
		Elemento onde foi constatada a condição			
		Principal	Secundário	Complementar	
Anomalias no concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m ² ou 10 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	4	5	5	
	Concreto segregado em pequenas áreas (entre 0,1 m ² e 0,5 m ²) ou de 10 % a 20 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	4	4	4	
	Concreto segregado em área superior a 0,5 m ² ou 20 % da superfície aparente do elemento estrutural (adotar a situação mais crítica), em regiões de tensões de compressão	3	3	3	
	Lixiviação superficial do concreto	3	4	4	
	Ruptura do concreto em pontos de altas tensões de compressão	0	1	3	
	Danos no concreto por temperaturas elevadas, com exposição de armaduras	1	2	4	
	Manchas superficiais de fuligem atmosférica (sem comprometimento do requisito de durabilidade)	4	5	5	

21

Tabela E.7 (conclusão)				
Condição verificada na inspeção, segundo parâmetros de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Carbonatação	Eflorescências, com surgimento de manchas esbranquiçadas decorrentes de reação de carbonatação	3	3	4
	Carbonatação com profundidade atingindo armaduras principais	2	3	4

22

Anexo B
(normativo)

Requisitos mínimos relativos a ensaios de campo

Tabela B.1 – Requisitos mínimos relativos a ensaios de campo

Ensaio	Inspetor I	Inspetor II
Medidor de espessura de cobrimento de armadura, estimativa do diâmetro e sua posição (pacometria)	EX	AR
ABNT NBR 7584	EX	AR
ABNT NBR 7680	EX	AR
ABNT NBR 8802	EX	AR
ABNT NBR 12655	EX	AR
ASTM C 876	CB	AR
DIN EN 14630	EX	AR
CB Conhecimento básico do ensaio, ou seja, princípio de funcionamento, condições de aplicação, limitações de uso, natureza dos resultados esperados. EX Além do previsto em CB, executa o ensaio e registra as condições de ensaio e resultados obtidos. AR Além do previsto em EX, planeja, orienta a execução do ensaio, interpreta e avalia os resultados, ou seja, tem discernimento sobre procedimentos executivos de inspeção, amostragem, quantidade de ensaios, periodicidade e pontos de coleta e avalia os limites de aceitação ou representatividade dos resultados. NOTA Os inspetores I e II podem dispor de mão de obra auxiliar para transporte e manipulação dos equipamentos necessários à execução dos ensaios.		

BS 1881
Pacometria

ABNT NBR 7584
Esclerometria

ABNT NBR 7680
Testemunhos

ABNT NBR 8802
Ultrasom

ABNT NBR 12655
Durabilidade

ASTM C 876
Potencial

ABNT DIN EN 14630
Carbonatação

CONCORRÊNCIA 005/2017-SMSO

TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE
INSPEÇÕES ESPECIAIS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO EM OBRAS DE ARTE
ESPECIAIS DA CIDADE DE SÃO PAULO

Setembro/2017

3.3. Realização de Ensaios na OAE

A fim de caracterizar mais precisamente o estado de deterioração ou comprometimento do quadro patológico, poderão ser realizados, a partir de um plano desenvolvido com base na análise dos resultados da Inspeção, devidamente justificado, ensaios destrutivos ou não-destrutivos nas estruturas. Os ensaios previstos são os seguintes:

3.3.1 Determinação da profundidade de carbonatação do concreto e do cobrimento das armaduras

3.3.2 Verificação do Potencial de Corrosão

3.3.3 Verificação da Resistividade Elétrica do Concreto

3.3.4 Verificação da homogeneidade do concreto

3.3.5 Verificação do fck do concreto

3.3.6 Determinação do teor de íons cloretos

3.3.7 Determinação do teor de sulfatos

3.3.8 Reação Álcali Agregado (RAA)

3.3.9 Instrumentação

25

BS 1881

Pacomtria

posição da armadura, bitola & cobrimento

26

Pacometria

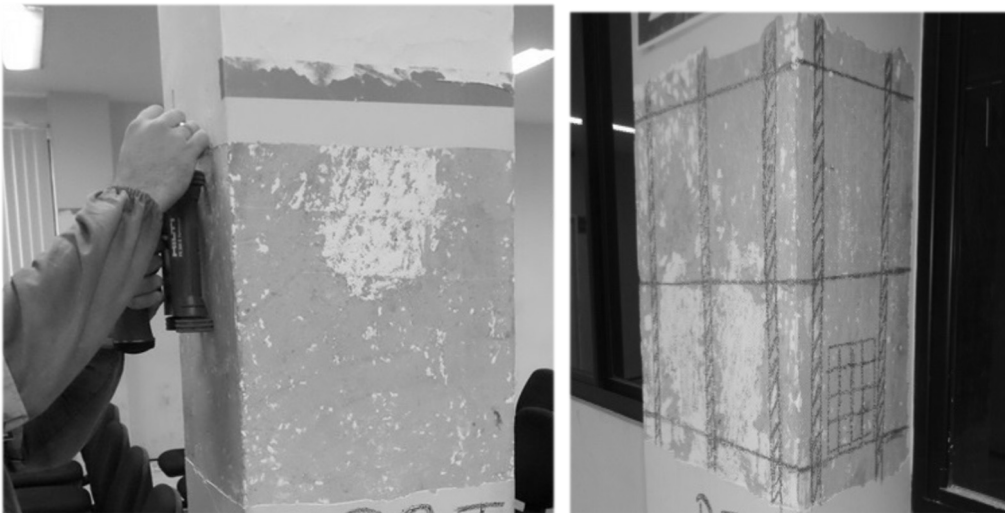
para quê serve?

1. Posição da armadura → *extrair testemunho; potencial de corrosão; ultrassom; esclerometria, as-built.*
2. Bitola → *precisa do projeto e do cobrimento. Alternativa prospecção*
3. Cobrimento → *precisa do projeto e da bitola. Alternativa prospecção.*

27

Pacômetro

→ localizador da posição da armadura, bitola & cobrimento



28



Pacômetro BS 1881

29



Pacômetro → Princípio: Eletromagnetismo

30

Pacômetro



31

DIN EN 14630

Carbonatação

passivado ou despassivado

32

DIN EN 14630

Carbonatação

- ✓ *Indicador colorimétrico → 49% álcool + 50% água potável + 1% fenolftaleína*
- ✓ *Cor → vermelho carmim/rosado forte*
- ✓ *pH de viragem → 9 (8 a 10)*

33

DIN EN 14630
Profundidade de
Carbonatação

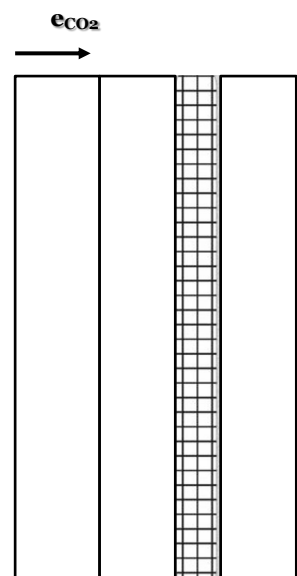
Carbonatação

a) Conhecidos:

- **Espessura carbonatada**
- **Idade da estrutura**

b) Calcular k:

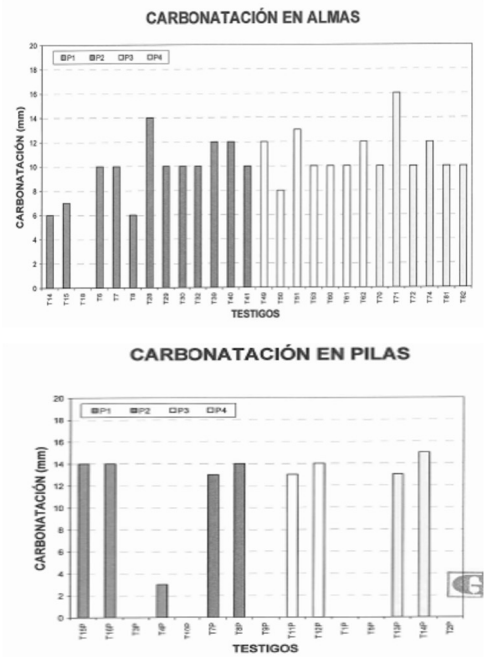
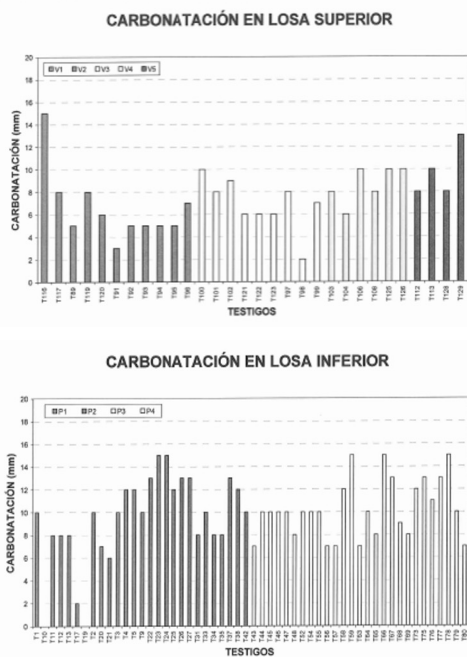
$$e_{CO_2} = k_{CO_2} \cdot t^{0,5}$$



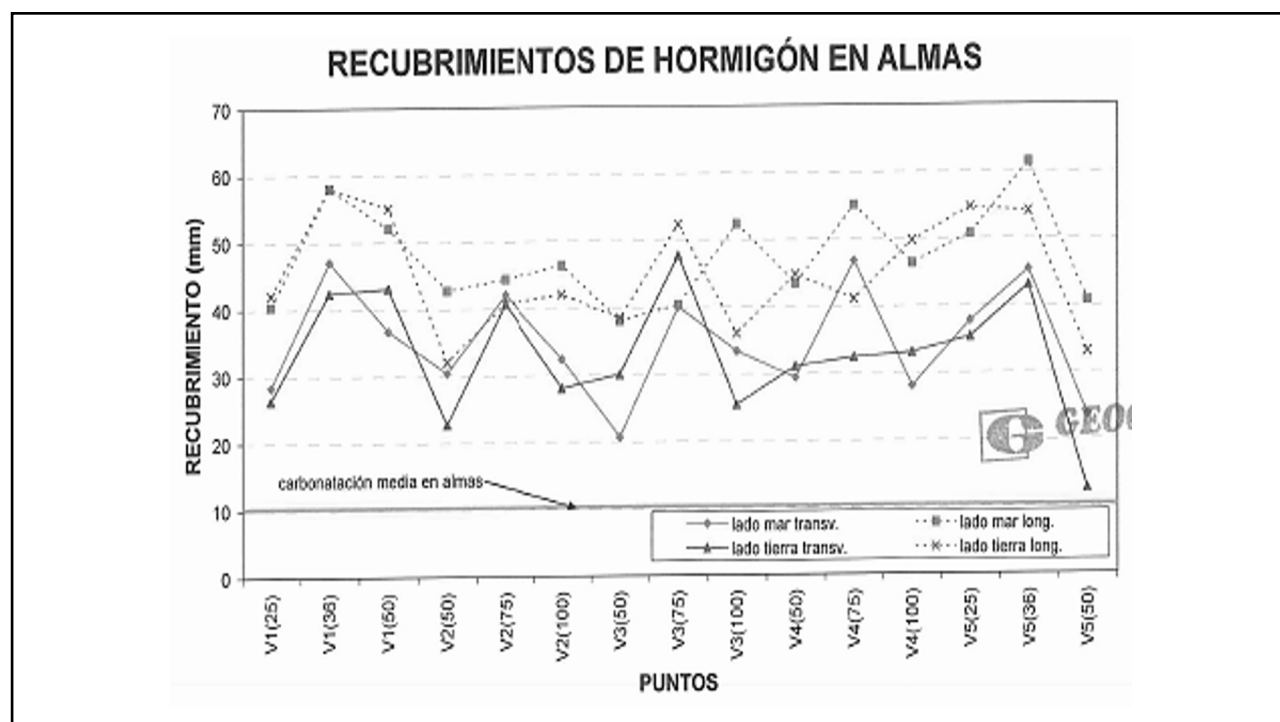
34

PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO				
LOCALIZAÇÃO	ENSAIO	FACE	ESPESSURA CARBONATADA MÁXIMA (mm)	ESPESSURA DE COBRIMENTO (mm)
VIGA LONGARINA VL4	1	OESTE	48,0	20,00
VIGA LONGARINA VL5	1	OESTE	0,0	45,00
VIGA LONGARINA VL4	2	OESTE	57,0	39,00
PILAR P05	1	SUL	21,0	39,00
VIGA LONGARINA VL02	2	OESTE	35,0	17,00
PILAR P04	3	SUL	31,0	24,00
PAREDE 02	1	NORTE	29,0	51,00
PAREDE 01	2	SUL	29,0	46,00
PAREDE 01	1	SUL	28,0	37,00
PAREDE 02	2	NORTE	17,0	27,00
PAREDE 01	1	SUL	22,0	49,00
PAREDE 02	2	NORTE	21,0	53,00
ALMA EXTERNA ALE1	1	LESTE	53,0	34,00
PILAR P03	2	SUL	0,0	23,00
PILAR P 05	1	LESTE	16,0	30,00
TUB 04	2	OESTE	37,0	31,00
PILAR P 02	3	NORTE	14,0	11,00
VL01	1	LESTE	33,0	17,00
VL03	2	OESTE	25,0	19,00
VL2	3	LESTE	28,0	18,00

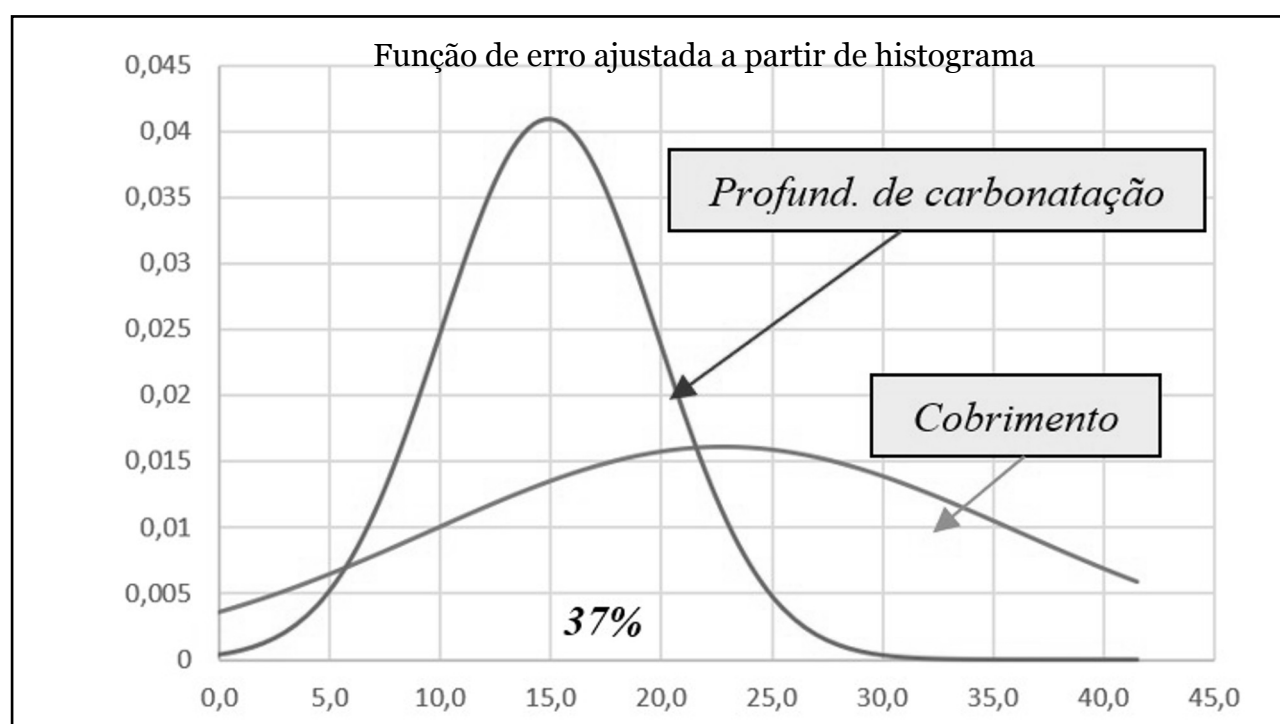
35



36



37



38

Vida útil de Projeto ABNT NBR 15575

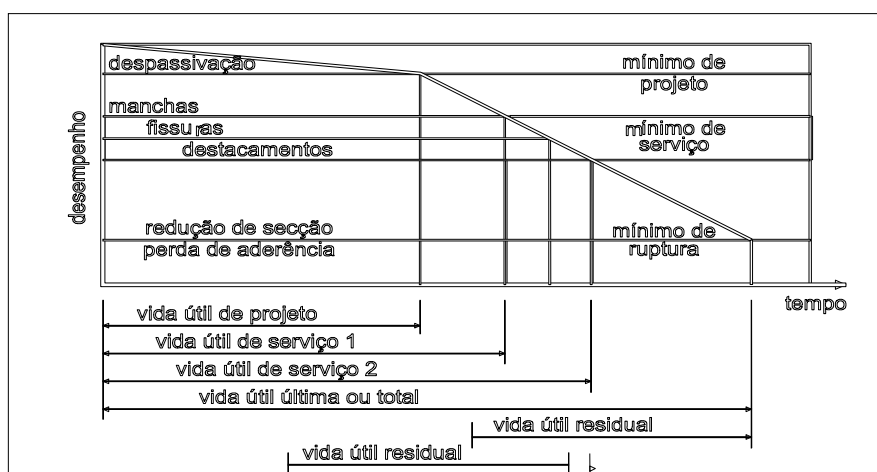
Vida útil de projeto mínima e superior (VUP)^a

Sistema	VUP (anos)		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos Internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

(a) Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

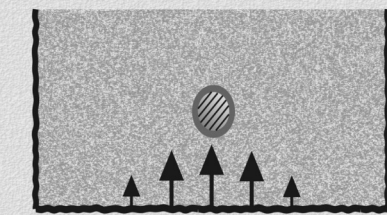
39

Vida Útil das Estruturas de Concreto

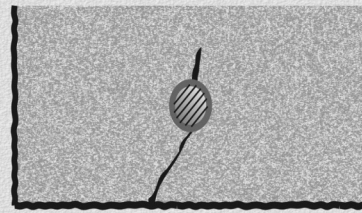


Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando-se por referência o fenômeno de corrosão das armaduras

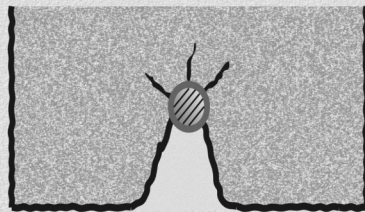
40



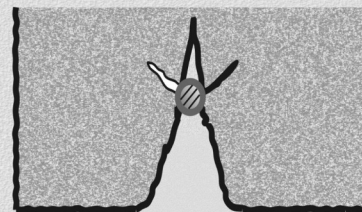
A) Penetração de agentes agressivos por difusão, absorção ou permeabilidade



B) Fissuração devida as forças de expansão dos produtos de corrosão



C) Lascamento do concreto e corrosão acentuada



D) Lascamento acentuado e redução significativa da secção da armadura

41

Vida Útil de Projeto VUP

TUUTTI (1982) $\Longrightarrow c = k \cdot \sqrt{t}$

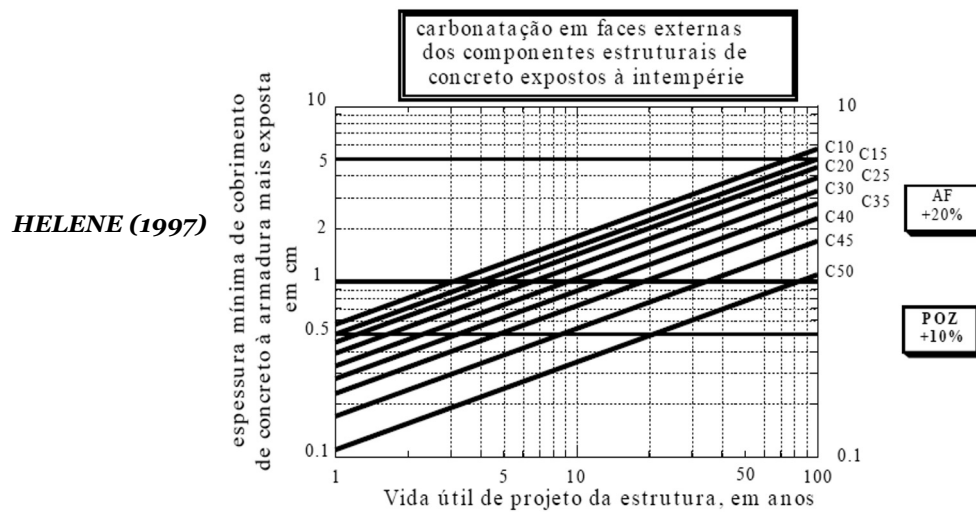
BOB e BOB (1991) $\Longrightarrow x_c = 150 \cdot \left(c \cdot K \cdot \frac{d}{f_c} \right) \sqrt{t}$

CEB (1997) $\Longrightarrow e = \sqrt{2 \cdot \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \cdot \Delta c} \cdot \left(\frac{t_0}{t} \right)^n \cdot \sqrt{\frac{D_{nom}}{a}} \cdot t$

EHE (2008) $\Longrightarrow e_c = C_{amb} \cdot C_{ar} \cdot a \cdot f_{cm}^b \cdot \sqrt{t}$

42

Vida Útil de Projeto VUP



43

ABNT NBR 7584

Esclerometria

dureza superficial, homogeneidade, “resistência”

44



45

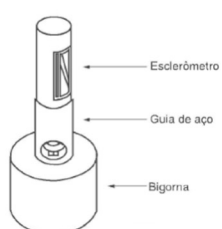


46



47

Figura 2.2 – Bigorna de aço



3. Aferição do esclerômetro

O esclerômetro deve ser aferido antes de sua utilização ou a cada 300 impactos realizados.

Para aferição utiliza-se uma bigorna especial de aço. A cada inspeção deverá ser feitos pelo menos 10 impactos na bigorna e deve fornecer índices esclerométrico 80.

O esclerômetro não poderá ser utilizado devendo ser calibrado quando:

- Se for obtido índices médios com valores menores que 75
- Nenhum índice individual obtido entre os 10 impactos, deve diferir do índice esclerométrico médio de ± 3 .

4. Fator de correção

O coeficiente de correção do índice esclerométrico é obtido pela equação:

$$K = 80 / \text{média dos valores dos impactos na bigorna de aço}$$

--

48

➤ **Esclerômetro de reflexão**

Brasil → ABNT NBR 7584

England → BS 1881

Europa → EN 12504

Europa → EN 13791

MERCOSUL → NM 78

USA → ACI 228

USA → ASTM C805



49

Limpar e lixar a superfície

Esclerometria



50



51

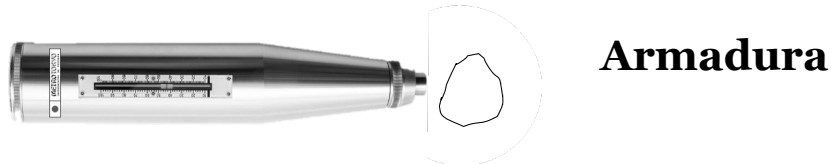


52

Interferências Aleatórias



Vazios



Armadura

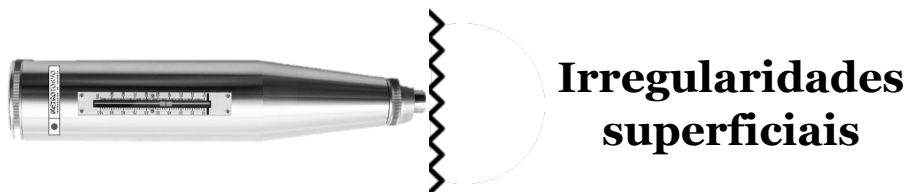
umidade, pasta, cura, compactação, ...

53

Interferências Sistemáticas



Carbonatação



**Irregularidades
superficiais**

postura, rigidez da peça

54

Dureza MOHS
1812 risco Minerais

Dureza BRINELL
1900 diâmetro massa Metais

Dureza SHORE
1920 profundidade Plásticos

Dureza ROCKWELL
1922 pressão Metais/Plásticos

Dureza SCHMIDT
1950 resistência
concreto / Argamassas

ESCLERÔMETRO ORIGINAL 1950



Bild: Original Schmidt Prüfhammer

Der Beton-Prüfhammer: ein Gerät zur Bestimmung der Qualität
des Betons im Bauwerk

Autor(en): Schmidt, E.

Objekttyp: Article

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Band (Jahr): 68 (1950)

Heft 28

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-58048> página 378

15. Juli 1950 SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG 378

Ein Dienst der ETH-Bibliothek

ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

378 SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG 68. Jg. Nr. 28

55

Ao par destes estudos relacionados a dureza ROCKWELL, simultaneamente (1950) na Suíça o Eng. SCHMIDT de Basileia apresentou um aparelho para medir a dureza dos materiais pelo método de SHORE, isto é a dureza pelo recuo de uma massa pesada.

O aparelho foi aferido e estudado no laboratório federal de ensaio de materiais de Zürich (EMPA).

F — PROCESSO DE DUREZA DE RECUEO

Dois são os aparelhos, apresentados por seu inventor, denominados tipo I e II. O aparelho tipo I (Fig. 3), consiste numa massa leve (6) acondicionada em um tubo guia (4) e que pode ser pro-

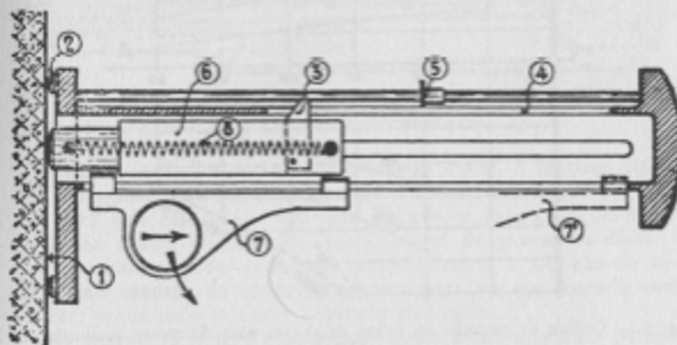
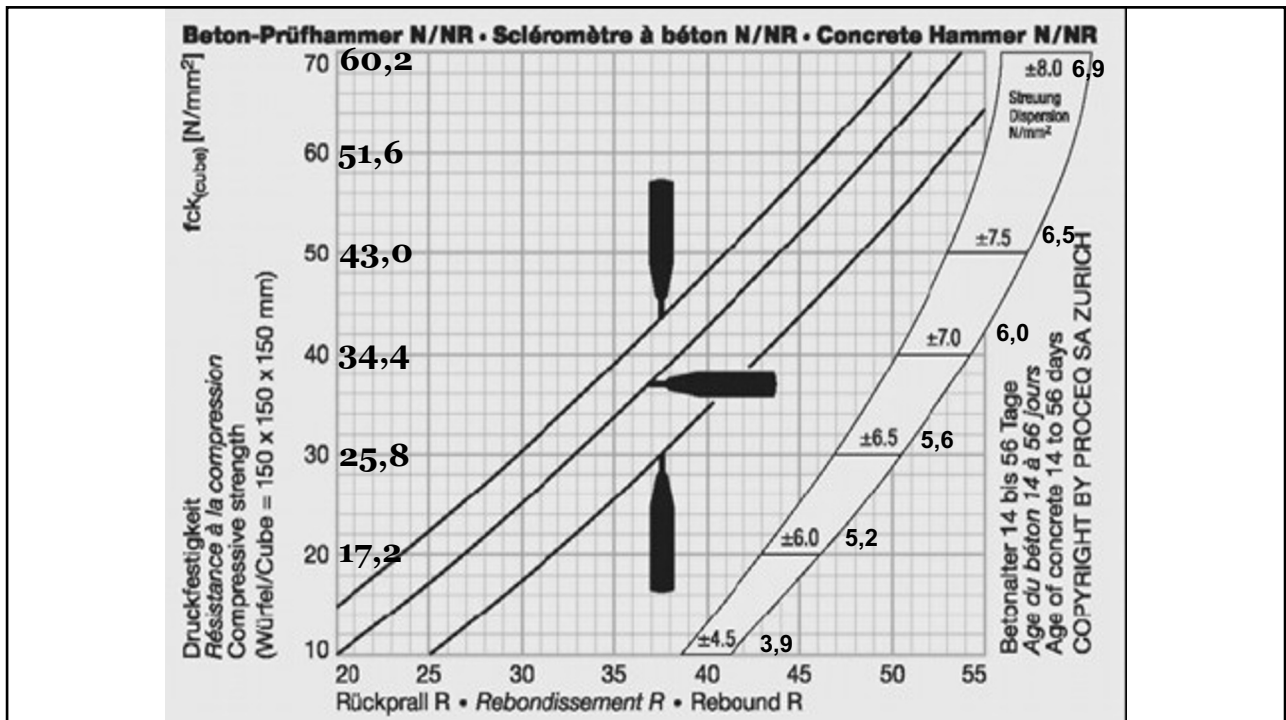


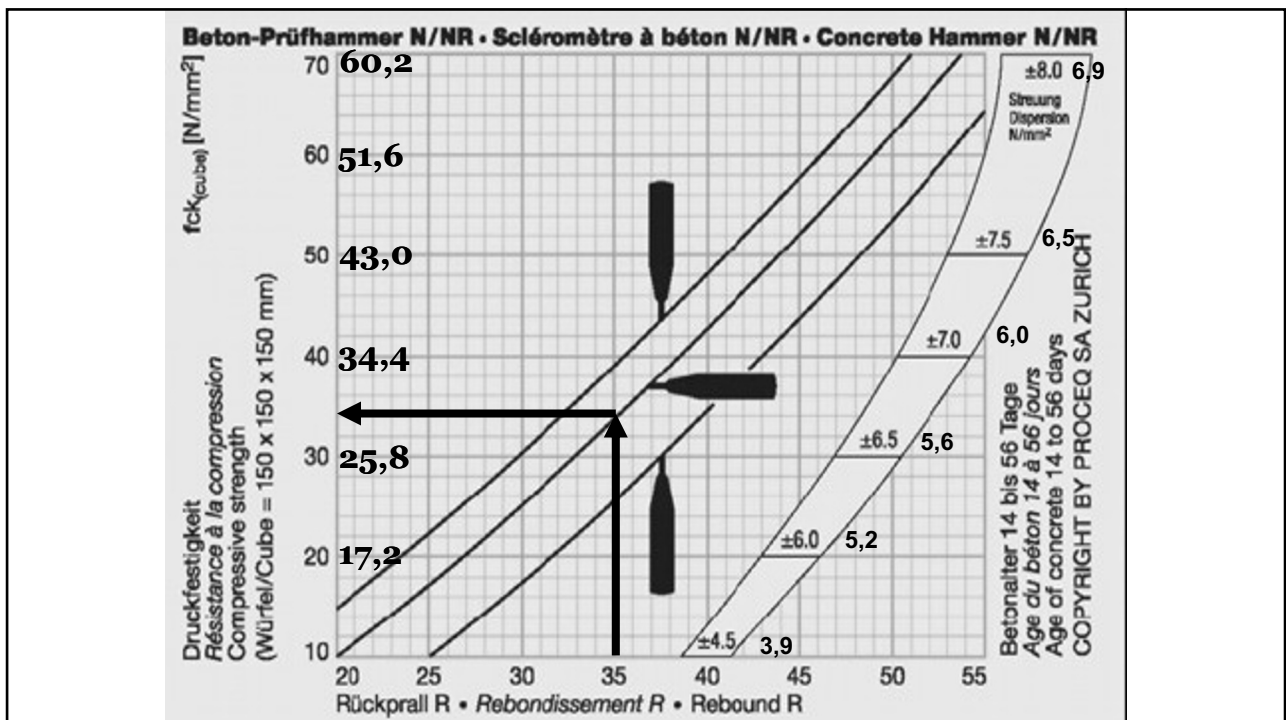
Fig. 3 — Corte longitudinal do esclerômetro de recuo

Manual do Engenheiro
Editora GLOBO, 1960
Prof. Eládio Petrucci

56



57



58

Utilizando a correlação do aparelho

$$f_{c,est,IE} = f_{c,IE} * (1 \pm \alpha * v_{IE})$$

$$f_{ck,est,IE} = 31 \pm 5,7$$

$$f_{ck,est,IE} = 36,7 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,est,IE} = 25,3 \text{ MPa}$$

59

Conclusões “pessoais”

1. Excelente, não destrutivo e prático para avaliar homogeneidade do concreto *in loco*
2. Excelente para identificar comparativamente regiões de baixa resistência
3. Razoável auxiliar para medir resistências do concreto *in situ*

60

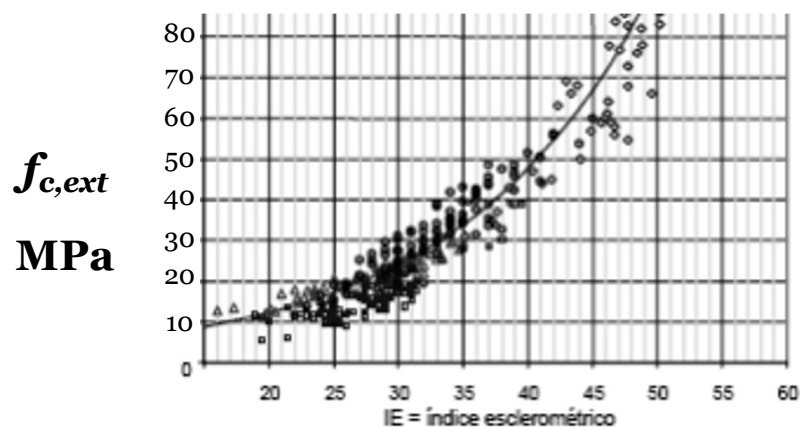
Conclusões “pessoais”

4. Esquecer tentativas de correlacionar com resultados de obra...

Utilizar correlação e variabilidade do aparelho e ponto final!

61

Estrutura Existente Correlação entre IE & $f_{c,ext}$



corpos de prova cilíndricos

62

Conclusões “pessoais”

5. Expressar os resultados sempre

$$IE \rightarrow f_{c,IE} \pm D_{c,IE}$$

admitir variabilidade, $v_{c,IE}$ de 10%

63

Conclusões “pessoais”

6. Desprezar carbonatação
7. Cuidar postura, limpeza, rigidez...
8. Treinamento e competência...

64

ABNT NBR 7680

Testemunhos

f_c, f_{ck} , módulo, porosidade, absorção de água, carbonatação, cloretos, massa específica, reconstituição traço, AAR, DEF, sulfatos, execução....

65

Referencial de Segurança $\rightarrow f_{ck}$



corpos de prova moldados $\rightarrow f_{ck,est}$

66

ABNT NBR 7680:2015 $f_{ck,ext,j}$

ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

ABNT NBR 12655:2015 $f_{ck,est}$

**referencial de segurança
 f_{ck}**

67

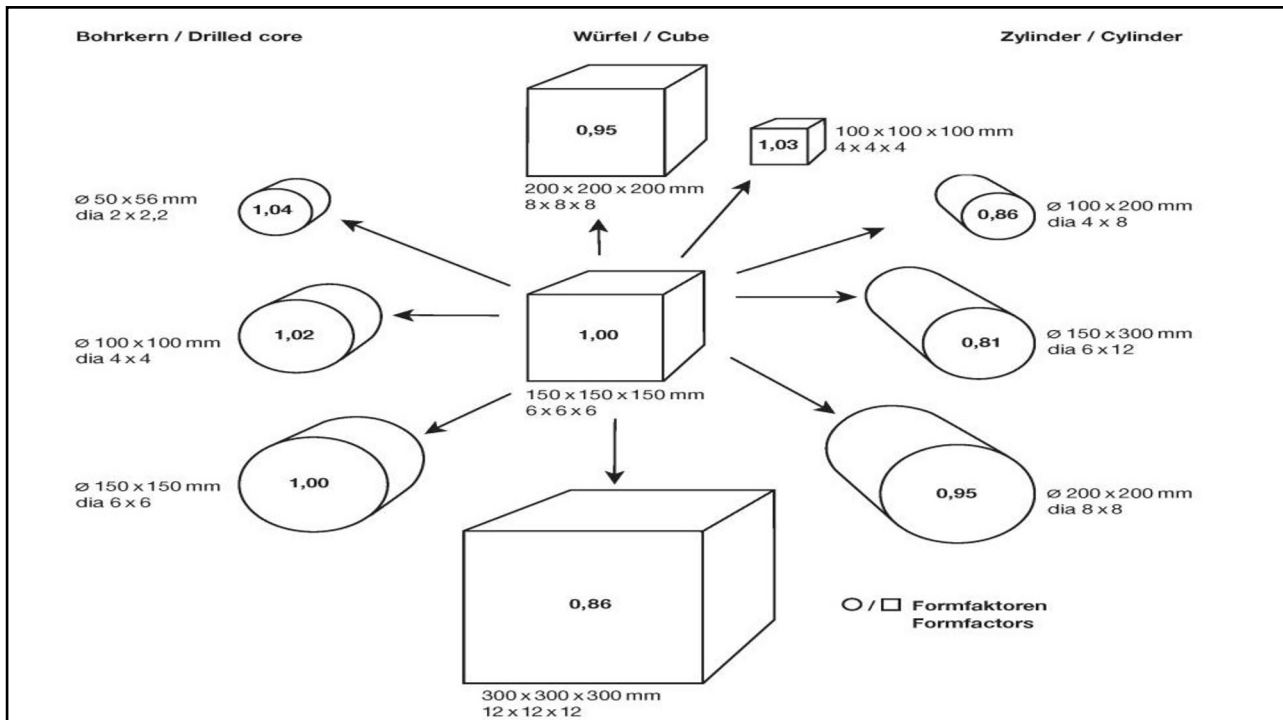
f_{ck} é a resistência na estrutura existente?



Não!

**f_{ck} é a resistência potencial do concreto na
boca da betoneira!**

68



69

moldado $\rightarrow f_{ck} \rightarrow$ resistência potencial do concreto
 estrutura $\rightarrow f_{c,obra}: f_{ck,ais} = f_{ck,real} \rightarrow$ sempre menor
 testemunho extraído $\rightarrow f_{c,ext} \rightarrow$ menor ainda

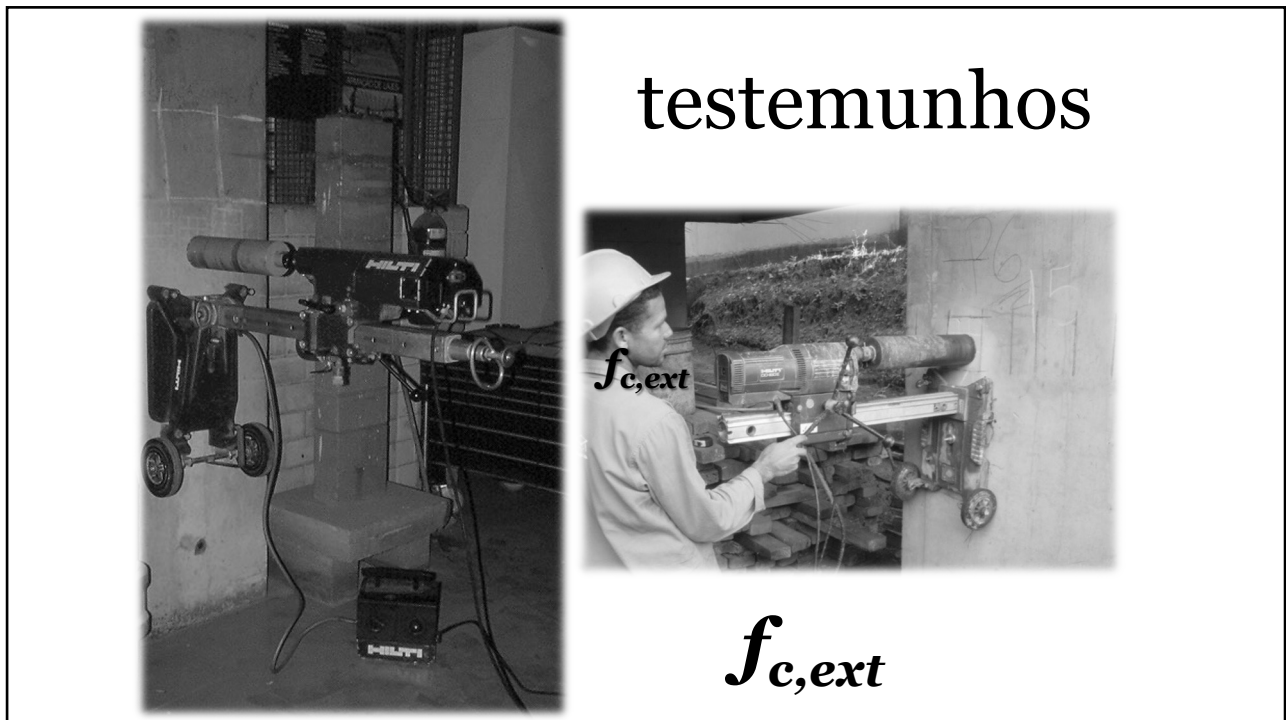
ABNT NBR 6118 ABNT NBR 7680

$\gamma_c = 1,4/1,1 \rightarrow$ portanto $\gamma_c = 1,27 \rightarrow$ portanto se usar $\gamma_c = 1,4$

$\rightarrow$ aumentar f_c do testemunho *1,1

ACI 318 * 1,18 média
 * 1,33 individual

70



71



72

Ensayo: Registro ensayo de absorción y porosidad

Pieza	Dimensiones			A	B	C	D	B ₂			
	h(cm)	Diam. (cm)	Volumen aparente (cm ³)	Masa seca (g)	Masa saturada (g)	Masa sat. luego de ebullición (g)	Masa aparente sum. luego de ebullición (g)	Absorción sat.(%)	Absorción luego de ebullición(%)	Densidad aparente (g/cm3)	Porosidad (%)
T1	13,1	6,7	461,63	1107,0	1120,0	1120,0	658,4	1,2	1,2	2,47	2,82
T2	12,8	6,7	449,88	1076,0	1096,0	1096,0	646,1	1,9	1,9	2,50	4,45
T3	11,7	6,7	411,12	976,0	992,0	993,5	582,4	1,6	1,8	2,48	4,26
T4	13,4	6,7	471,02	1136,0	1149,0	1150,5	679,5	1,1	1,3	2,49	3,08
T5	13,2	6,7	465,15	1116,0	1130,5	1133,0	667,8	1,3	1,5	2,49	3,65
T6	12,6	6,7	444,01	1077,0	1091,0	1092,0	648,0	1,3	1,4	2,51	3,38

73

Ensaio de resistência à compressão axial

Ensayo: Registro de rotura de testigos.

H° tipo	Pieza	Fecha extracción	Fecha rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia compresión (MPa)	* Resistencia corregida por forma (MPa)
--	T1	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,90	20,9	20,4
--	T2	7/5/2024	17/7/2024	6,80	13,00	12,5	12,3
--	T3	7/5/2024	17/7/2024	6,80	8,00	15,5	14,0
--	T4	7/5/2024	17/7/2024	6,80	10,70	15,8	15,2
--	T5	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,70	26,0	25,3
--	T6	7/5/2024	17/7/2024	6,80	10,00	22,9	21,9
--	T7	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,50	16,5	15,9

74

Ensayo: Registro de rotura de testigos.

H° tipo	Pieza	Fecha extracción	Fecha rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia compresión (MPa)	* Resistencia corregida por forma (MPa)
--	T1	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,90	20,9	20,4
--	T2	7/5/2024	17/7/2024	6,80	13,00	12,5	12,3
--	T3	7/5/2024	17/7/2024	6,80	8,00	15,5	14,0
--	T4	7/5/2024	17/7/2024	6,80	10,70	15,8	15,2
--	T5	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,70	26,0	25,3
--	T6	7/5/2024	17/7/2024	6,80	10,00	22,9	21,9
--	T7	7/5/2024	17/7/2024	6,80	11,50	16,5	15,9

Ensayo: Registro de rotura de testigos.

H° tipo	Pieza	Fecha extracción	Fecha rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resistencia compresión (MPa)	* Resistencia corregida por forma (MPa)	FC esbeltez
--	T1	17/9/2024	3/10/2024	6,70	11,70	54,6	53,5	0,98
--	T2	17/9/2024	3/10/2024	6,70	12,00	35,8	35,1	0,98
--	T3	17/9/2024	3/10/2024	6,70	10,50	50,0	48,5	0,97
--	T4	17/9/2024	3/10/2024	6,70	11,90	49,5	48,5	0,98
--	T5	17/9/2024	3/10/2024	6,70	12,10	50,0	49,0	0,98
--	T6	17/9/2024	3/10/2024	6,70	11,60	62,3	61,1	0,98

75

1.8.5. Criterios de Evaluación.

- Para espesor de recubrimiento de 30 mm en ambientes severos se recomiendan hormigones con sorción capilar $S \leq 3 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$); en medios menos severos puede ser hasta de $6 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($10^{-4} \text{ m/s}^{1/2}$). Si el espesor de la cubierta se incrementa, la sorción capilar puede modificarse proporcionalmente⁽⁵⁾.
- En cuanto al porcentaje de Porosidad:

$\leq 10\%$ Indica un hormigón de buena calidad y compacidad

10% - 15% Indica un hormigón de moderada calidad

$> 15\%$ Indica un hormigón de durabilidad inadecuada

77



Procedimentos de reforço

acervo de PhD Engenharia

78



79

ABNT NBR 8802

Ultrassom

vazios internos, módulo, homogeneidade, “resistência”

80

$$V = \sqrt{\frac{E(1 - \mu)}{\rho(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}$$

onde: V : velocidade do pulso de ondas longitudinais (m/s);
 E : módulo de elasticidade dinâmico (N/m²);
 μ : coeficiente de Poisson dinâmico;
 ρ : densidade (kN/m³).

A ABNT NBR 8802 (2013) fornece a Equação 2.4 para o cálculo da velocidade de propagação de ondas.

$$V = \frac{L}{t}$$

81



ultrassom

82

ultrassom calibragem



83



ultrassom

84

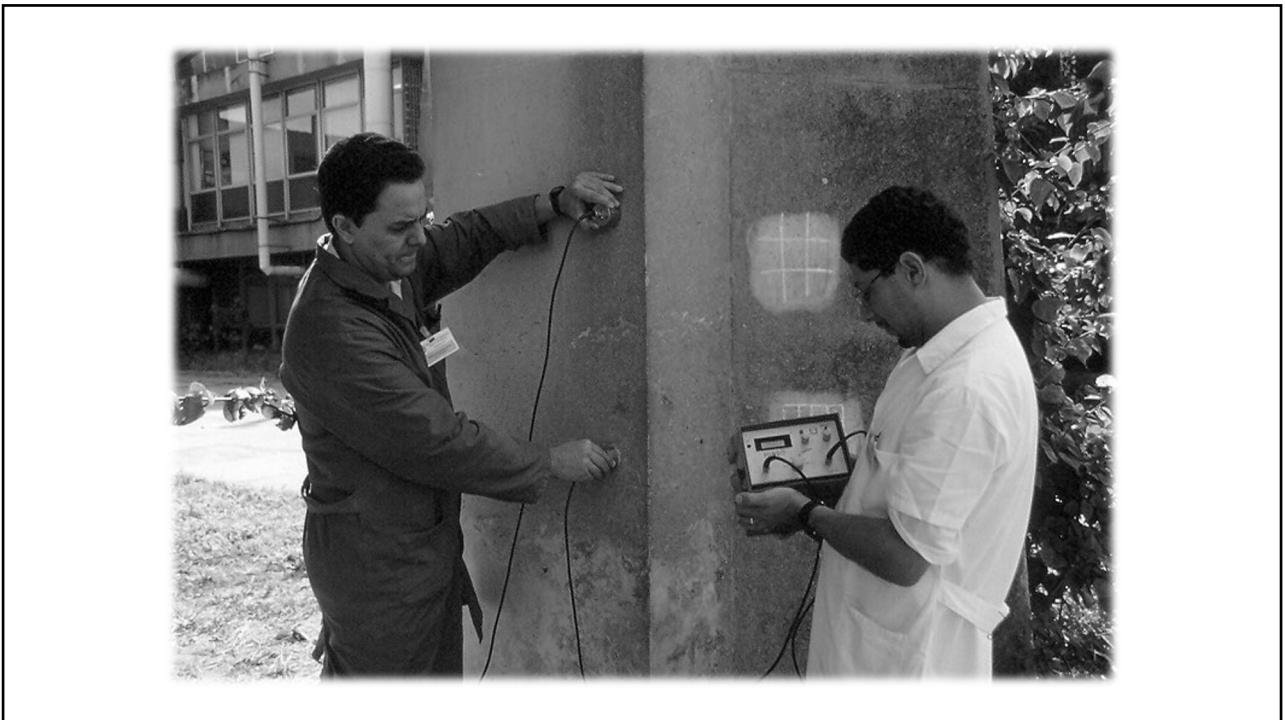


ultrassom

85



86



87

DESCRIÇÃO	SEGMENTO Nº	COMPRIMENTO / DISTÂNCIA (m)	TEMPO DE PROPAGAÇÃO (10 ⁻⁶ s)	VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM (m/s)	QUALIDADE DO CONCRETO
VIGA LONGARINA VL4 - FACE OESTE	1-2	0,1	66,1	3953	BOM
	1-3	0,2	116,7		
	1-2	0,1	66,3	4376	BOM
	1-3	0,2	112,0		
	1-2	0,1	62,1	4073	BOM
	1-3	0,2	111,2		
MURO DE ALA AL2 - FACE SUL	1-2	0,1	44,3	3373	ACEITÁVEL
	1-3	0,2	103,6		
	1-2	0,1	47,0	5168	EXCELENTE
	1-3	0,2	85,7		
	1-2	0,1	48,1	3448	ACEITÁVEL
	1-3	0,2	106,1		
LAJE LATERAL EM BALANÇO LB2 - FACE OESTE	1-2	0,1	67,2	1497	PÉSSIMO
	1-3	0,2	20,1		
	1-2	0,1	74,6	1986	PÉSSIMO
	1-3	0,2	175,3		
	1-2	0,1	41,7	1263	PÉSSIMO
	1-3	0,2	200,0		

88

BS 1881. Testing Concrete

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA ULTRASSÔNICA NO CONCRETO (m/s)	QUALIDADE DO CONCRETO
> 4500	EXCELENTE
3500 a 4500	BOM
3000 a 3500	REGULAR
2000 a 3000	RUIM
< 2000	PÉSSIMO

89

ABNT NBR 12655

Agressividade

sulfatos externos, cloretos, pH, magnésio, amônia..

90

ABNT NBR 12655
Sulfatos
Cloretos
Solo Agressivo
e
outros agressivos

passar ppm para %
 $100 \text{ ppm} = 100/1000000 * 100$
 $100 \text{ ppm} = 0,01\%$

Tabela 4 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	Ver Tabela 6	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

91

Cloretos

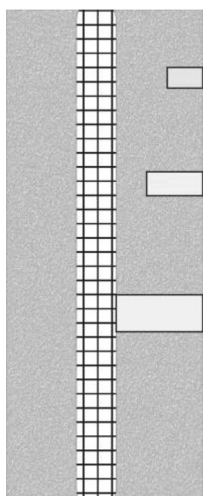
ABNT NBR 12655:2022

Tabela 5 – Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto

Condições de serviço da estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl ⁻) no concreto % sobre a massa de cimento
Concreto protendido	0,05
Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

92

Cloretos



ACI, CEB, Internacionais

≤ 0,4% concreto armado

≤ 0,05% concreto protendido.

93

Cloretos

a) Conhecidos:

- Perfil de concentração de cloretos
- Idade da estrutura

b) Calcular o coeficiente de difusividade pela 2ª lei de Fick

c) Simplificadamente ajustar uma lei do tipo $e_{cl} = k_{cl} \cdot t^{0,5}$

94

Modelos de previsão de vida útil Difusão de cloretos

- Com base em enfoque determinista (LIFE-365);
- Com base em enfoque probabilista (DURACON).

95

Life-365



O software Life-365 é uma ferramenta de auxílio para calcular a vida útil considerando a difusão for cloreto segundo o ACI 365.

É possível fazer o download pelo site:
www.life-365.org/download.html

96

DURACON

O software Duracon é uma ferramenta desenvolvida na Dinamarca para calcular a vida útil considerando a difusão por cloreto.

Foi o software utilizado por Odd E. Gjorv em seu livro “Projeto da durabilidade de estruturas de concreto em ambiente de severa agressividade”.

É possível fazer o download pelo site:
www.pianc.no/duracon.php

97

Outros agentes agressivos

ABNT NBR 12655:2022

Tabela 6 – Características para concreto exposto a soluções aquosas agressivas

Condições de exposição	pH ^a (ABNT NBR 16937-7)	CO ₂ agressivo mg/L (ABNT NBR 16937-5)	Íon magnésio mg/L (ABNT NBR 16937-3)	Íon amônia mg/L (ABNT NBR 16937-2)	Resíduo sólido mg/L (ABNT NBR 16937-4)	Sulfatos ppm (ABNT NBR 16937-6)	Máxima relação água/cimento ^a	Mínimo f _{ck} MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	< 150	Conforme a Tabela 2	Conforme a Tabela 2
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	150 a 1 500	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	> 1 500	0,45	40

^a Propriedade adimensional.

NOTA Esta Tabela não é exaustiva e, para casos em que as soluções aquosas apresentem movimentação, temperatura elevada, maior mobilidade iônica, valores de pH diferentes ou outros, recomenda-se consultar a literatura técnica aplicável aceita pela comunidade tecnocientífica internacional, como as constantes na Bibliografia desta Norma.

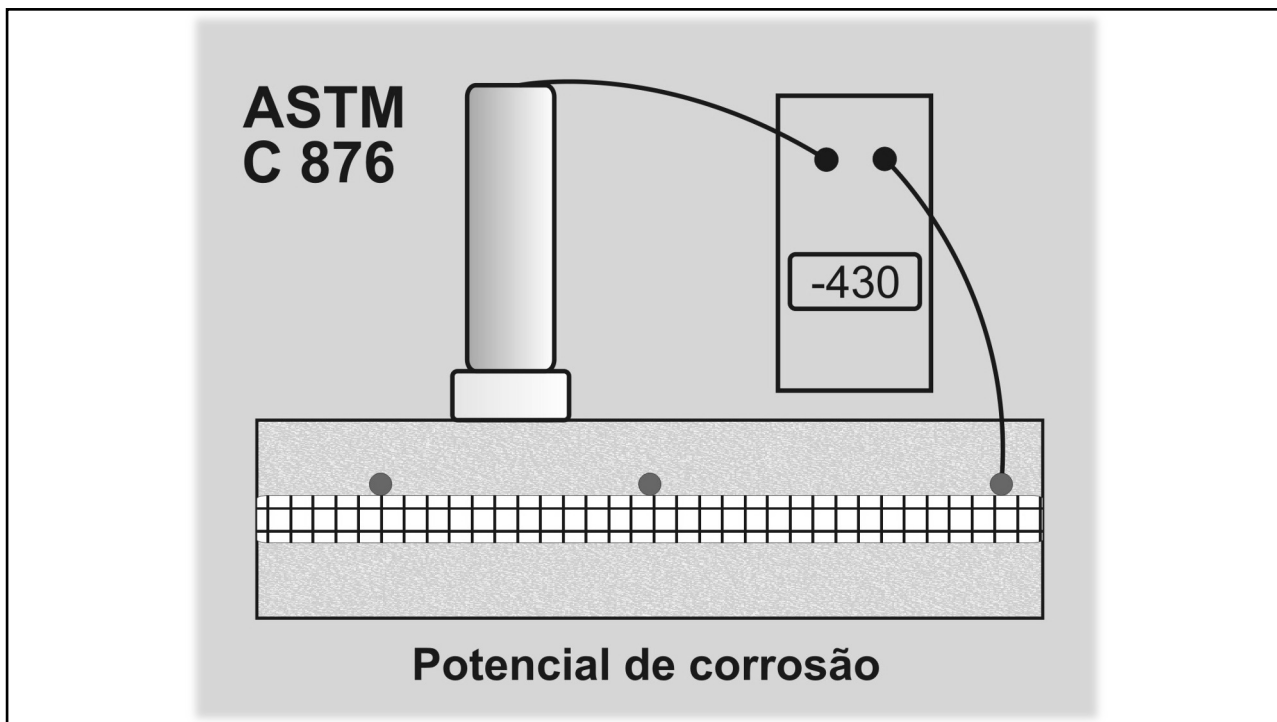
98

ASTM C 876

Potencial de Corrosão

equilíbrio termodinâmico instantâneo, passivado ou despассивado

99



100



101



102



103

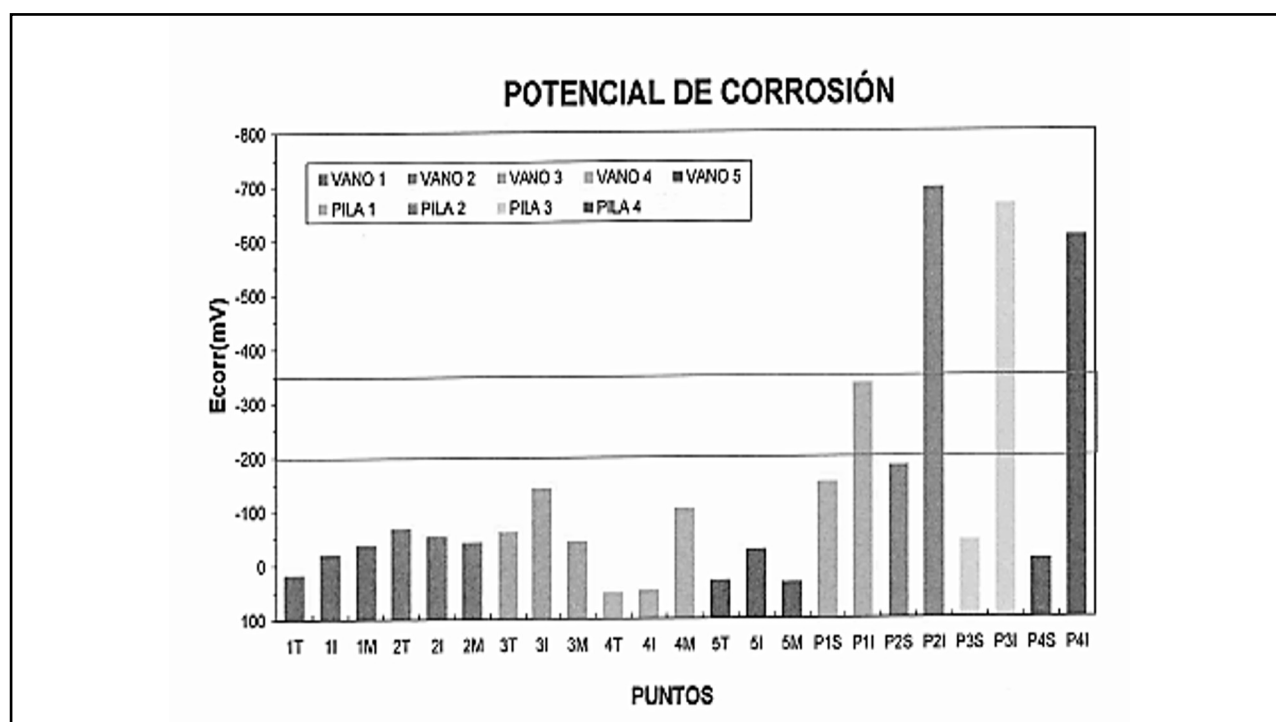
POTENCIAL DE CORROSÃO

Crêterios de avaliação segundo a ASTM C-876

E_{corr} (mv, Cu/SO ₄ Cu)	PROBABILIDADE DE CORROSÃO
> -200	< 5%
entre -200 e -350	50%
< -350	> 95%

A utilização dessa técnica para a obtenção de um mapa de linhas equipotenciais pode ser bastante útil no momento de identificar as regiões de caráter anódico de uma estrutura de grandes dimensões (FIGUEIREDO et al., 1991). Esses mapas têm sido usados para planejar trabalhos de reparo de estruturas de concreto.

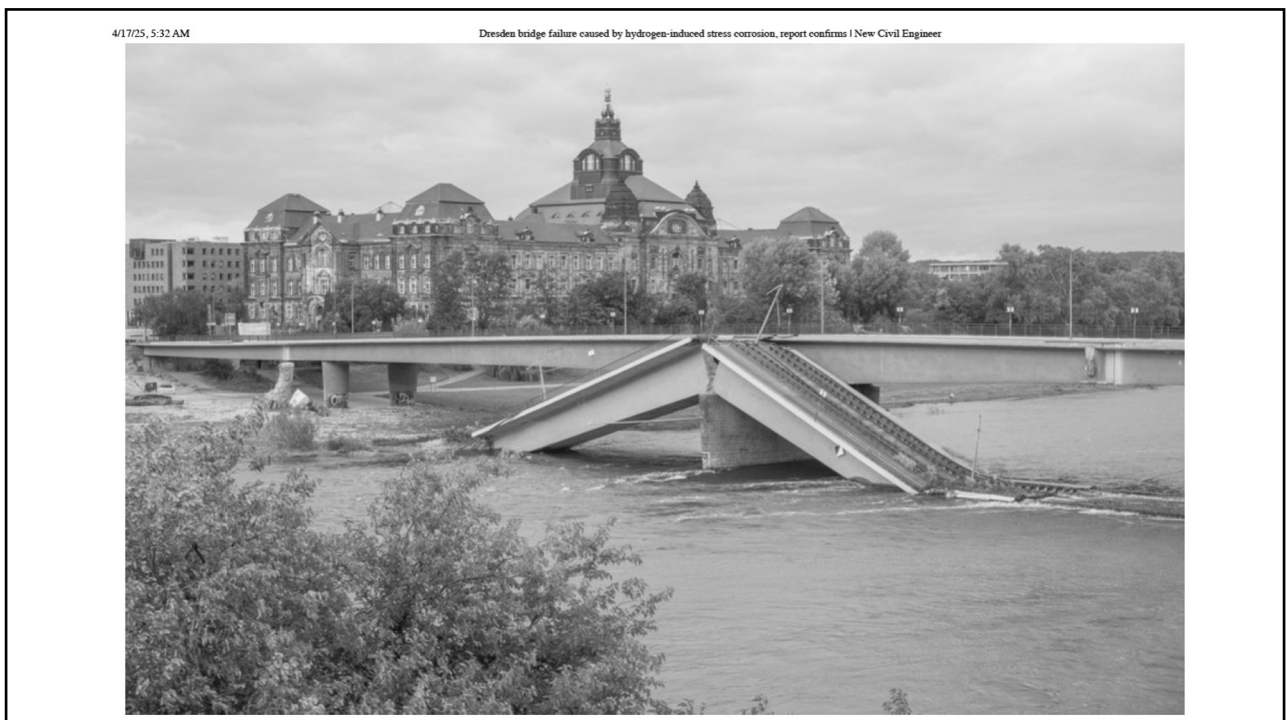
104



105



106



107

Dresden bridge failure caused by hydrogen-induced stress corrosion, report confirms

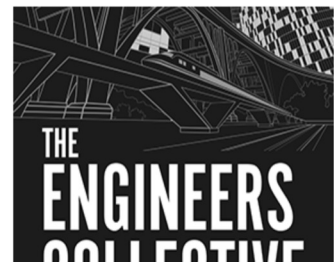
19 DEC, 2024 | BY ROB HAKIMIAN

Hydrogen-induced stress corrosion cracking has been identified as the primary cause of the failure of the Carola Bridge in Dresden earlier this year.

The City of Dresden has received a comprehensive report from Professor Steffen Marx of the Institute of Concrete Structures at TU Dresden, regarding the catastrophic collapse of the Carola Bridge on September 11, 2024.

The findings, presented to the city's building committee on December 11, 2024, highlight that corrosion damage to the bridge's steel components played a critical role in the incident.

PODCAST



108

Corrosão sob tensão → fragilização por hidrogênio nascente
Como Inspeccionar Cabos de Protensão?



109



110

Pitting Corrosion in Prestressed Piles

by Gray Mullins, Rajan Sen, David Ostrofsky, and Kwangsuk Suh

This study characterized pitting corrosion in prestressed piles, linked it to stress concentration factors through ultimate strength test, and incorporated the findings into a simple predictive damage assessment model. Six one-third-scale Class V concrete prestressed piles were exposed for 18 months to outdoor tidal cycles simulating a marine environment. At the end of exposure, 24 strands were extracted from the piles, and corrosion loss along the strands was quantified using a new Russell's low-biased strand profiler. This identified regions of locally higher steel loss caused by pitting corrosion. The same data set was used to verify gravimetric loss measurements by scanning localized section losses over the specimen length. Profiler data was complemented by microscopic imaging to further define pitting geometry. Ultimate load tests were conducted to examine the effect of pitting on residual tensile strength and ductility. Similarity principles were used to develop a model for predicting in-service stress in pile strands using available inspection report crack width data.

Keywords: gravimetric; imaging; marine; model; pitting; prestressed pile; profile; stress concentration (SC); tensile test.

INTRODUCTION

Pitting or localized corrosion is characteristic of chloride exposure damage. It refers to metal loss in the form of holes or pits at random locations on the steel surface and can occur with little or no corrosion elsewhere. Because of this randomness and nonuniformity, it is more dangerous because estimates of residual strength based on uniform corrosion losses can be unreliable. Therefore, much of the research has been directed toward developing simplified models for characterizing pitting geometry, which are used for estimating residual tensile strength.

Pitting corrosion is prevalent in prestressed concrete piles in coastal areas exposed to tidal cycles. The smooth prestressing steel surface ensures the passive oxide film that forms inside an alkaline concrete environment adheres securely. In contrast, rib deformations in reinforcing steel prevent this passive film from being similarly well bonded. As a result, it can be deligated at multiple locations, and metal loss is more uniform. In this context, it is surprising that more studies have investigated pitting corrosion in reinforced concrete specimens than in prestressed specimens.¹

In the late 1980s, the Florida Department of Transportation (FDOT) began revising specifications, requiring prestressed piles exposed to aggressive chloride environments to be fabricated using high cementitious, low water-cement ratio (w/c), Class V concrete. This low-diffusion concrete was expected to improve durability by increasing the time for chloride ions to diffuse through the concrete cover and depassivate the protective oxide layer on the steel surface. Later, in the early 1990s, FDOT sponsored a research study

to conduct detailed substructure surveys to assess the performance of the new concrete.² Six of the 15 bridges evaluated were fabricated using Class V concrete. At the time of the survey, the prestressed piles were relatively new, ranging in age from 2 to 10 years.

The FDOT survey identified the presence of some shrinkage cracks—and, more importantly, vertical cracks—on the face of the piles, through the cover concrete, and to the level of the steel. Core samples taken near the watertline from different bridges indicated chloride concentrations at the level of the steel were in order of magnitude higher at the cracked locations.³

The much faster chloride-ion transport through cracked concrete ensured it would reach the corrosion initiation threshold range of 0.6 to 0.9 kg/m³ (1 to 1.5 lb/yd³) earlier and destroy the protective passive oxide layer. Localized or pitting corrosion was thereby initiated, driven by the potential difference between the relatively small, cracked region (where the passive film was destroyed) and the surrounding sound concrete sections (where it remained intact).³

PREVIOUS RESEARCH

The sudden and catastrophic failure of prestressed bridges in Italy, the United Kingdom, and elsewhere prompted research on pitting corrosion in prestressing steel.^{4,5} Given this legacy of structural failure, research focused on idealizing observed pitting damage and developing closed-form expressions of the net cross-sectional area⁶ to allow residual tensile strength to be reliably estimated.

The prestressing wire-tensile samples evaluated in these studies were either retrieved from accelerated exposure testing laboratory specimens^{7,8} or obtained from decommissioned beams that had corroded because of outdoor chloride exposure.^{1,9} Sample length evaluated varied from 100 to 1000 mm^{1,10} (4 to 39 in.) depending on the scope of the investigation and how measurements were undertaken.

Geometric characterization

In most steel loss studies, the volume of a sample was determined from its length, width, and depth. Calipers were typically used. However, Jeon et al.¹⁰ used an ASTM G46-21¹¹ recommended gauge containing a retractable needle, which made it more convenient for measuring pit depth. This was used to characterize the pitting geometry

ACI Structural Journal, V. 122, No. 1, May 2019
DOI: 10.1016/j.aci.2018.09.004, accepted June 12, 2019, and
revised after further publication policies. Copyright © 2019, American Concrete
Institute. All rights reserved, including the making of copies, reproduction, or
distribution in any form, without the written permission of the publisher. This
document is intended to be used as a guide only. It is not to be used for legal
purposes. The publisher assumes no responsibility for the accuracy or
completeness of the information presented in this document.

111



Fig. 17—Corrosion progression in prestressed piles: (left) corner cracks; (center) corner spalling; and (right) cover loss (courtesy of FDOT).

112

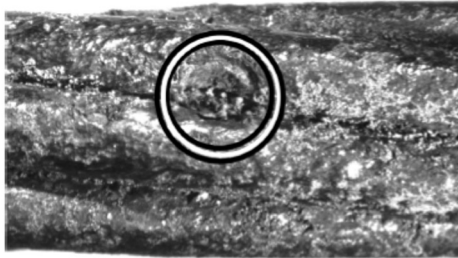


Fig. 10—Example of small-size pit (sample 46BC); image is 12.6 mm (0.5 in.) wide and 9.5 mm (0.375 in.) high.

their frequency was categorized as low, medium, or high. Table 2 summarizes damage scale thresholds.

The strands displayed differing corrosion states, collectively ranging from the initial surface corrosion to high frequency, large pits, and strands with wires completely broken. Pitting was most commonly observed, with some areas showing concentrated damage and others showing more distributed damage covering differing lengths. Because pitting is localized, ultimate strength can be significantly reduced despite a comparatively small percent difference in the overall gravimetric steel loss. Figures 10 to 12 show examples of small, medium, and large pitting corrosion damage, respectively. All microscope images represent a 12.6 mm (0.5 in.) wide and 9.5 mm (0.375 in.) high viewing window. Table 1 lists the corrosion state for all strands.



Fig. 11—Example of medium-size pit (sample 39AB); image is 12.6 mm (0.5 in.) wide and 9.5 mm (0.375 in.) high.



Fig. 12—Example of large-size pit (sample 38CD); image is 12.6mm (0.5 in.) wide and 9.5 mm (0.375 in.) high.

113

CONCLUSIONS

Pitting corrosion in prestressed piles has not been investigated before. This paper is the culmination of multiple research studies extending over a 25-year period and advances the state of knowledge and practice in three distinct areas: 1) developi

profiler to characterize stress concentration (SC) reduction through ultimate simple, conservative measures routinely collected nance authorities a ration

The following are the study:

1. The application of P: a simple, accurate, and e pitting corrosion damage measurement resolution to be controlled by altering the scan rate. The same data set can also be used to characterize gravimetric or uniform corrosion metal loss (Eq. (5), Fig. 8). As noted earlier, profiling can only be performed on extracted strands, which is necessary to better understand the morphology of corrosion loss.

2. The relationship between uniform and pitting corrosion given by the pitting factor (Table 1) varied between 2.6 and 7.94. Its average value was 4 (Fig. 9)—that is, the localized cross-sectional area from pitting loss was four times the uniform loss.

2. The relationship between uniform and pitting corrosion given by the pitting factor (Table 1) varied between 2.6 and 7.94. Its average value was 4 (Fig. 9)—that is, the localized cross-sectional area from pitting loss was four times the uniform loss.

ABNT NBR
15577
AAR



116



Edifício 22 pisos
Em construção
Idade: 1 ano

117



Edifício 15 pisos
Diagnosticado em 2005
Idade: 3 anos

Fonte: Tibério Andrade

118



Edifício 25 pisos
Diagnosticado 2011
Idade: 2 anos

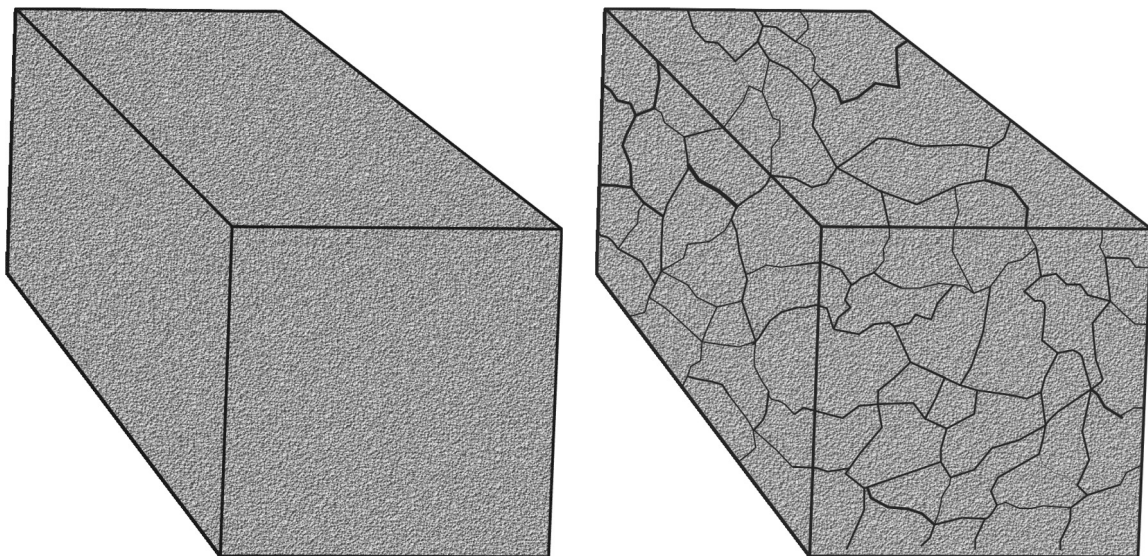
Fonte: Tibério Andrade

119

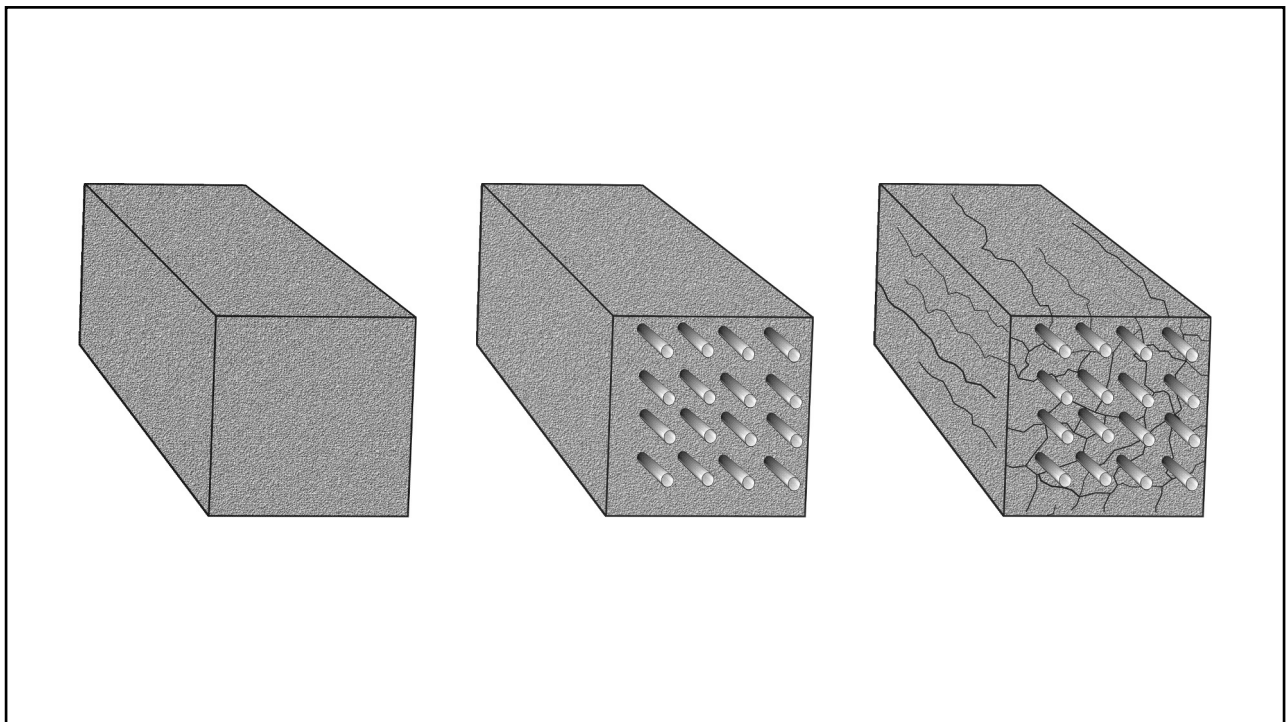
Vários estudos demonstraram que as forças de expansão dos produtos dessas reações expansivas geram tensões de tração da ordem de

3 MPa a 5 MPa

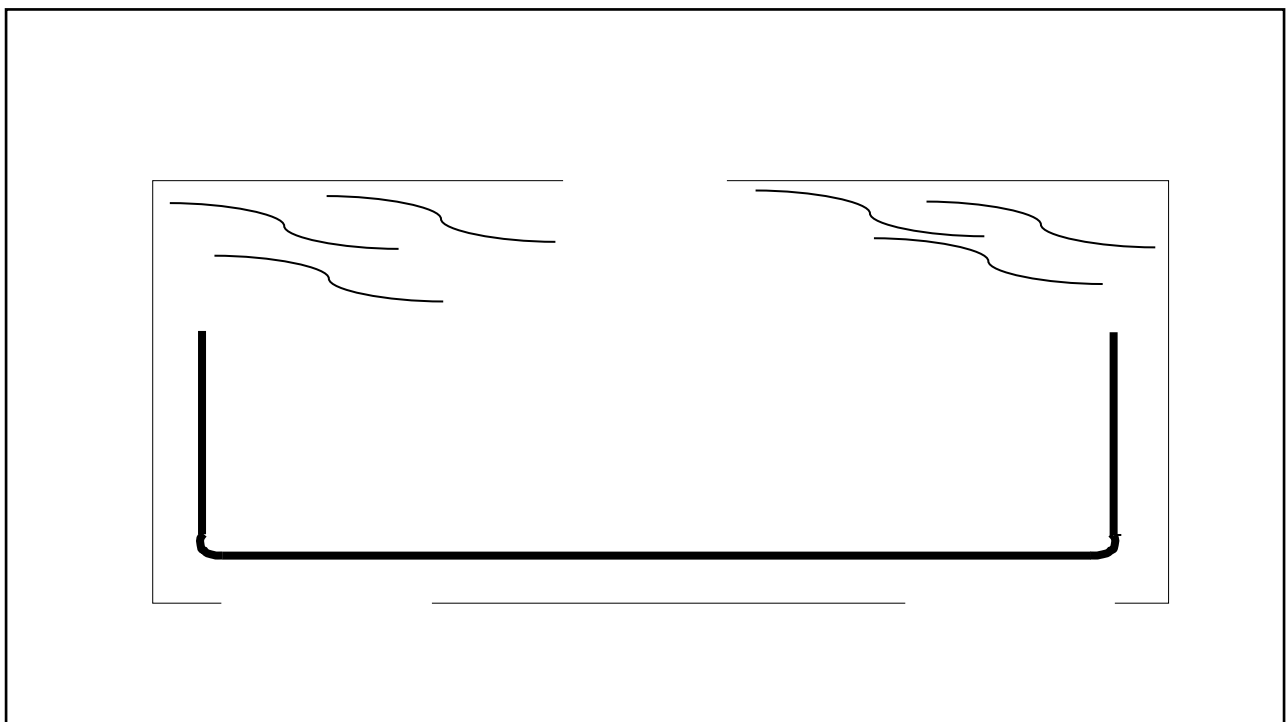
120



121



122



123

Diagnóstico → “*in loco*” e em laboratório (testemunhos)

- Observação visual
- Data, idade, anamnese
- Características originais do concreto
- Projeto estrutural
- Resistência à compressão
- Módulo (ultrassom)
- Ensaios de expansibilidade
- Petrografia ASTM C 856
- Difração Raios X
- Microscopia eletrônica e estereoscópica
- Espectroscopia Energia Dispersiva
- Espectroscopia Infravermelho
- Termogravimetria

FONTE: GRUPO DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS-UFPB

124

American Concrete Institute

ACI

Concrete International

July 2005

Tests for Alkali-Aggregate Reaction

A case study of a bridge in Brazil

BY PAULO HELENE, M. FERNANDA PEREIRA, AND PEDRO CASTRO

The Paulo Guerra Bridge in Recife, Brazil, was constructed in 1977. Because the bridge is subject to marine spray as well as wet and dry cycles, it can be considered to be in a marine environment.¹ It is therefore not surprising that signs of deterioration are already evident on the deck, superstructure, and substructure. This article provides a summary of the inspection (previously provided in Portuguese) and the recommended repairs for the bridge's foundation blocks (pile caps).² These blocks were constructed using precast, reinforced concrete boxes that served as permanent forms for cast-in-place footings connecting the bridge piers to supporting piles (Fig. 1).

INSPECTION AND TESTING

Visual inspection of the foundation blocks was performed according to well-established procedures.³ Stains typical of corrosion and leaching were detected, as well as cracks with defined paths (Fig. 1). Possible explanations for the cracking included expansion due to corrosion products, expansive reactions (alkali-aggregate reaction [AAR] or sulfate attack), or delayed hydration of magnesium or calcium oxides.

Figure 2 is a schematic view of the bridge, showing the relative locations of the foundation blocks. A commercially

available pachometer was used to detect bars in the concrete. Ultrasonic pulse tests⁴ were conducted, as well as tests for carbonation,⁵ chloride concentration,⁶ electrochemical resistivity,⁷ and corrosion potential.⁸ Because of the concrete thickness, it was not possible to measure corrosion rate.

Concrete cores were obtained at several locations and were used to determine compressive strength⁹ and modulus of elasticity.¹⁰ Further, portions of these cores were used for petrographic evaluations.^{11,12}

OBSERVATIONS

Ultrasonic pulse velocity tests indicated that velocity increased with depth. Compressive strength and modulus of elasticity values taken from cores are shown in Table 1. As with the pulse velocity results, the strength and elastic modulus values increased with depth.

As expected in a marine environment, the depth of carbonation was insignificant.

The specified concrete cover for the blocks was 100, 150, and 125 mm (4, 6, and 5 in.) for the top, bottom, and side bars, respectively. Although the minimum cover measured using the pachometer was close to 80 mm (3.1 in.), corrosion potential was generally between

Concrete International / JULY 2005 1

125

Revista
 Concreto & Construções
 # 57
 Ano XXXVIII
 Jan. • Fev. • Mar. 2010
 ISSN 1809-7197
 www.ibracon.org.br

pesquisa aplicada
 ensaio acelerado brasileiro

Reação álcali-agregado - Método Acelerado Brasileiro de Prismas de Concreto (ABCPT)

LEANDRO SANCHEZ - MSc - DOUTORANDO
 UNIVERSITÉ LAVAL

SELMO KUPERMAN - DIRETOR
 DESEX

PAULO HELENE - PROFESSOR TITULAR
 ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

RESUMO

Muitos são os métodos de ensaio de laboratório que vêm sendo atualmente utilizados na prevenção da reação álcali-agregado (RAA). Dentre estes, destacam-se: a análise petrográfica, preconizada pela NBR-15577-3 ou ASTM C 295; o método acelerado de barras de argamassa (AMBT), preconizado pela NBR 15577-4 ou ASTM C 1260; e o método de prismas de concreto (CPT), preconizado pela NBR 15577-6 ou ASTM C 1293. Entretanto, ainda não existe um ensaio que seja consenso no

seis agregados (granito de Embu das Artes, seixo de quartzo de Três Lagoas, basalto de Americana, basalto de Birigui, milonito de Recife e calcário de Spratt, Canadá). Os agregados foram testados pelos métodos ABCPT e CPT e, após a confecção dos ensaios, uma análise comparativa entre os métodos foi realizada. Paralelamente aos ensaios de expansão, foi feita a análise petrográfica das amostras. Os resultados indicam que o ABCPT demonstra grande potencial para utilização na análise e classificação de agregados em obras correntes de engenharia,

126

	pacometria	pacometria	esclerometria	ultrasom	modulo	fc	vazios	absorção água	massa específica	carbonatação	cloretos	potencial
	cobrimento (mm)	bitola (mm)	IE médio (%)	m/s	GPa (12MPa)	MPa (Φ=10 cm)	%	%	kg/m3	mm (40anos)	% (concreto)	mV
Longarina	27	20	54	5064	38,5	42,3	2,4	2,3	2371	15	0,11	-440
longarina	32	20	45	4943	30,1	38,3	3,4	3,3	2398	3	0,02	-55
Longarina	32	20	55	4411	29,5	38,6	9,1	3,3	2298	11	0,03	-60
longarina	15	20	42	4886	37,7	37,1	7,2	3,4	2351	8	0,02	-190
longarina	14	20	50	5574	40,9	40,9	3,9	4	2462	8	0,01	-115
longarina	25	20	57	5030	40,6	38,9	5,6	3,2	2421	12	0,04	-100
trasversina	13	16	21	2627	38,7	20,4	13,4	5,8	2313	15	0,1	-350
trasversina	24	16	19	2478	30,1	12,3	13,6	5,9	2312	9	0,09	-292
trasversina	18	16	18	2871	35,2	14,1	13,4	5,7	2348	17	0,2	-492
trasversina	18	16	20	2323	29,5	15,2	14,3	6,1	2351	19	nihil	180
trasversina	23	16	19	3197	32,8	25,3	13,6	5,9	2297	11	nihil	-130
trasversina	14	16	20	2573	35,1	21,9	13,3	5,7	2331	18	0,01	-180

127

Durabilidade de Pontes Irmãs. Cabos Roebling Galvanizados e Aderentes versus Cabos Engraxados

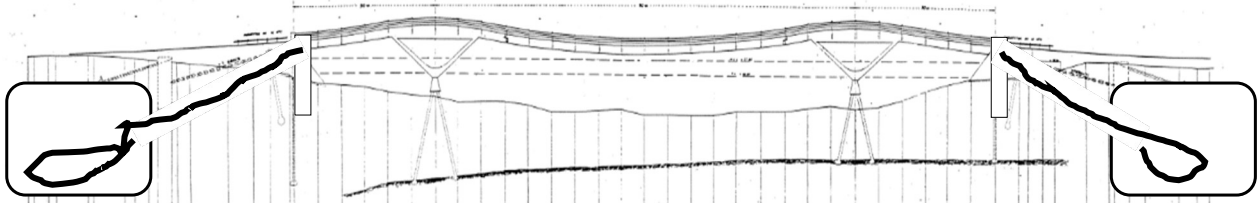
*Ponte Leonel Viera e Ponte de la Barra,
Uruguai*

128



130

Ponte Leonel Viera (1963→1965) cabos aderentes contínuos galvanizados

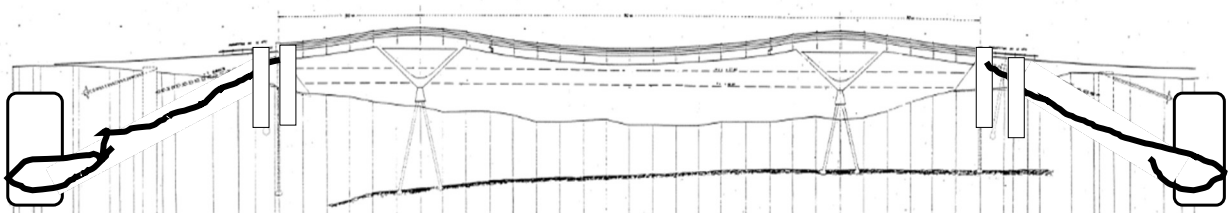


Protensão Engenhosa

1. Estica os cabos e ancora nos grandes maciços;
2. Completa armadura frouxa;
3. Apoia lajes pré-fabricadas desconectadas;
4. Carrega as lajes com carga de projeto;
5. Concretagem;
6. Retira as cargas;
7. Concreta acabamentos.

131

Ponte de la Barra (2000) cabos aderentes + cabos engraxados



Protensão Tradicional

1. Usa os cabos aderentes para suportar o peso próprio;
2. Usa os cabos não aderentes para suportar as cargas acidentais;
3. Com isso reduz volume do maciço;
4. Cria junta de dilatação....

132

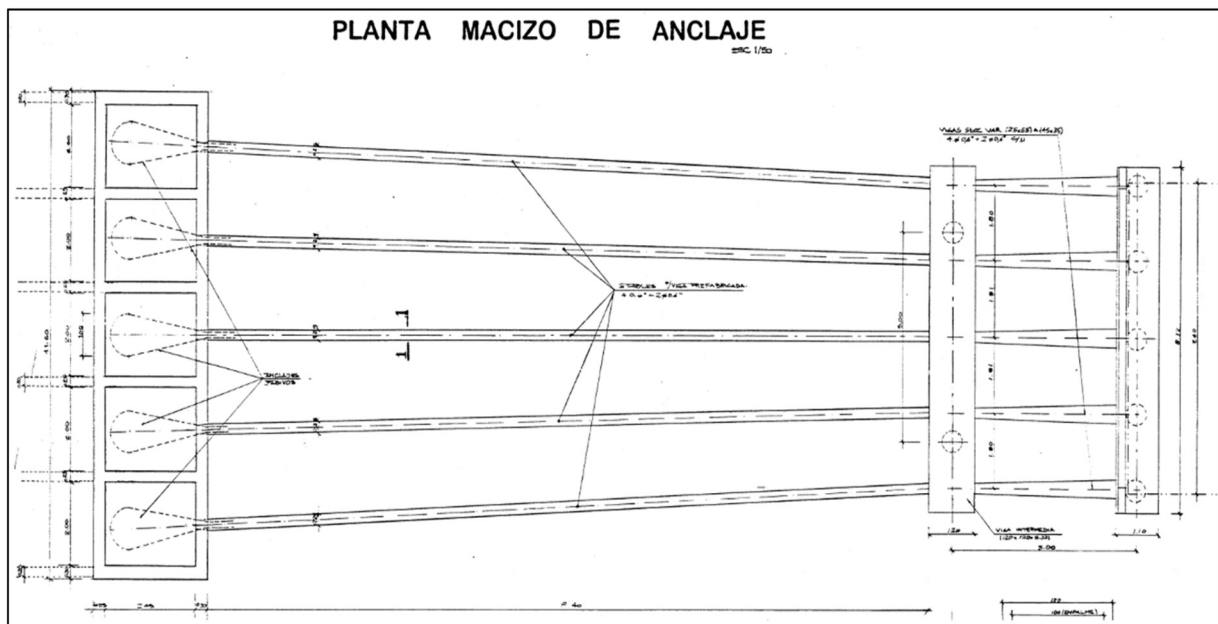


Figura 2.2. Detalle en planta del sistema de anclaje en los estribos de cabecera y macizo externo.

133

la diaria maldonado

[PORTADA](#)
[POLÍTICA](#)
[MUNDO](#)
[DEPORTE](#)
[OPINIÓN](#)
[CULTURA](#)
[MÁS](#)

INGRESÁ

SUSCRIBITE

≡

MENÚ

Informe técnico indica “peligro real” de derrumbe del puente de La Barra

Publicado el 10 de octubre de 2022

[Maldonado > Turismo](#)

🕒 1 minuto de lectura

Hasta el viernes, el puente había descendido un metro y diez centímetros; se prohibió la navegación en la zona.

134

☰

1 Nov, 2023

Argentina

Colombia

España

México

Perú

Mundo

Últimas Noticias

REGISTRO

intobae

Últimas Noticias

Rusia invade Ucrania

Deportes

Venezuela

Tecnología

ESPN

Qué Puedo Ver

Entretenimiento

Leamos

EEUU

AMÉRICA LATINA >

Tratan de salvar a uno de los puentes de La Barra en Punta del Este ante el riesgo de colapso

La estructura ondulante ya descendió más de un metro y está más afectada de lo que se pensaba. El intendente Enrique Antía reconoció la “situación delicada” y “el riesgo latente de que se pueda caer” pero dijo que intentan apuntalarlo para que circule el tránsito liviano durante la temporada de verano

135



136



137



138

Mientras continúan los trabajos en el puente afectado, instalarán sistemas de control de velocidad y peso en el Leonel Viera

Este martes quedó colocado un tercer pilote y se rellenaron, con diez metros cúbicos de hormigón cada uno, los dos que ya estaban colocados

26 octubre, 2022



Las obras en el puente afectado continúan y este martes quedó colocado el tercero de los cuatro pilotes que está previsto colocar, y se rellenaron, con diez metros cúbicos de hormigón los dos que ya están colocados desde hace unos días.

En las próximas horas, si el tiempo lo permite, continuarán los trabajos hasta completar los pilotes necesarios para sostener las vigas restantes que servirán para apuntalar el puente.

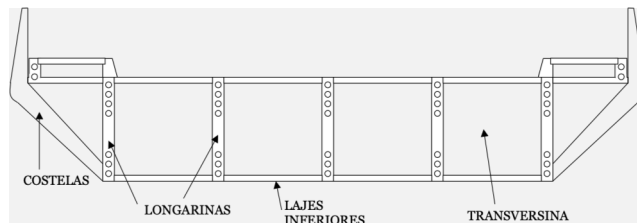
Por otra parte, el equipo de buzos trabajó inspeccionando el fondo donde van a colocarse los otros pilotes, lo que se conoce como "hincado" de los mismos.

139

Descrição “ponte Leonel Viera”

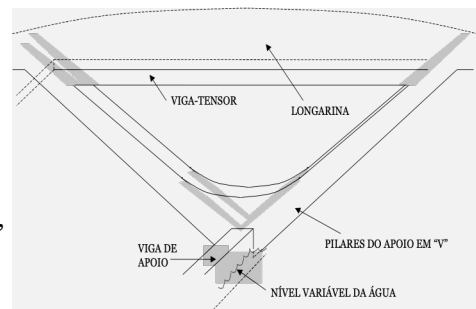
Estrutura/projeto

- f_{ck} : 22 MPa (35 MPa)
- cimento: 375 kg/m³
- a/c: 0,5



Seção transversal da ponte

- Tabuleiro tipo caixão constituído de longarinas e transversinas isoladas
- Longarinas: cabos da casa Roebling de aço galvanizado
- Mesa superior e inferior em laje armada
- 5 vigas longarinas e dois apoios formados por pilares em “V”
- 3 vãos com 30m, 90m e 30m de luz



140

“ponte Leonel Viera → 2000”



141

Inspeção

observação visual e registro fotográfico



***“ponte
Leonel
Viera”***

144

Inspeção

***“ponte
Leonel
Viera”***



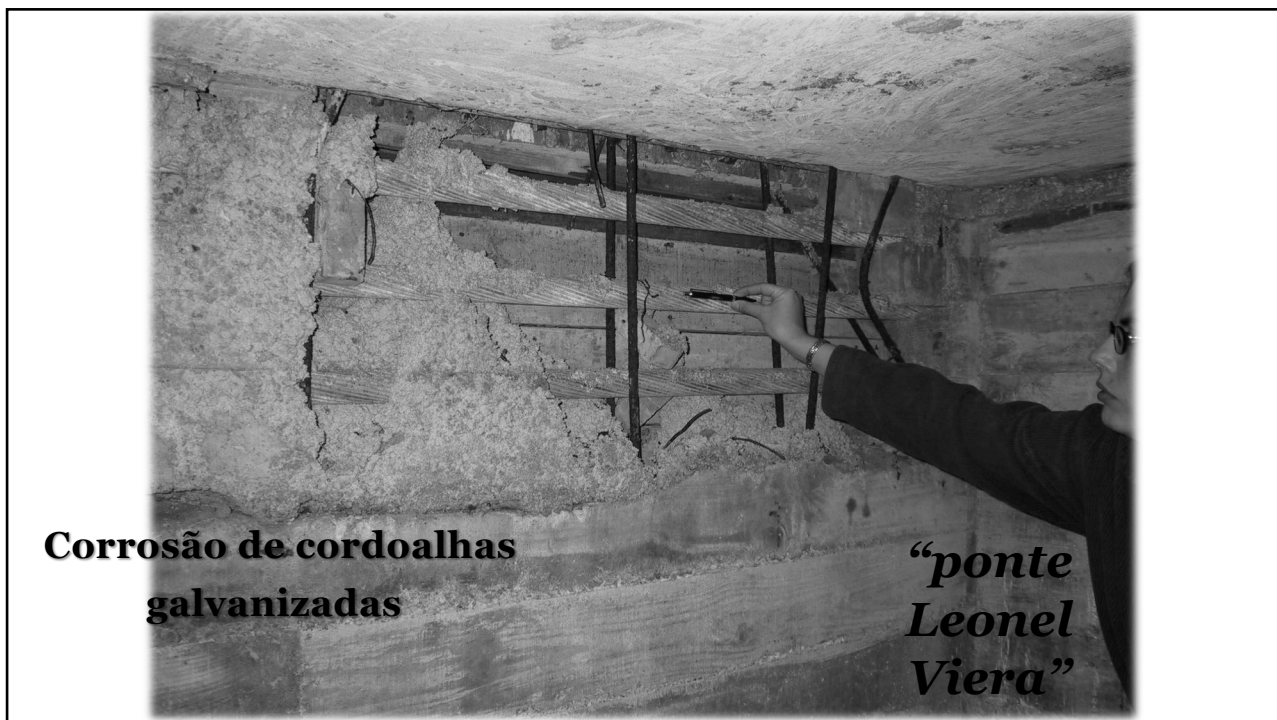
145

Madeira das formas

***“ponte
Leonel
Viera”***



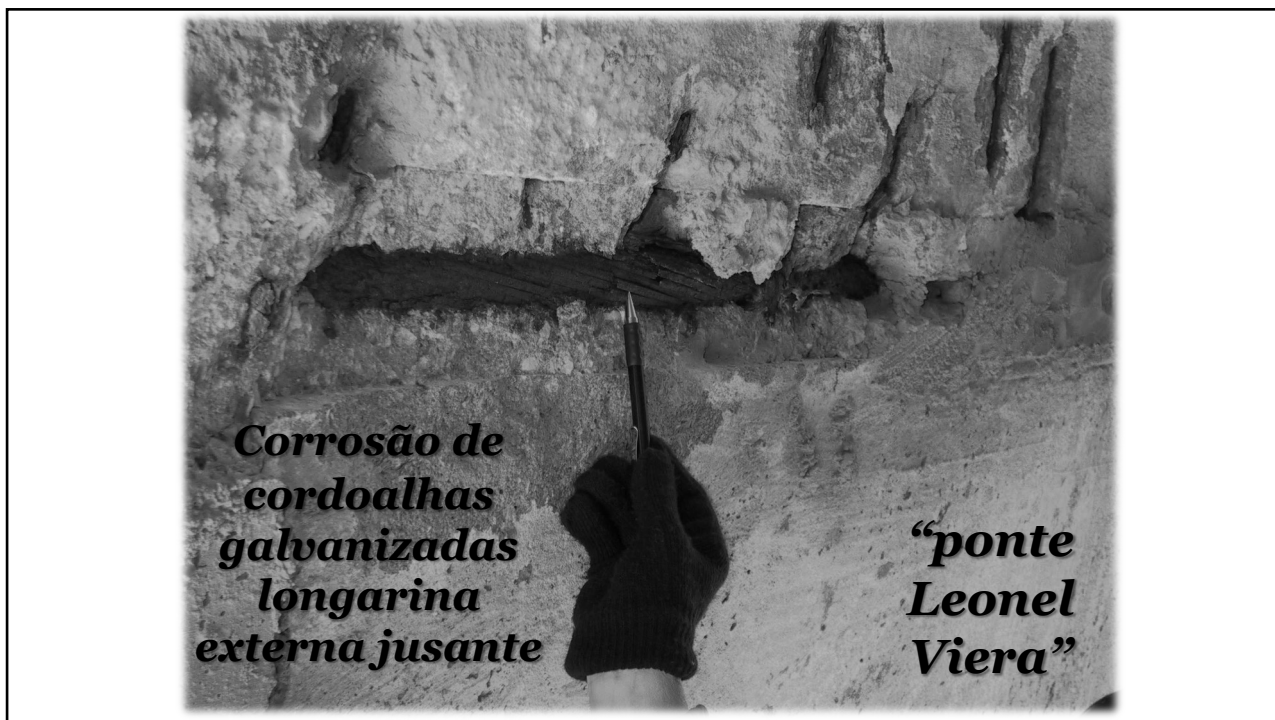
146



147



148



149



150

“ponte Leonel Viera” → conclusões

1. Internamente, em áreas onde não havia revestimento de concreto, foram necessários cerca de 47 anos para que o revestimento de zinco fosse consumido e o núcleo de aço exposto à ação direta do meio ambiente.
2. Internamente, nas partes revestidas, foram necessários 39 anos para que a frente de carbonatação chegasse à superfície dos fios ($0,6\text{cm}/\sqrt{\text{ano}}$). Levaria mais 47 anos para expor o aço carbono
3. A corrosão observada na cordoalha galvanizada nas longarinas externas é do tipo generalizada, sem evidência de corrosão localizada como um pite. Frente de cloreto levou 19 anos ($1,2\text{cm}/\sqrt{\text{ano}}$).
+ 28anos para consumir 80micra de zinco

151

“ponte Leonel Viera” → conclusões

4. As perdas máximas observadas atingem 1,1% da seção transversal original de todas as armaduras inferiores e 3% dos 39 cabos da secção transversal das longarinas.
5. O tipo de fratura observada "in situ" em fios rompidos por corrosão generalizada é de natureza frágil, confirmada por estudos laboratoriais.
6. As micrografias permitiram estimar espessuras residuais de zinco

152

“ponte Leonel Viera” → conclusões

7. Estudos microscópicos e ensaios de tração simples permitiram caracterizar o tipo de aço colocando-o na classificação de Roebling como IPS, galvanizado a quente e com espessura de zinco acima de 80 micra. São 37 fios de arame na cordoalha com 5,14 mm de diâmetro cada um. Área total de 7,6 cm² .
8. Ensaio de tração lenta de fios expostos a meio alcalino realizados em laboratório confirmaram a liberação de hidrogênio no início, o que poderia induzir a fragilização do aço tracionado, mas isso não foi confirmado na prática (risco na recuperação...)

153

Ponte Leonel Viera → Diagnóstico

1. Não requer reforço estrutural, só reparos;
2. Leve corrosão de armaduras localizada;
3. Estrutura segura: *fundações, blocos, lajes, vigas, pilares*
4. Cordoalhas em bom estado geral, reparos localizados;
5. Precisa modernizar: *iluminação, calçadas, drenagens, guarda-corpo, barreiras New Jersey...*

154

Ponte Leonel Viera → Intervenção Corretiva

1. Inserir janelas de inspeção nos caixões perdidos;
2. Reparar localizadamente concreto e aço;
3. Argamassa estrutural e graute base cimento, 50 MPa;
4. Usar inibidores de corrosão na massa;
5. Modernizar

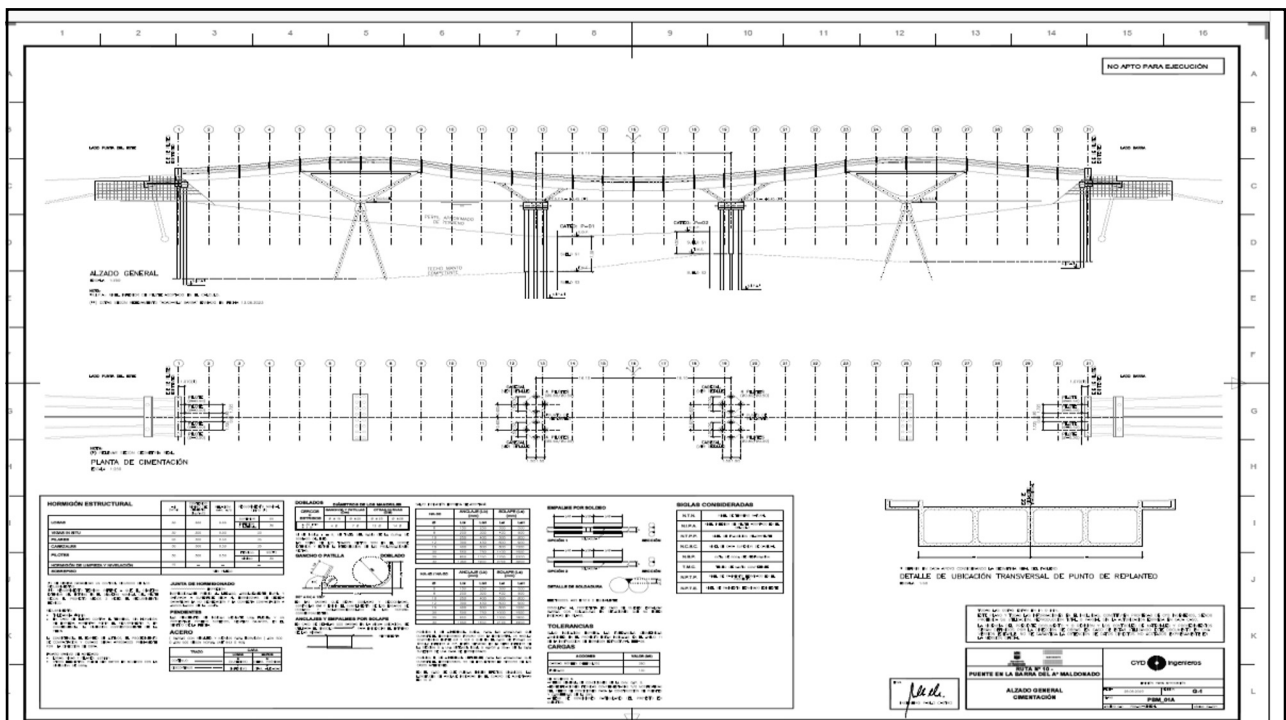
155



164



165



	pacometria	pacometria	esclerometria	ultrasom	modulo	fc	vazios	absorção água	massa especifica	carbonatação	cloretos	potencial
	cobrimento (mm)	bitola (mm)	IE médio (%)	m/s	GPa (12MPa)	MPa (F=10 cm)	%	%	kg/m3	mm (40anos)	% (concreto)	mV
Longarina	27	20	54	5064	38,5	42,3	2,4	2,3	2371	15	0,11	-140
longarina	32	20	45	4943	30,1	38,3	3,4	3,3	2398	3	0,02	-55
Longarina	32	20	55	4411	29,5	38,6	9,1	3,3	2298	11	0,07	-60
longarina	15	20	42	4886	37,7	37,1	7,2	3,4	2351	8	0,02	-190
longarina	14	20	50	5574	40,9	40,9	3,9	4	2462	8	0,01	-115
longarina	25	20	57	5030	40,6	38,9	5,6	3,2	2421	12	0,04	-100
transversina	13	16	55	4627	38,7	20,4	13,4	5,8	2313	15	0,01	-350
transversina	24	16	49	5478	30,1	12,3	13,6	5,9	2312	9	<0,01	-292
transversina	18	16	51	4871	35,2	14,1	13,4	5,7	2348	17	0,02	-492
transversina	18	16	51	5123	29,5	15,2	14,3	6,1	2351	19	nihil	-295
transversina	23	16	52	5197	32,8	25,3	13,6	5,9	2297	11	nihil	-130
transversina	14	16	50	4573	35,1	21,9	13,3	5,7	2331	18	0,01	-180
pilar	28	32	53	9688	28,7	15,9	13,2	4,9	1740	11	0,02	-270
pilar	22	32	40	4299	33,5	39,7	15,0	5,8	1930	9	0,02	-320
pilar	22	32	45	4397	32,8	42,3	14,0	5,9	2368	15	0,01	-490
pilar	29	32	54	5112	29,6	42,1	14,4	6,1	2354	18	0,02	-450
pilar	30	32	51	5118	35,7	39,9	15,1	5,9	1980	8	0,02	-230
pilar	27	32	49	4532	28,9	44,9	14,9	6,4	2331	10	0,01	-136

167

Ação do fogo

- Perda de aderência entre aço e concreto (descaracteriza comportamento estrutural previsto no projeto);
- Aumento de flechas e deformações;
- Ruptura parcial ou total.

168

atualmente em uso

169

 MENU
 

SÃO PAULO

13/02/2016 07h30 - Atualizado em 13/02/2016 17h09

Acidente entre caminhões causa fogo e fecha Avenida Bandeirantes, em SP

Uma das carretas estava carregada de gasolina e houve uma explosão. Motorista disse que tentou desviar de carro e passou por semáforo fechado.

Do G1 São Paulo

 FACEBOOK
 





Um acidente envolvendo um caminhão bi trem e um caminhão-tanque carregado com gasolina na Avenida dos Bandeirantes, Zona Sul de São Paulo, causou explosão na madrugada deste sábado (13). A colisão traseira ocorreu embaixo do Viaduto Santo Amaro, sentido Imigrantes, e a estrutura pode ter sido abalada, segundo o Corpo de Bombeiros. O incêndio foi controlado por volta das 6h20.

<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/02/acidente-entre-caminhoes-causa-fogo-e-fecha-avenida-bandeirantes-em-sp.html>

170



171



172

Recuperação e reabilitação estrutural do Viaduto Santo Amaro

MAURO LEMOS DE FARIA – GERENTE DE PROJETOS
CATÃO F. RIBEIRO – DIRETOR TÉCNICO E COMERCIAL
ENESCHIL ENGENHARIA DE PROJETOS



173



► **Figura 1**

Vista inferior do vão central do Viaduto Santo Amaro, após ser atingido por incêndio

174

- Ensaios em testemunhos de concreto extraídos da estrutura mostraram que o concreto remanescente ainda possui resistência à compressão satisfatória, inclusive em diversos casos acima da resistência característica especificada em projeto até 70,2 MPa, para $f_{ck} = 30\text{MPa}$

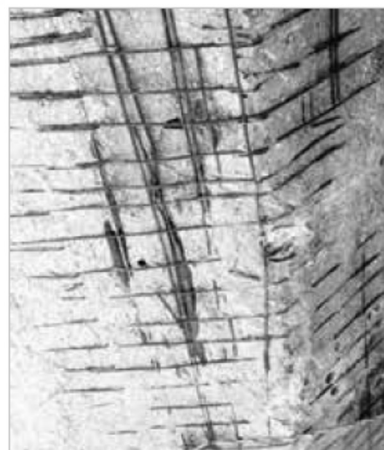


► **Figura 9**
Imagem de uma das regiões do viaduto onde foram retirados os corpos de prova

175

- Amostras de armaduras CA-50 na região atingida pelo fogo também foram ensaiadas com resultados satisfatórios.
- Em média, o limite de escoamento ficou em 484 MPa (-3,2%), com menor resultado igual a 442 MPa

para $f_{sk} = 500\text{ MPa}$



► **Figura 8**
Detalhes da região do viaduto mais afetada pelo incêndio, onde é possível ver as bainhas de protensão

176

-
- SECCÃO 28A
- Technical drawing of a reinforced concrete slab (SECCÃO 28A) showing a cross-section with three rectangular openings. The drawing includes dimensions for overall width (6.60m), opening widths (2.475m), and spacing between openings (1.125m). It also shows reinforcement details with circles representing bars and cross-sections of the slab.



Prof. Laranjeiras:

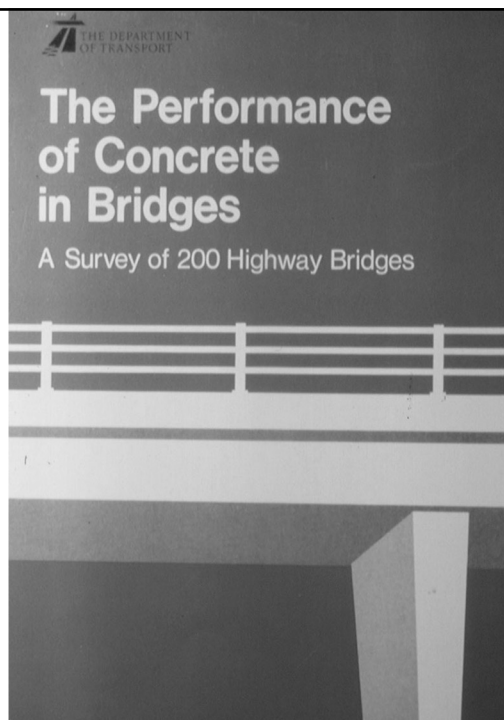
Vantagem é ter estruturas de pontes contínuas e hiperestáticas.

O fato da superestrutura ser continua, a faz redundante e dúctil, tornando-a capaz de redistribuir as cargas não muito elevadas (pedestres, carros pequenos) sobre os apoios, após a perda de um deles, como se vê na foto.

Caso essa estrutura fosse constituída de vãos isostáticos com vigas pré-moldadas, já teria havido, certamente, um colapso progressivo com ruína dos vãos adjacentes ao pilar sem fundações, e, possivelmente, dos demais vãos.

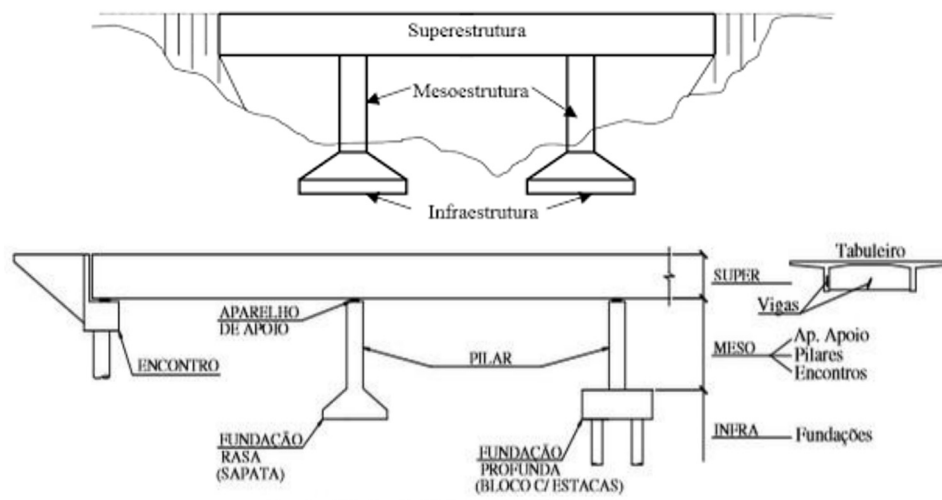
É tendo como justificativa casos como esse que hoje se busca direcionar o paradigma de projetos de pontes para estruturas integrais.

179



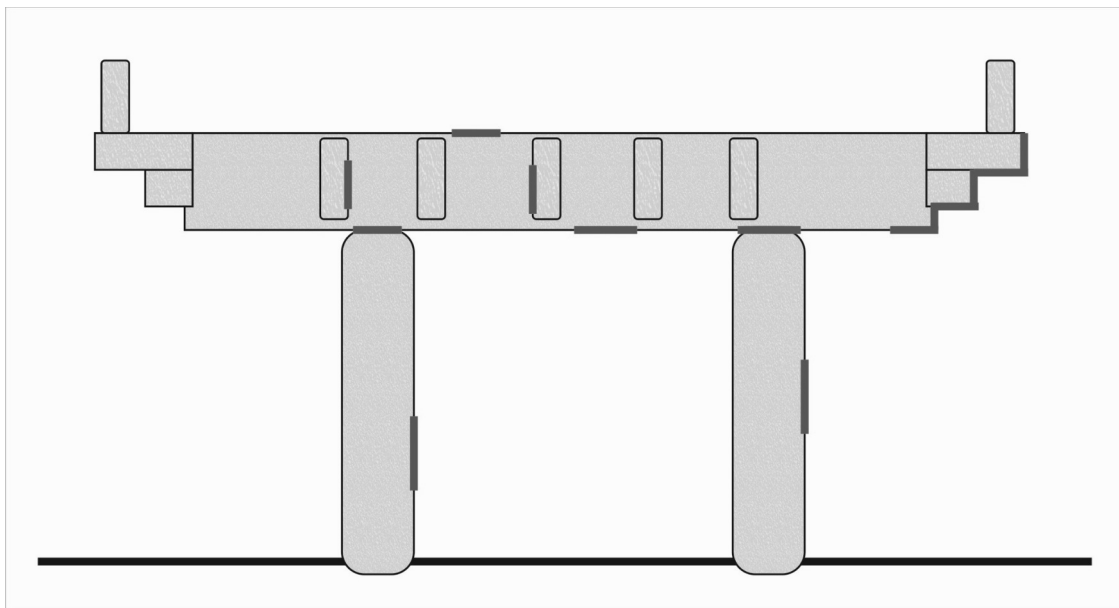
180

Pontes – Elementos Importantes



Fonte: (Debs & Takeya, 2009)

181



182

Exemplos de planilhas orçamentárias – Prefeitura SP

Viaduto General Olímpio da Silveira

- 1 vão sobre a Avenida Pacaembu
- Comprimento: 12m
- Largura: 32m



183

Exemplos de planilhas orçamentárias – Prefeitura SP

PREFEITURA DE SÃO PAULO				PLANILHA DE ORÇAMENTO		VD GENERAL OLIMPIO DA SILVEIRA		SMISO - DATA BASE Julho/2017		Processo 2017-0.123.324-6
ITEM	BASE	CODIGO SMISO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UN.	QUANT.	ORÇAMENTO PREFEITURA (R\$)		ORÇAMENTO EMPRESA (R\$)		
						UNITÁRIO	TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL	
			RELATORIO I							
	SMISO	01-10-00	LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO CADASTRAL	m2	875,00	0,63	R\$ 551,25			
	SMISO	03-24-00	CONSULTOR	H	10,00	R\$ 331,62	R\$ 3.316,20			
	SMISO	03-27-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO SÊNIOR	H	10,00	R\$ 169,72	R\$ 1.697,20			
	SMISO	03-29-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO PLENO	H	20,00	R\$ 147,43	R\$ 2.948,60			
	SMISO	03-33-00	TECNOLOGO - 5 A 10 ANOS DE EXPERIÊNCIA COM FORMAÇÃO EM EDIFICAÇÕES	H	60,00	R\$ 64,88	R\$ 3.892,80			
	SMISO	03-41-00	AJUDANTE GERAL	H	60,00	R\$ 18,43	R\$ 1.105,80			
			RELATORIO II							
	SMISO	03-24-00	CONSULTOR	H	25,00	R\$ 331,62	R\$ 8.290,50			
	SMISO	03-27-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO SÊNIOR	H	75,00	R\$ 169,72	R\$ 12.729,00			
	SMISO	03-36-00	DESENHISTA PROJETISTA	H	50,00	R\$ 66,87	R\$ 3.343,50			
	SMISO	03-39-00	PROJETISTA	H	50,00	R\$ 95,85	R\$ 4.792,50			
	SMISO	PET 09	PLATAFORMA ARTICULADA A DIESEL COM ALTURA DE TRABALHO DE 15,9M, DISTÂNCIA HORIZONTAL DE 7,5 M, CAPACIDADE DE CARGA DE 227 KG	DIA	7,00	R\$ 161,65	R\$ 1.131,55			
	SMISO	PET 10	FORNECIMENTO DE SUPERCOE PARA SINALIZAÇÃO PADRÃO CET, COM REAPROVEITAMENTO	UNI	8,00	R\$ 45,71	R\$ 365,68			
	SMISO	PET 11	FORNECIMENTO DE CAVALETE LARANJA E BRANCO PADRÃO CET, PARA FIXAÇÃO DE PLACAS	UNI	2,00	R\$ 75,21	R\$ 150,42			
			SUBTOTAL (A)				R\$ 44.315,00			
			BDI		37,80%		R\$ 16.751,07			
			TOTAL (A)				R\$ 61.066,07			
			PREÇOS EXTRA TABELA - SERVIÇOS EXECUTADOS POR EMPRESAS ESPECIALIZADAS							
	SMISO	PET 01	ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	UN	2,00	R\$ 913,22	R\$ 1.826,44			
	SMISO	PET 06	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO	UN	1,00	R\$ 623,59	R\$ 623,59			
	SMISO	PET 07	ENSAIO DE HOMOGENEIDADE DO CONCRETO	UN	1,00	R\$ 749,90	R\$ 749,90			
	SMISO	PET 02	EXTRAÇÃO E RUPTURA DE CORPO DE PROVA DE CONCRETO	UN	2,00	R\$ 377,28	R\$ 754,56			
	SMISO	PET 08	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE IONS DE CLORETOS E SULFATOS	UN	1,00	R\$ 1.097,36	R\$ 1.097,36			
	SMISO	PET 04	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA REAÇÃO ALCALI AGREGADO (RAA)	UN	1,00	R\$ 3.011,28	R\$ 3.011,28			
	SMISO	PET 03	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO COBRIMENTO DAS ARMADURAS	UN	2,00	R\$ 672,41	R\$ 1.344,82			
			SUBTOTAL (B)				R\$ 9.407,95			
			TAXA DE ADMINISTRAÇÃO		15,00%		R\$ 1.411,19			
			TOTAL (B)				R\$ 10.819,14			
			TOTAL (A+B)				R\$ 71.885,21			

184

Exemplos de planilhas orçamentárias – Prefeitura SP

Ponte Freguesia do Ó

- 10 vãos e um trecho em arco
- Trechos sobre a via e trecho sobre o rio
- Comprimento total: 217m
- Largura: 25m



185

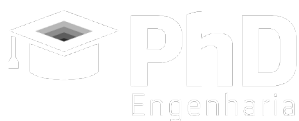
Exemplos de planilhas orçamentárias – Prefeitura SP

PREFEITURA DE SÃO PAULO		PLANILHA DE ORÇAMENTO		PT FREGUESIA DO Ó		Processo 2017-0.123.324-6	
		SMSO - DATA BASE Julho/2017					
ITEM	BASE	CODIGO SMSO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UN.	QUANT.	ORÇAMENTO PREFEITURA (R\$)	ORÇAMENTO EMPRESA (R\$)
						UNITARIO	TOTAL
			RELATÓRIO I				
	SMSO	01-10-00	LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO CADASTRAL	m2	5.720,00	0,63	3.603,60
	SMSO	03-24-00	CONSULTOR	H	25,00	331,62	8.290,50
	SMSO	03-27-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO SÊNIOR	H	38,00	169,72	6.449,36
	SMSO	03-29-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO PLENO	H	88,00	147,43	12.973,84
	SMSO	03-33-00	TECNOLOGO - 5 A 10 ANOS DE EXPERIÊNCIA COM FORMAÇÃO EM EDIFICAÇÕES	H	265,00	64,88	17.193,20
	SMSO	03-41-00	AJUDANTE GERAL	H	265,00	18,43	4.883,95
			RELATÓRIO II				
	SMSO	03-24-00	CONSULTOR	H	125,00	331,62	41.452,50
	SMSO	03-27-00	ENGENHEIRO/ARQUITETO SÊNIOR	H	375,00	169,72	63.645,00
	SMSO	03-36-00	DESENHISTA PROJETISTA	H	250,00	66,87	16.717,50
	SMSO	03-39-00	PROJETISTA	H	250,00	95,85	23.962,50
	SMSO	PET 09	PLATAFORMA ARTICULADA A DIESEL COM ALTURA DE TRABALHO DE 15,9M, DISTÂNCIA HORIZONTAL DE 7,5 M, CAPACIDADE DE CARGA DE 227 KG	DIA	20,00	161,65	3.233,00
	SMSO	PET 10	FORNECIMENTO DE SUPERCONCRETO PARA SINALIZAÇÃO PADRÃO CET, COM REAPROVEITAMENTO	UNI	8,00	45,71	365,68
	SMSO	PET 11	FORNECIMENTO DE CAVALETE LARANJA E BRANCO PADRÃO CET, PARA FIXAÇÃO DE PLACAS	UNI	2,00	75,21	150,42
			SUBTOTAL (A)				202.921,05
			TOTAL (A)		37,80%		76.704,16
			PREÇOS EXTRA TABELA - SERVIÇOS EXECUTADOS POR EMPRESAS ESPECIALIZADAS				
	SMSO	PET 01	ENSAIO DE CARBONATACÃO	UN	8,00	913,22	7.305,76
	SMSO	PET 06	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO	UN	1,00	623,59	623,59
	SMSO	PET 07	ENSAIO DE HOMOGENEIDADE DO CONCRETO	UN	1,00	749,90	749,90
	SMSO	PET 02	EXTRAÇÃO E RUPTURA DE CORPO DE PROVA DE CONCRETO	UN	4,00	377,28	1.509,12
	SMSO	PET 08	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE IONS DE CLORETOS E SULFATOS	UN	1,00	1.097,36	1.097,36
	SMSO	PET 04	ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA REAÇÃO ALCALI AGREGADO (RAA)	UN	1,00	3.011,28	3.011,28
	SMSO	PET 03	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO COBRIMENTO DAS ARMADURAS	UN	8,00	672,41	5.379,28
			SUBTOTAL (B)				19.676,29
			TAXA DE ADMINISTRAÇÃO	15,00%			2.951,44
			TOTAL (B)				22.627,73
			TOTAL (A+B)				RS 302.252,94

186



OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11.2501.4822 / 23

11.9.5045.4940