



---

# PROTEÇÃO GALVÂNICA CONTRA CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Vector Corrosion Technologies

David Whitmore, P.Eng.



# Tópicos Abordados:

---

- Introdução
- Corrosão do aço no concreto
- Tipos de sistemas de proteção
- Níveis de proteção contra corrosão
- Sistemas de proteção galvânicos
- Sustentabilidade e Meio Ambiente

# Vector Corrosion Technologies

---

- Vector desenvolve e comercializa produtos e sistemas para proteção contra corrosão do aço no concreto armado.
- Unidades no Canada, Estados Unidos e Reino Unido.
- Distribuidores em 27 países
- Atividades incluem:
  - Pesquisa e desenvolvimento
  - Fabricação
  - Suporte Técnico



**VECTOR CONSTRUCTION GROUP**





# Dave Whitmore, P.Eng.

---

- Graduação em Engenharia 1984
- ACI 222, 546, 364, E506
- ICRI Comitê de Corrosão
- NACE Corrosão do Aço em Concreto
- Pesquisa e Desenvolvimento - Reparos em Concreto e Corrosão
  - 8 patentes em proteção catódica e tratamentos eletroquímicos



# Dave Whitmore (Realmente)

---

- Não é do Brasil
- Ainda assim é um bom rapaz
- Casado
- 3 Filhas
- 1 Cão
- Adora comédia, roquéi e canoagem



---

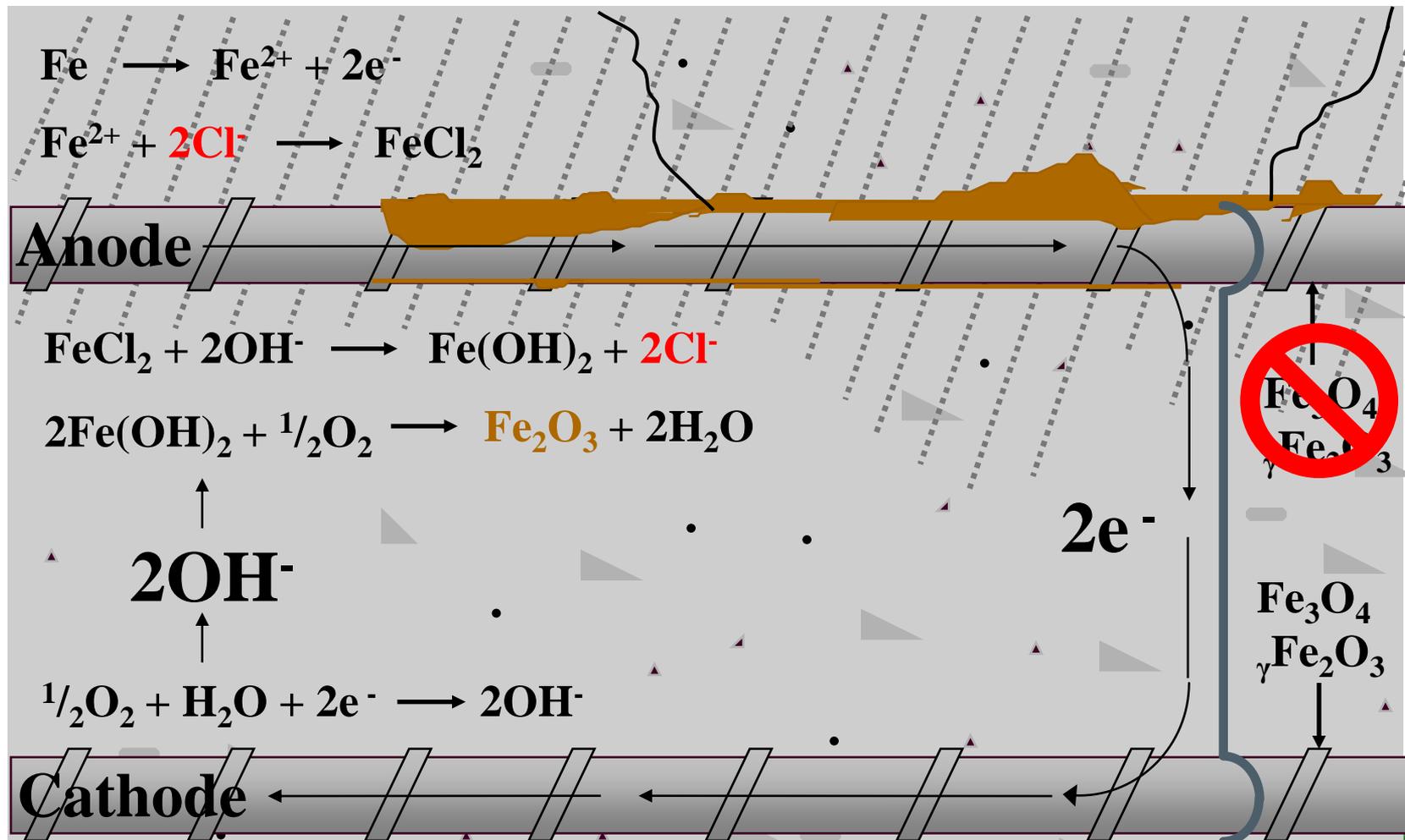
# Noções básicas de Corrosão



# Causas da Corrosão

- Cloretos
- Carbonatação
- Metais Diferentes

# Célula de corrosão no concreto





**Colunas danificadas pela corrosão -**

# Corrosão induzida por cloretos

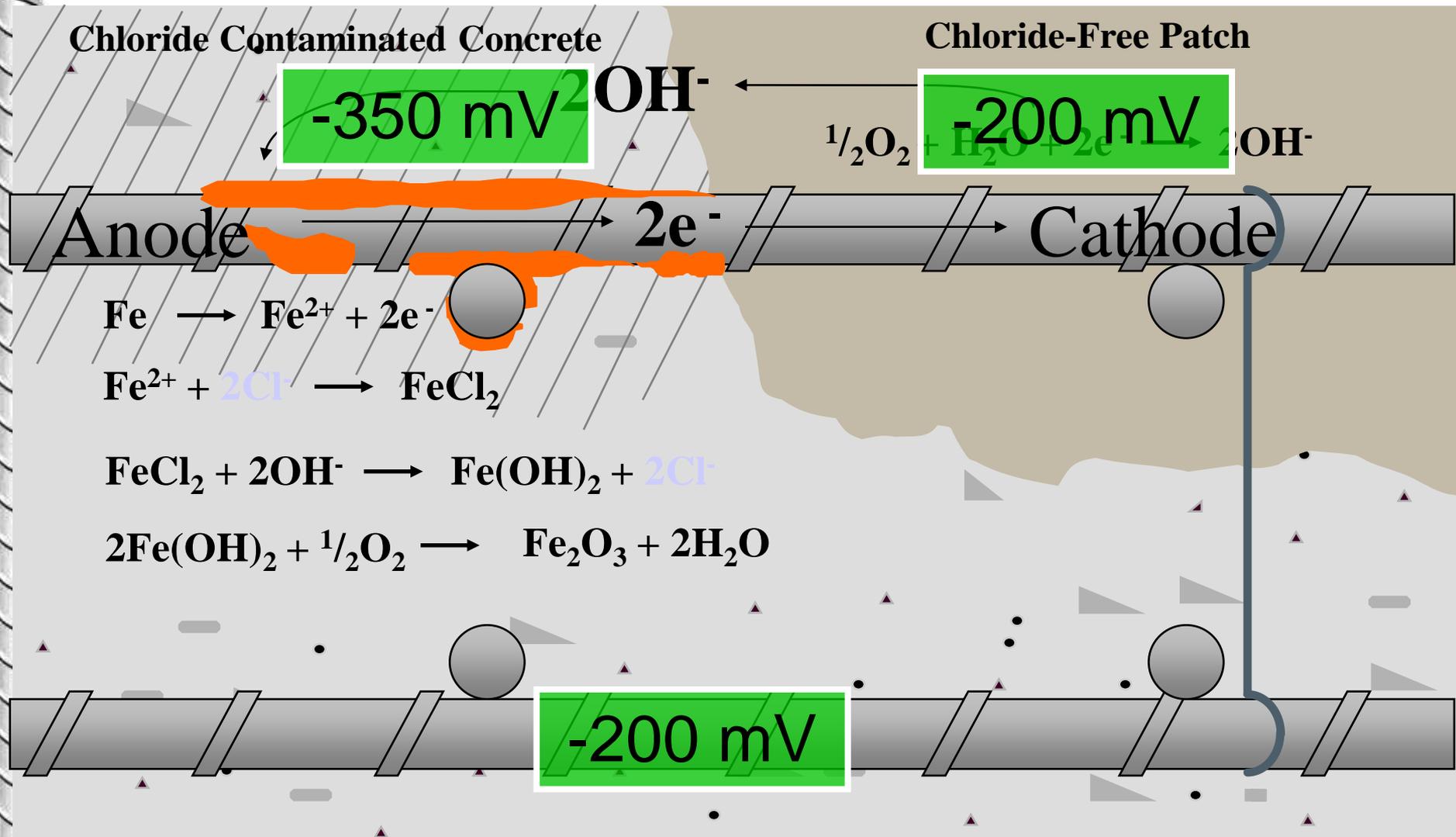
---





**Reparo Convencional**

# Corrosão Acelerada Pelo Reparo



# Efeito “Halo”

---





Novo revestimento de concreto

Fissuras por causa da corrosão interna

Manchas de oxidação do aço



---

# Tipos de Sistemas de Proteção

# Tipos de Sistemas de Proteção

---

<b>Sistemas Galvânicos</b>	Utiliza Ânodos Galvânicos para fornecer proteção contra corrosão no aço
<b>Sistema de Corrente Catódica Impressa</b>	Utiliza uma fonte de alimentação externa. Ânodos inertes são geralmente utilizados para distribuir a corrente.
<b>Tratamentos Eletroquímicos</b>	Altera a química do concreto ao redor do aço.



---

# Níveis de Proteção Contra Corrosão

# Níveis de Proteção Contra Corrosão

---

<b>Prevenção da Corrosão</b> (Prevenção catódica)	Previne / Retarda início de novas atividades de corrosão
<b>Controle de Corrosão</b>	Reduz significativamente atividade de corrosão em curso
<b>Proteção Catódica</b>	Maior nível de proteção – Interrompe atividade de corrosão em curso.



# Sistemas Galvânicos

---

- Proteção Localizada
  - Ânodos Discretos
- Proteção Global
  - Ânodos Distribuídos



**Reparo em viga:  
Prevenção de Corrosão**

# Âodos Galvânicos Instalados

Chloride Contaminated Concrete

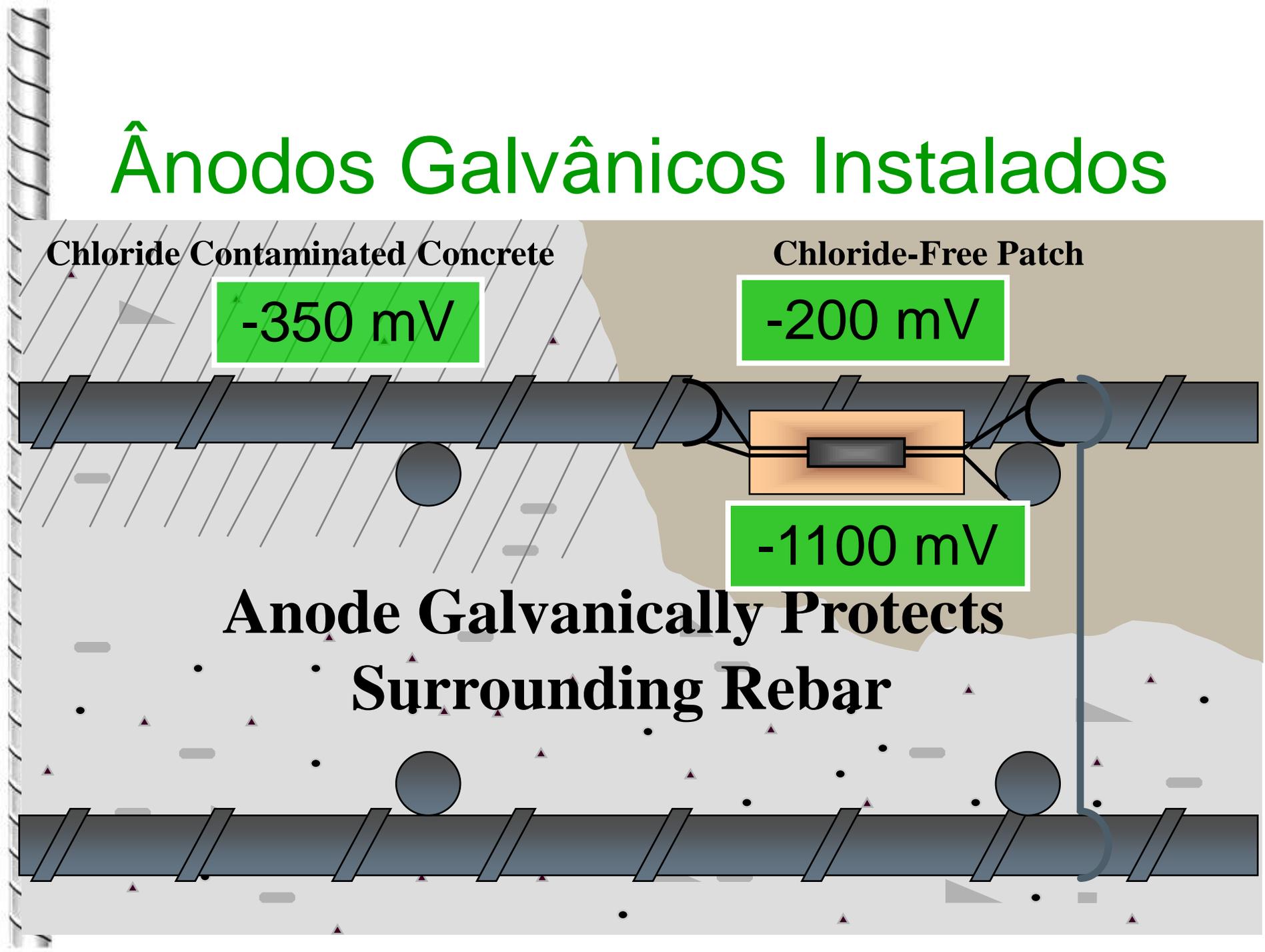
-350 mV

Chloride-Free Patch

-200 mV

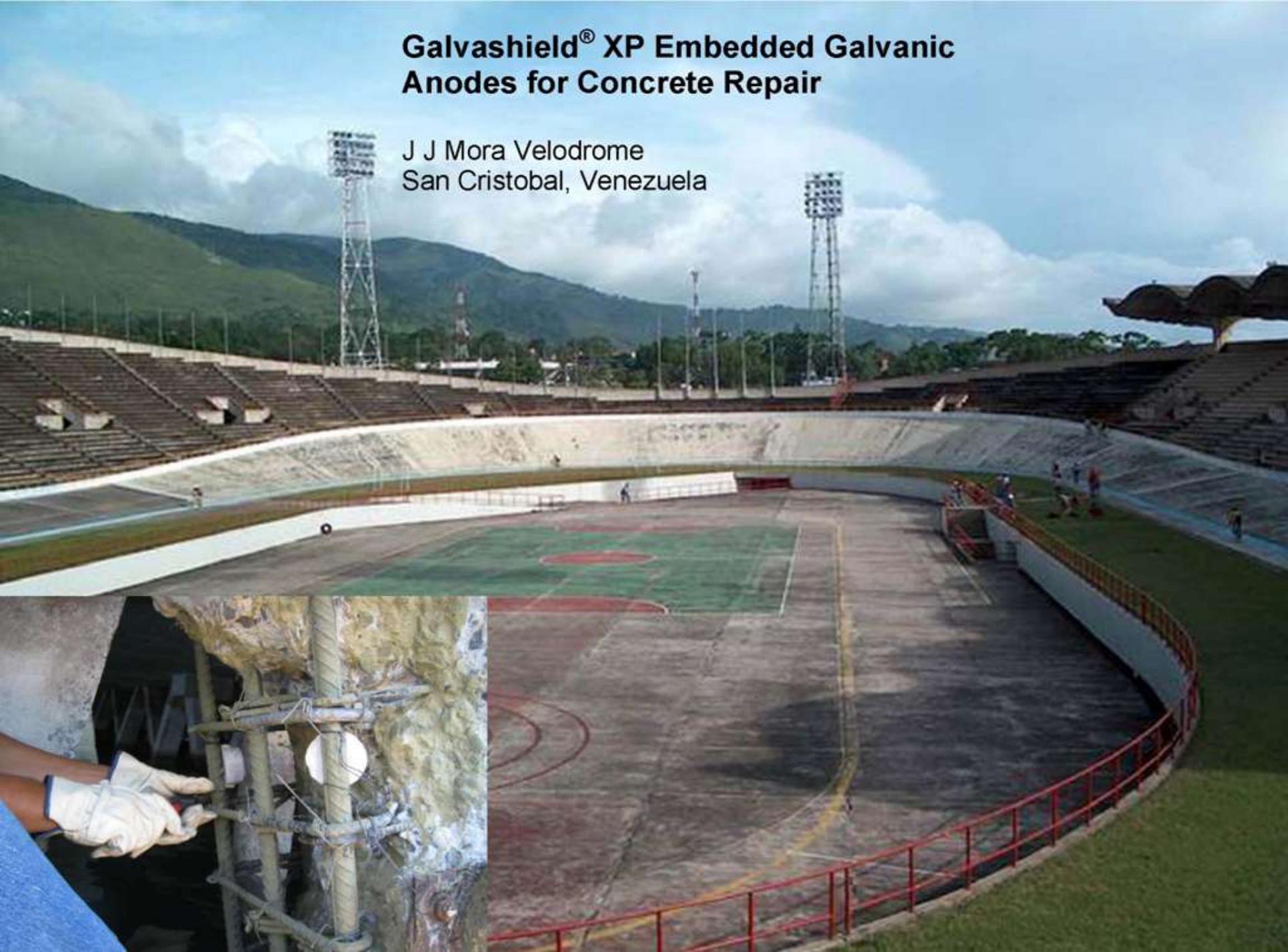
-1100 mV

**Anode Galvanically Protects  
Surrounding Rebar**



# Galvashield® XP Embedded Galvanic Anodes for Concrete Repair

J J Mora Velodrome  
San Cristobal, Venezuela



**Junta Corroída -  
Pittsburgh, Pennsylvania**

**Concreto novo**

**Parede antiga de contenção**



**Concreto danificado próximo à junta  
por causa da corrosão acelerada pelo  
reparo**



# Apliação de ponte Prevenção de Corrosão





---

# Proteção distribuída contra corrosão



# FRP Repair por encamisamento



# FRP Repair por encamisamento



# Galvanode® Galvanic Protection System for Concrete Piles in Marine Environment

Robert Moses Causeway  
Long Island, NY



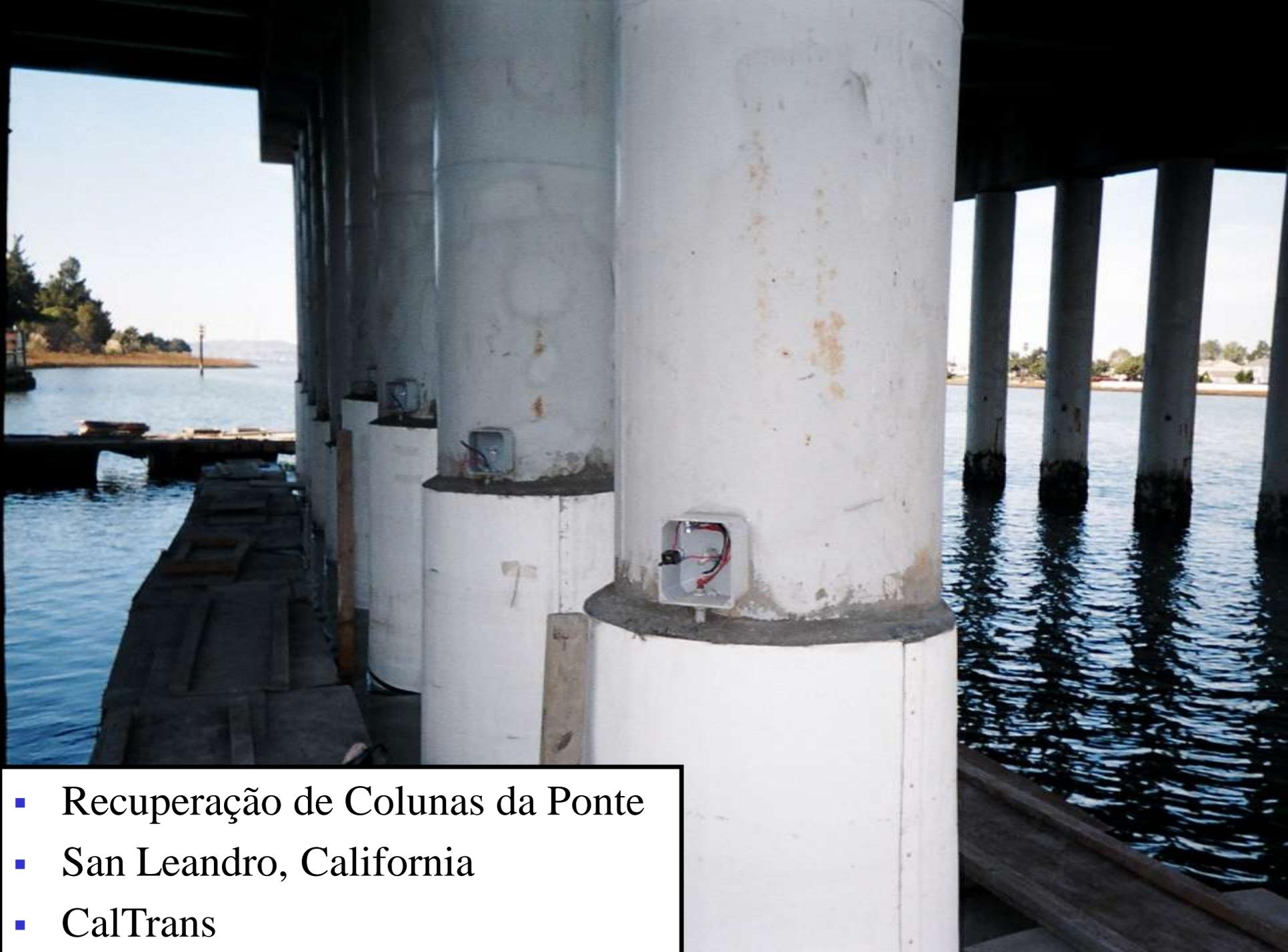








- Recuperação de Colunas da Ponte
- San Leandro, California
- CalTrans



- Recuperação de Colunas da Ponte
- San Leandro, California
- CalTrans



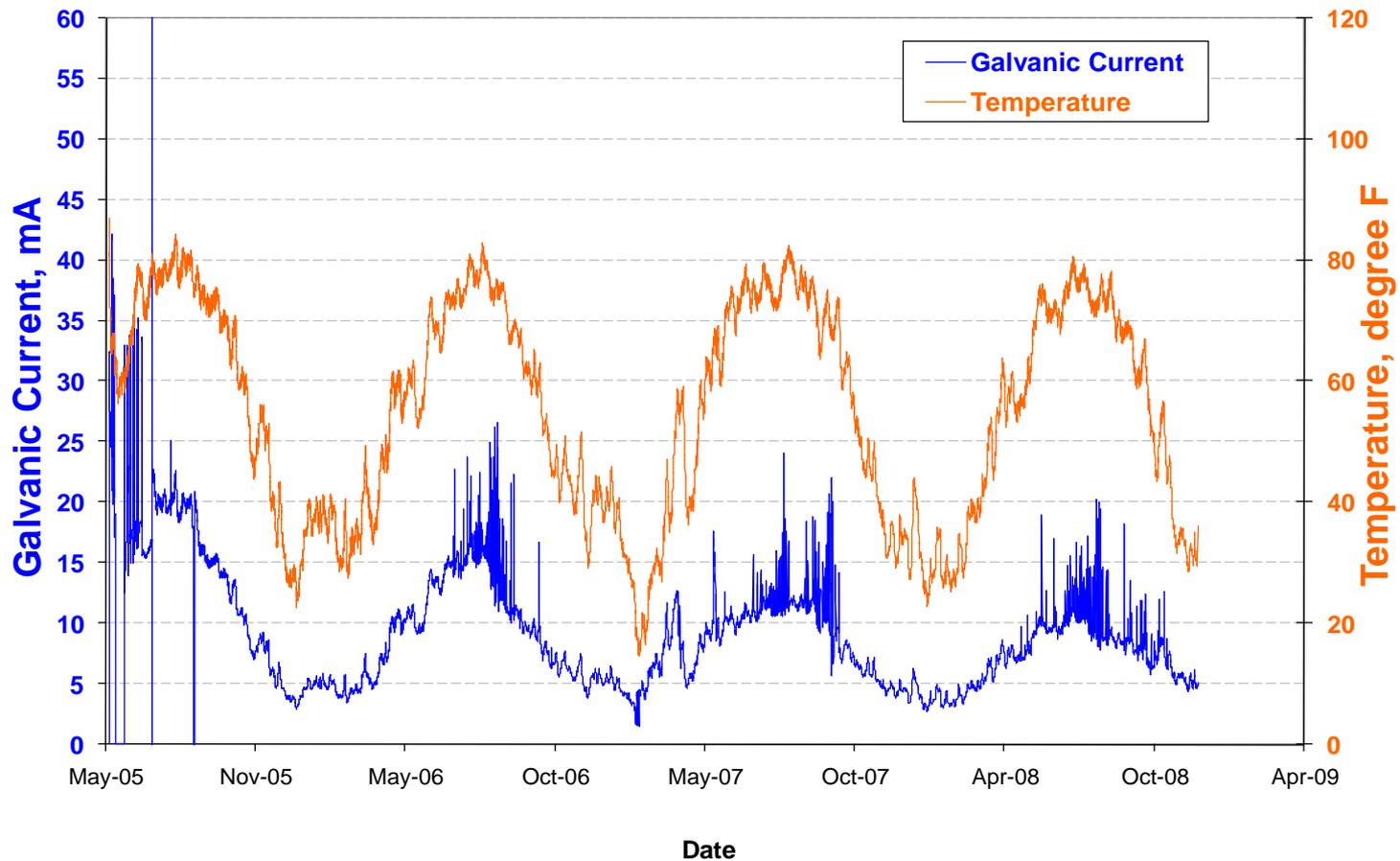
- Recuperação de infra-estrutura
- I-75 Ohio DOT

# I-75 Ohio DOT



# Estrada Kirkwood: Corrente de Proteção

---



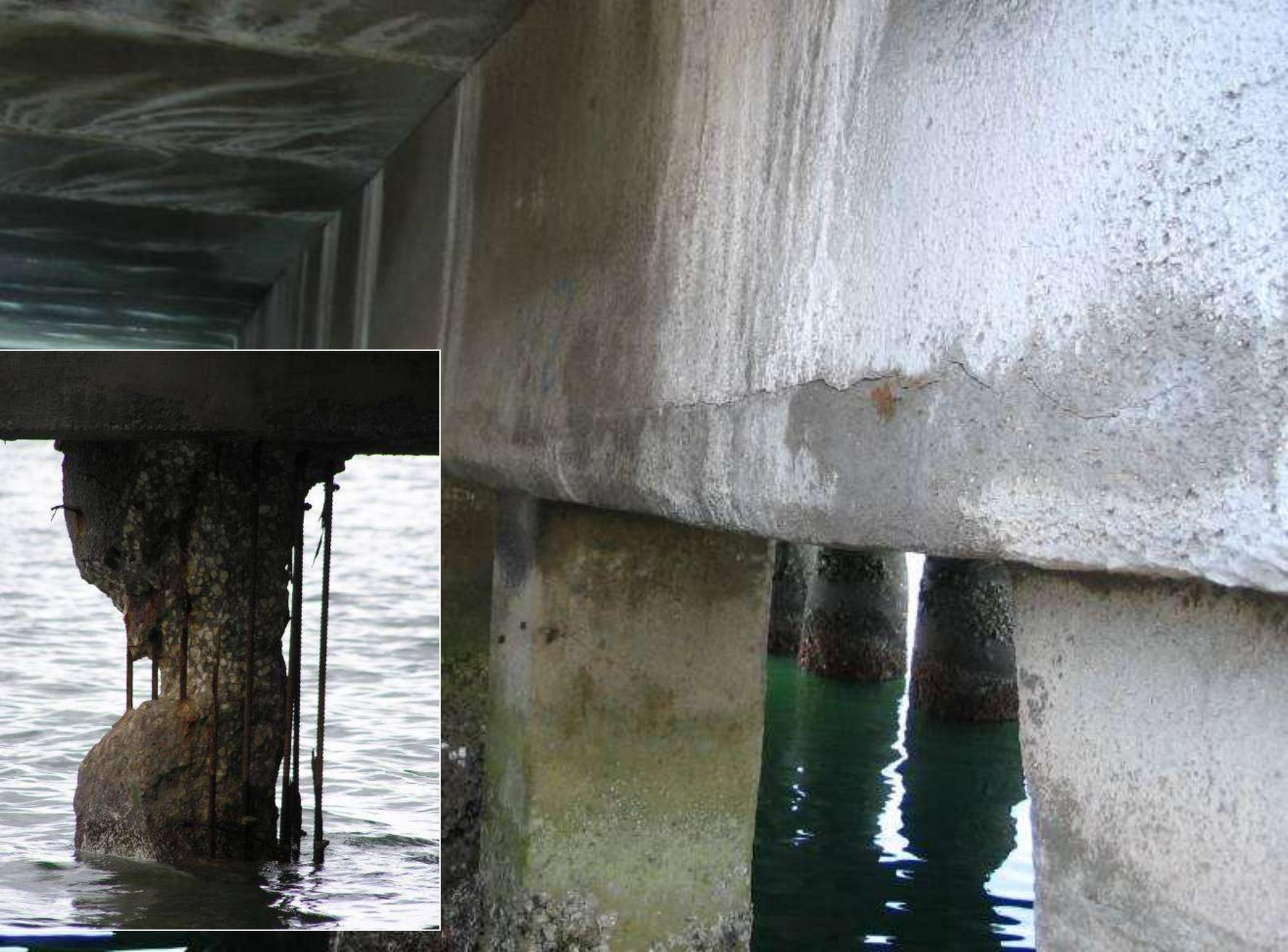
# Desempenho – Estrada Kirkwood

<b>Date</b>	<b>Temp</b>	<b>mA/m2</b>	<b>Polarization</b>
<b>5/6/05</b>		<b>37.7</b>	
<b>8/16/05</b>	<b>31</b>	<b>12.9</b>	<b>333</b>
<b>10/26/05</b>	<b>12</b>	<b>5.4</b>	<b>394</b>
<b>5/1/06</b>	<b>14</b>	<b>7.5</b>	<b>335</b>
<b>12/20/06</b>	<b>4</b>	<b>4.3</b>	<b>500</b>
<b>5/30/07</b>	<b>26</b>	<b>7.5</b>	<b>446</b>
<b>12/09/08</b>	<b>4</b>	<b>3.3</b>	<b>470</b>
<b>7/9/09</b>	<b>23</b>	<b>3.3</b>	<b>475</b>



SEA PRINCESS  
VALLETTA

R  
I  
N  
K  
E  
R





# Escopo do Trabalho

- Reparo em pilares protendidos
- Reparo de estacas e Vigas

# Reparo dos pilares

- 668 Pilares protendidos
  - 45 cm<sup>2</sup>
- Remoção do concreto danificado
- Instalação das Jaquetas Galvânicas
  - 56 cm e 71 cm<sup>2</sup>
  - 2 -10 metros de comprimento
  - Permanente FRP forma
  - 7.8 kg/m<sup>2</sup> anodos de zinco
  - 22 kg (massa) ânodos de zinco
- Concreto bombeado para a estrutura de baixo para cima



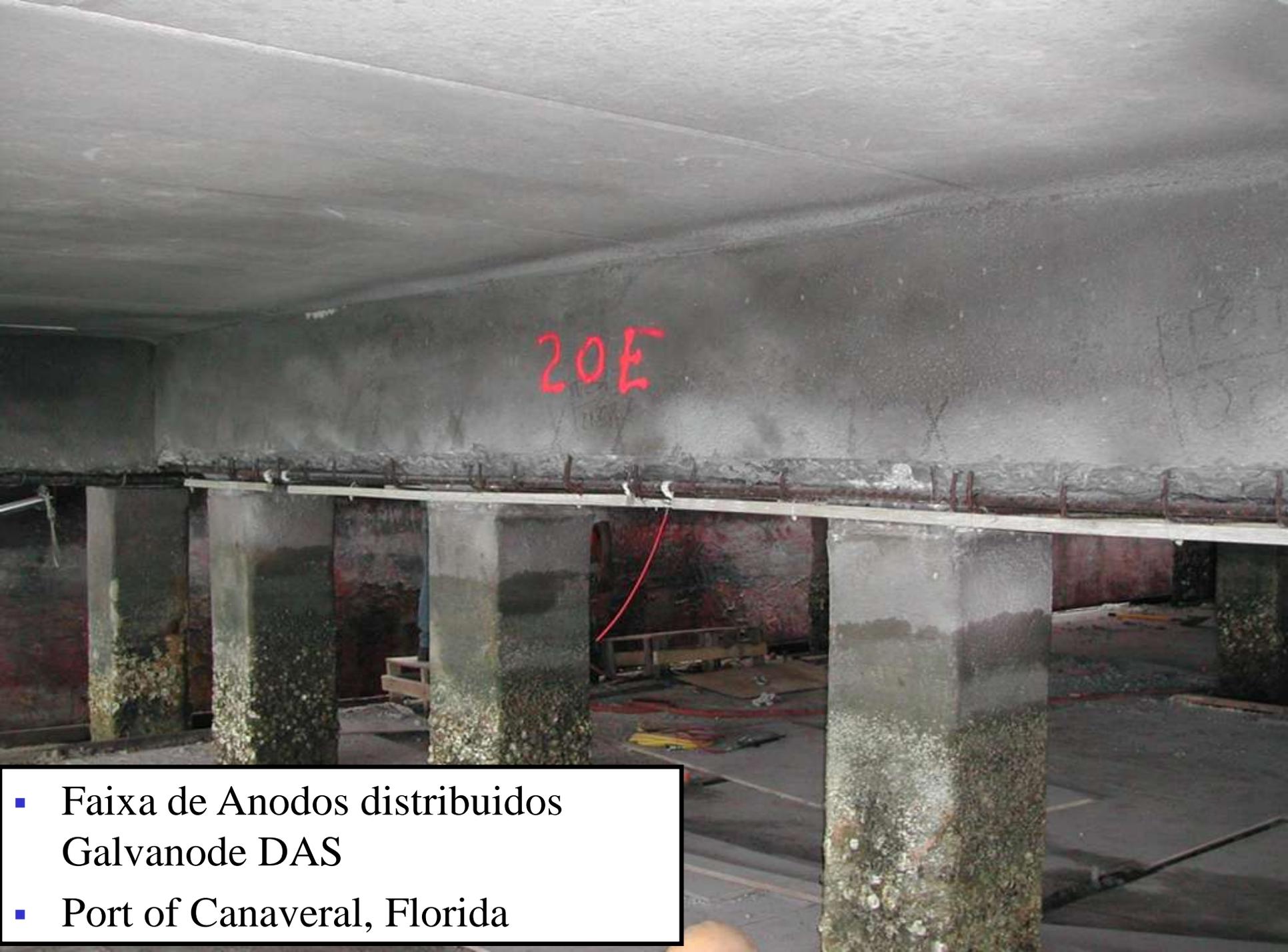


# Reparo das Vigas

---

- 2.000 m de vigas reparadas
- Removido 20 cm
- Instalado faixa de anodos distribuidos
  - 4 cm x 4 cm x 2.5 m
- Form and Pour Repair





20E

- Faixa de Anodos distribuidos Galvanode DAS
- Port of Canaveral, Florida



# Reparo finalizado das estacas (Viga)

---



# Porto de Canaveral Reparos em Píers

---



Agradecemos a:

Autoridades do Porto  
de Canaveral

CH2M Hill e à Divisão  
Marítima de Portos.

Esta obra recebeu o  
Prêmio de Excelência  
ICRI 2007 de Reparo  
Industrial





---

# Sustentabilidade e Meio Ambiente



Cumprimentos do Museu da História do Computador

# Concreto na Sociedade

---

- Concreto é o produto feito pelo homem mais utilizado no mundo
- 6 Bilhões tons por ano (~4 Bilhões m<sup>3</sup>)
- Grande consumidor de matérias-primas e energia:
  - Cimento
  - Agregado
  - Produção e transporte do concreto
  - A produção de aço também é de elevada intensidade energética

# Concreto na Sociedade

---

- Total de CO<sub>2</sub> produzido
  - Cimento: 1 Bilhão tons CO<sub>2</sub> por ano
  - Agregado: ~ 50 Milhões tons CO<sub>2</sub> por ano
  - Mistura pronta: 150+ Milhões tons CO<sub>2</sub> por ano
  - Vergalhões: 200 Milhões tons por ano
- Total CO<sub>2</sub> produzido: ~ 1.5 Bilhões tons / ano

# Concreto na Sociedade

---

- Outras emissões
  - Monóxido de carbono: 10 Milhões tons / ano
  - Óxidos de nitrogênio: 30 Milhões tons / ano
  - Dióxido de enxofre: 29 Milhões tons / ano
  - Compostos Orgânicos Voláteis: (VOC's):  
2 Milhões tons / ano
- Poluição térmica também é significativa.



# Concreto na Sociedade

---

- Poluição térmica do concreto: produção de ~ 8 Bilhões GJ / ano.
- 1 GJ = Muito calor
- Esta energia térmica é suficiente para elevar a temperatura de 1 milhão de quilômetros quadrados de água (1 metro de profundidade) a 1 °C / ano.







# Sustentabilidade

- A maioria das estruturas não duram o quanto deveriam
- Nos EUA, tabuleiro de pontes é substituído em média em 35 anos



# Desenvolvimento Sustentável

---

- Maior potencial para reduzir nosso impacto é construir estruturas mais duráveis e estender a vida útil das estruturas existentes.
- Isto é um desafio, mas é possível se fizermos disto uma prioridade.

The image shows a large concrete arch bridge spanning a river. The bridge has a decorative railing on top. Below the bridge, a concrete structure is being worked on, with two workers in orange safety vests and hard hats visible. The background is a dense forest of evergreen trees under a blue sky with light clouds.

ICRI Project of the Year  
Norcure® Electrochemical  
Chloride Extraction

Historic Rainbow Bridge  
Cascade, ID

Extensão de 50 anos de vida útil para  
uma estrutura antiga de 75 anos

# Reabilitação da Ponte Rainbow

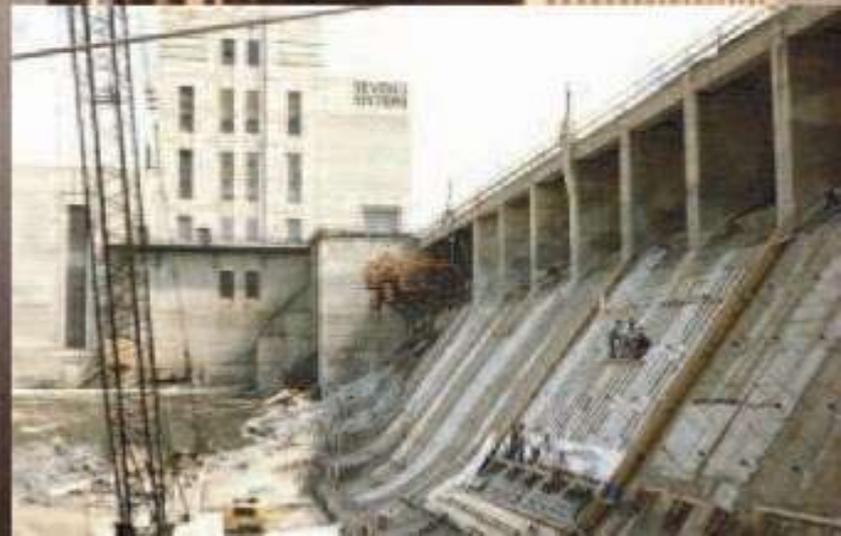
---

- Extensão de 50 anos na vida útil.
- 1,400 M<sup>3</sup> de concreto foram mantidos em serviço.
- Redução da emissão de CO<sub>2</sub> para ~ 450 tons.
- Impediu a liberação de 4,800 GJ de calor. (Calor para ferver 3 Piscinas Olímpicas)
- Equivalente a emissão anual de 90 pessoas



**ICRI Award of Excellence  
for Concrete Rehabilitation  
Longevity.**

Seven Sister's Generating Station 1981  
Manitoba, Canada





# Reabilitação Seven Sisters

---

- Extensão de 40 - 50 anos de vida útil.
- 29,000 M<sup>3</sup> de concreto foram mantidos em serviço
- Redução da emissão de CO<sub>2</sub> para 9,500 tons.
- Equivalente a emissão anual de 1,900 pessoas.



# Ação:

- Isto é importante
- Pensar sobre a realidade,
- Aceitar a responsabilidade,
- e Agir



# Resumo

---

- ✓ Corrosão de aço em concreto
- ✓ Níveis de Proteção contra corrosão
- ✓ Sistemas de Proteção Galvânicos
- ✓ Sustentabilidade e Meio Ambiente



---

Obrigado !!

Vector Corrosion Technologies



# Dúvidas

---

