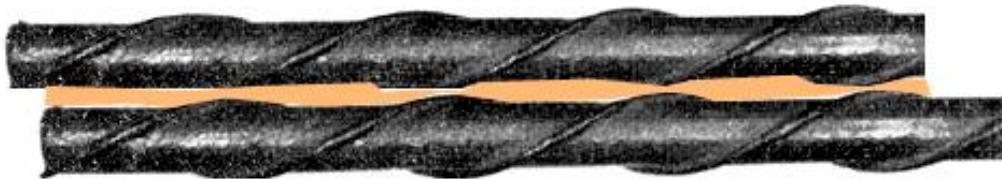




CORROSÃO EM FRESTAS, MUITO CONHECIDA EM ESTRUTURAS METÁLICAS



➤ **CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS DE ESPERA (BARRAS DE ARRANQUE)**

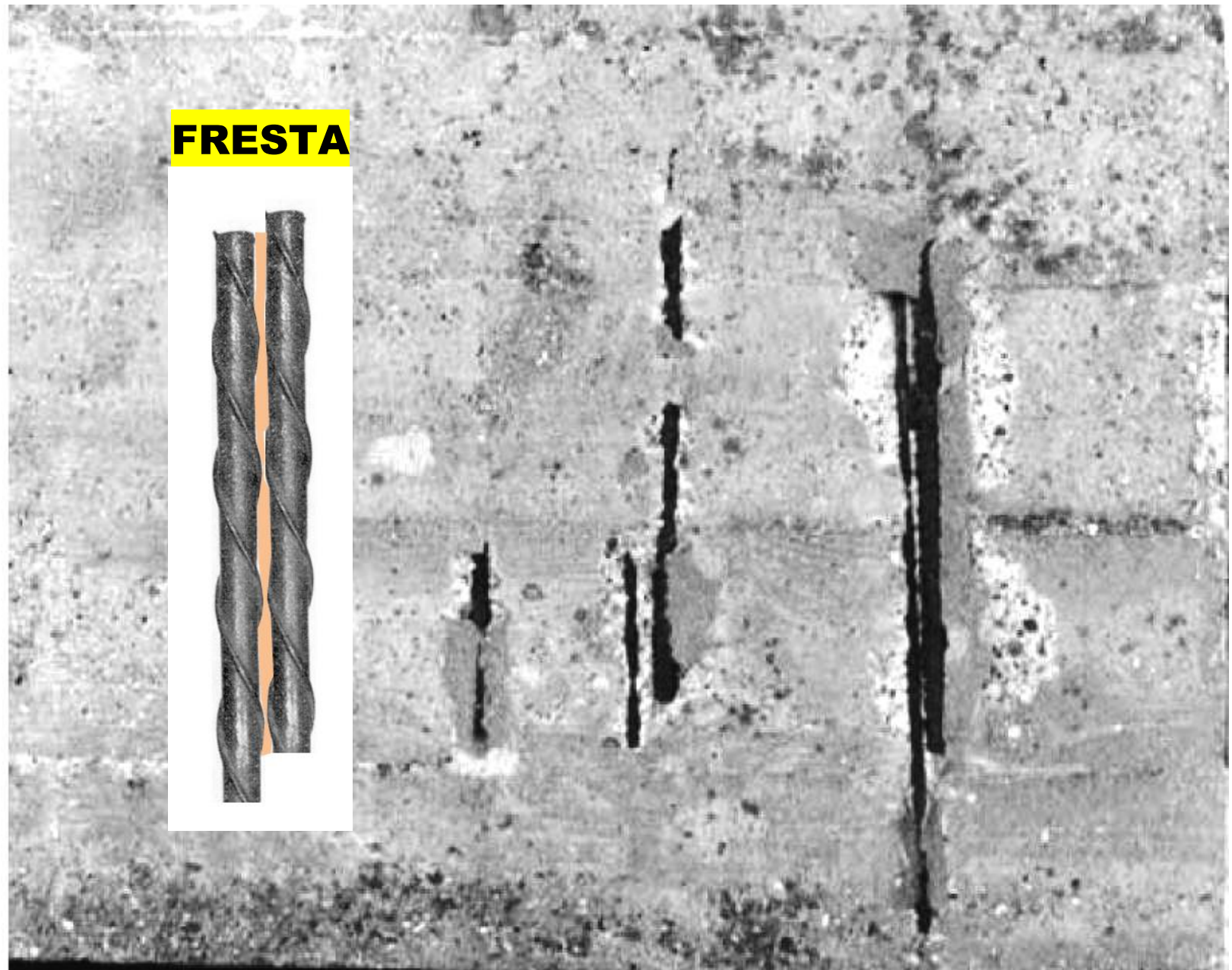
CAUSAS :

- **AERAÇÃO DIFERENCIAL,**
- **TEMPERATURA DIFERENCIAL,**
- **UMIDADE DIFERENCIAL**
- **FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS
DO TRASPASSE DAS ARMADURAS**

➤ **NÃO FAZER EMENDAS DE BARRAS NA BASE DOS PILARES DOS PAVIMENTOS TÉRREOS .**

CORROSÃO NAS FRESTAS, DAS EMENDAS

MUITO CONHECIDA EM ESTRUTURAS METÁLICAS



Risque d'éclatements du béton dû à la corrosion de l'armature

F. Hunkeler,; B. Mühlán,;H. Ungricht, ETH - Oktober 2006

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral des routes

CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS

PILAR NO VIADUTO DA AVENIDA DOUTOR FREITAS - BELÉM - PA

CBPE 2018 - X Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas



Análise de Manifestações Patológicas em um Viaduto Localizado no Centro da Cidade de Belém-PA

**Catarina de Nazaré Pereira Pinheiro,
Adriene Rodrigues Barbosa,
Victória Dias Reis,
Felipe Ramos de Oliveira**

https://www.researchgate.net/publication/327944927_Analise_de_Manifestacoes_Patologicas_em_um_Viaduto_Localizado_no_Centro_da_Cidade_de_Belem-PA

2019 - Viaduto Localizado no Centro da Cidade de Belém-PA

AVENIDA DOUTOR FREITAS



2019

2019 - Viaduto Localizado no Centro da Cidade de Belém-PA

AVENIDA DOUTOR FREITAS

ZOOM



2019

CORROSÃO EM EMENDAS DE BARRAS

**2020 - Prof. Marcelo Medeiros - Engenharia de Construção Civil da
Universidade Federal do Paraná (UFPR)**



<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos/6412>

CORROSÃO EM EMENDAS DE BARRAS

CAUSAS :

- **FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS
DO TRASPASSE DAS ARMADURAS**
- **SE PRESENTES, OS CLORETOS SÃO
ACELERADORES DA CORROSÃO.**



PONTE DO GUNGA ALAGOAS

CORROSÃO EM FRESTAS



TAMBÉM NAS VIGAS, HAVENDO EMENDAS POR TRASPASSE, OCORRE A CORROSÃO EM FRESTA NAS BARRAS.



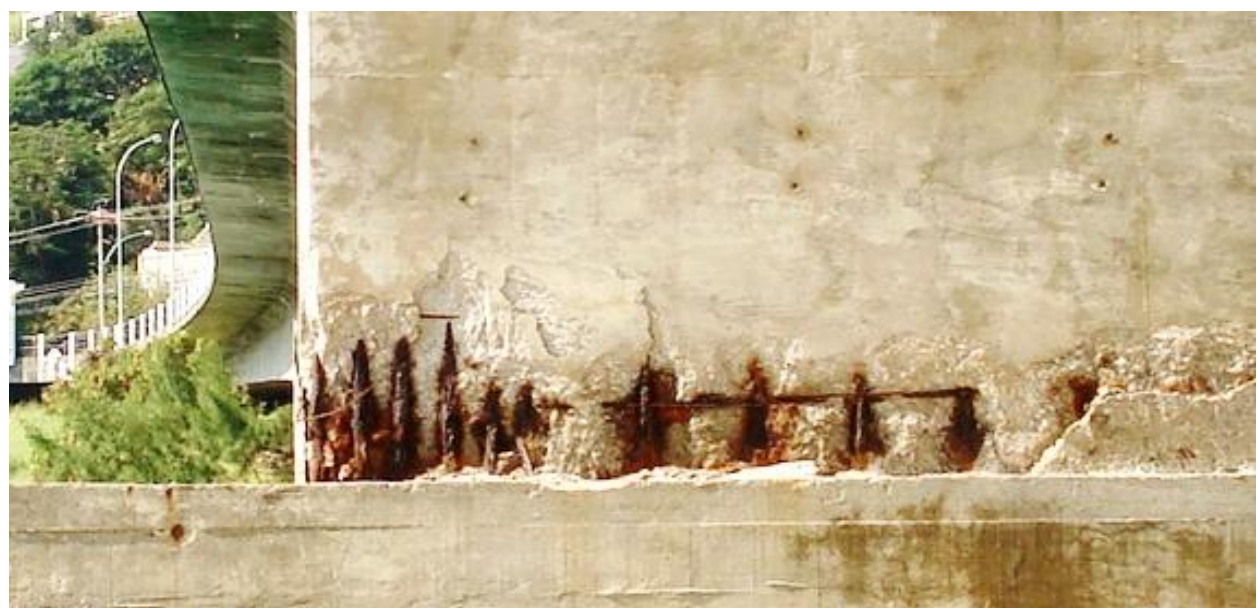
UMIDADE DO SOLO ACELERA A CORROSÃO



CORROSÃO EM FRESTAS, EM EMENDAS.
A PRESENÇA DE CLORETOS ACELERA A CORROSÃO
RESTINGA DA MARAMBAIA / RIO DE JANEIRO



ZOOM - CORROSÃO SÓ NAS EMENDAS



ZOOM ZOOM - CORROSÃO SÓ NAS EMENDAS DAS BARRAS POR TRASPASSE



UMIDADE DO SOLO ACELERA A CORROSÃO



A CORROSÃO SÓ OCORRE NAS EMENDAS DAS BARRAS



CORROSÃO EM FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS EMENDADAS
RESTINGA DA MARAMBAIA / RIO DE JANEIRO



FRESTA



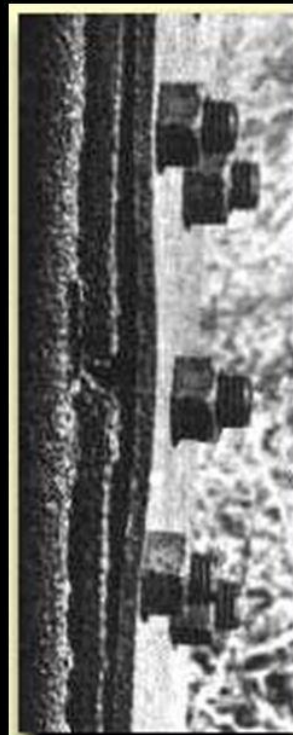
CORROSÃO EM FRESTAS,

MUITO CONHECIDA EM ESTRUTURAS METÁLICAS

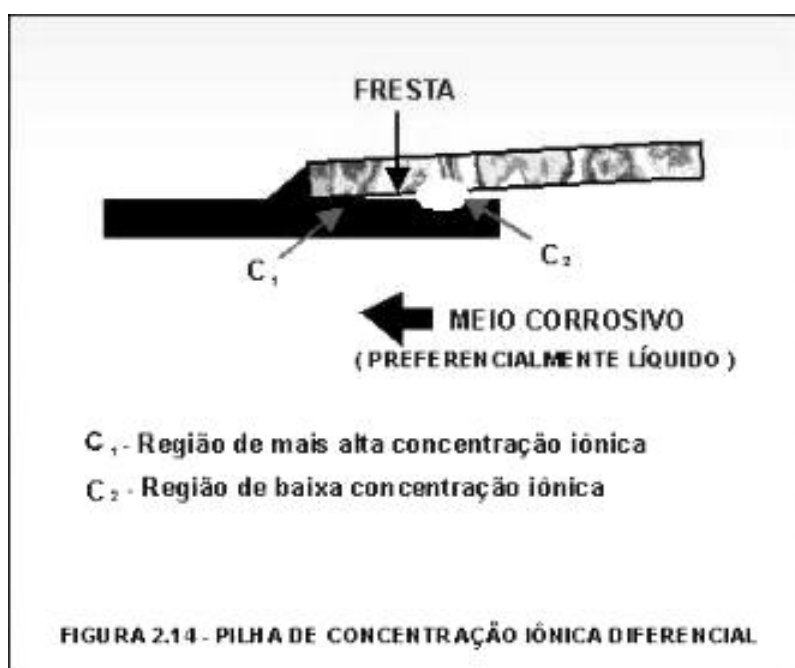
http://images.slideplayer.com.br/1/40098/slides/slide_24.jpg

Corrosão por Frestas

- A ação da aeração diferencial e/ou da concentração iônica diferencial causa a formação de pilhas em frestas nos materiais metálicos.
- Aparecem em juntas soldadas, juntas por rebites, em ligações com flanges, em uniões por roscas de parafusos, e em inúmeras configurações de que permitam formação de frestas.



4



CORROSÃO EM FRESTAS

Corrosão em frestas: regiões com baixa circulação de líquido (estagnação de fluido) e baixa aeração. O O_2 é consumido, havendo lineração de H^+ e Cl^- , que são corrosivo mesmo para materiais normalmente passivados.



Corrosão em frestas

VI. Crevice corrosion



- Crevice corrosion is a localized corrosion in recesses :
- overlapping zones for riveting, bolting or welding, **zones under joints** and under various deposits. These zones also called crevices, are very tiny and difficult to access for the aqueous liquid that is covering the rest of the readily accessible surfaces.
- This type of corrosion is also known as deposit attack.

CORROSÃO EM FRESTA

Crevice corrosion:

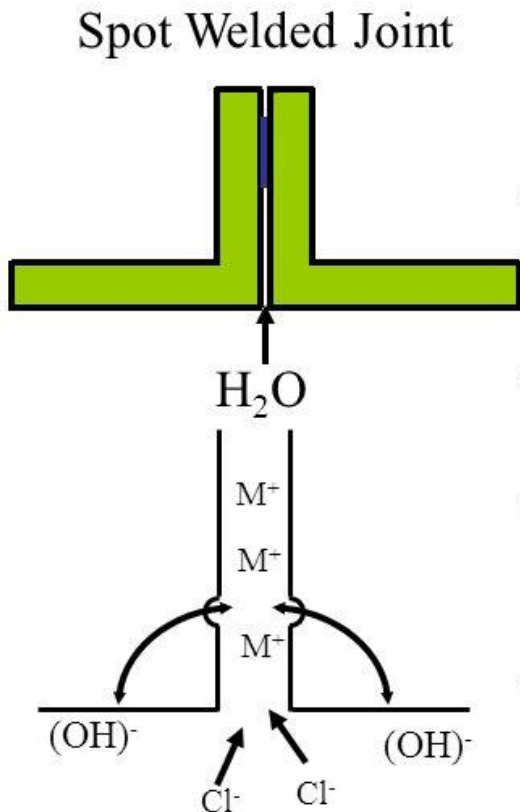
localized corrosion of a metal or alloy surface at, **or immediately adjacent to**, an area that is shielded from full

exposure to the environment **because of close proximity of the metal or alloy to the surface of another material or an adjacent surface of the same metal or alloy.**

ASTM G 193

**KSKV KACHCHH
UNIVERSITY,
DEPARTMENT OF
CHEMISTRY,
BHUJ**

Crevice Corrosion



- Capillary action pulls water into the crevice
 - $M \Rightarrow M^+ + e^-$
 - $O_2 + 2H_2O + 4e^- \Rightarrow 4(OH)^-$
- Oxygen is quickly depleted because there is a small surface area
- Positive charge builds up in the crevice
- Chlorine ions migrate to the crevice
 - $MCl + H_2O \Rightarrow MOH + HCl$
- Chlorine has a small effect on uniform attack but plays a critical role in crevice corrosion



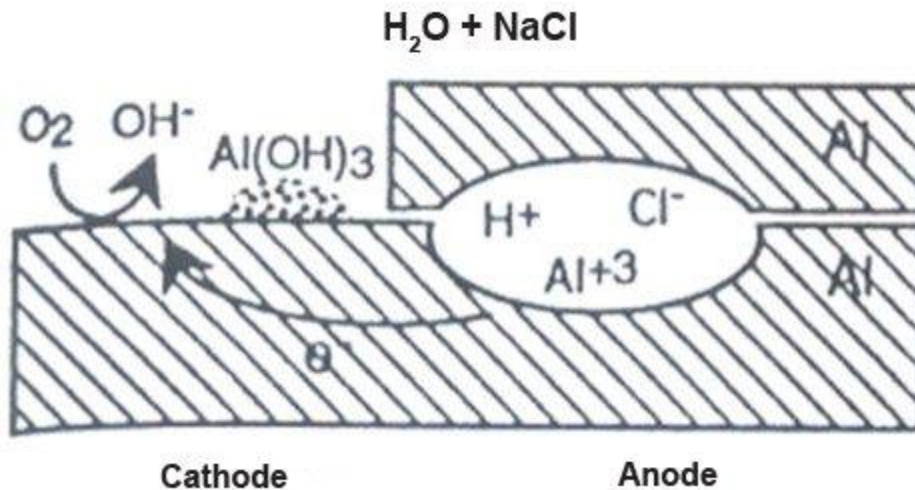
Crevice Corrosion & Pack Rust: A Serious Structural Problem

By

Gajanan M. Sabnis, PhD, P.E.

Emeritus Professor, Howard University, Washington, DC.

(gms@sabnis.com)



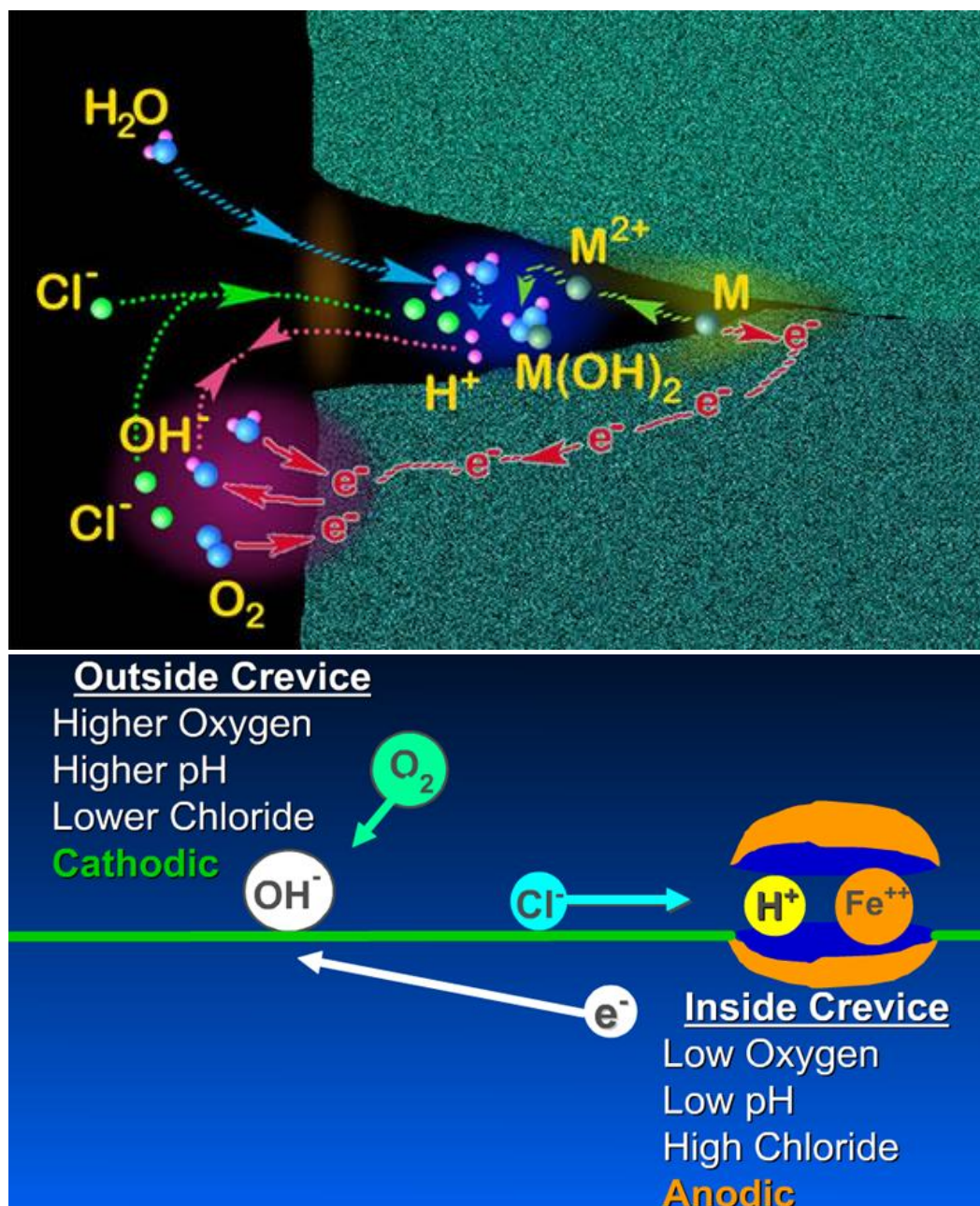
7. Crevice Corrosion

- Crevice corrosion is a localized form of corrosion usually associated with a stagnant solution on the micro-environmental level.
- Such stagnant microenvironments tend to occur in crevices (shielded areas) such as those formed under gaskets, washers, insulation material, fastener heads, surface deposits, disbonded coatings, threads, **lap joints** and clamps.

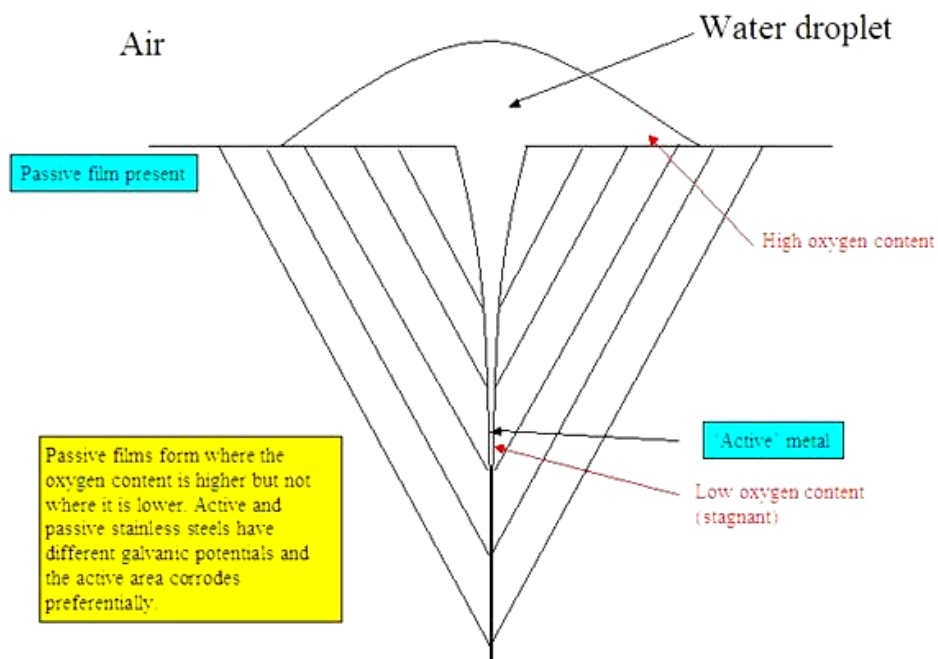
Crevice Corrosion (cont..)

- Occurs under gaskets, rivets and bolts, between valve disks and seats.
- Well-known examples of such geometries including flanges, gaskets, disbonded linings/coatings, fasteners, **lap joints** and surface deposits.

Crevice Corrosion (Images)

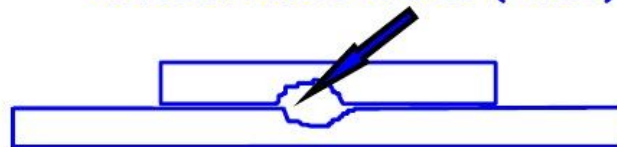


Crevice corrosion - the classic diagram

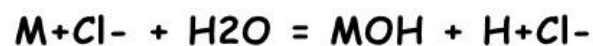


Crevice Corrosion Background

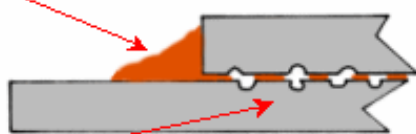
Corrosion Inside Crevice (Anode)



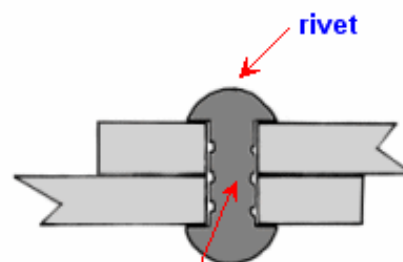
Chemical Reaction with Salt NaCl



Rust forms around the edges of the join and in the crevice



Pitting develops in the crevice due to oxidation of iron



Crevice corrosion along the stem of the rivet weakens it so it can break when stressed

CORROSÃO EM FRESTA - CREVICE CORROSION

**ESTADO EM QUE SE ENCONTRAM OS PILARES P1 E P2
NO NÍVEL DO TÉRREO (TETO DO SUBSOLO)**



E-MAIL DE ENG. GODART SEPEDA EM 01/12/2016

Estrutura de um edifício inacabado

Fotos cedidas pelo Eng. Paulo de Tarso



Corrosão das barras da armadura nas emendas por traspasse

Estrutura de um edifício inacabado

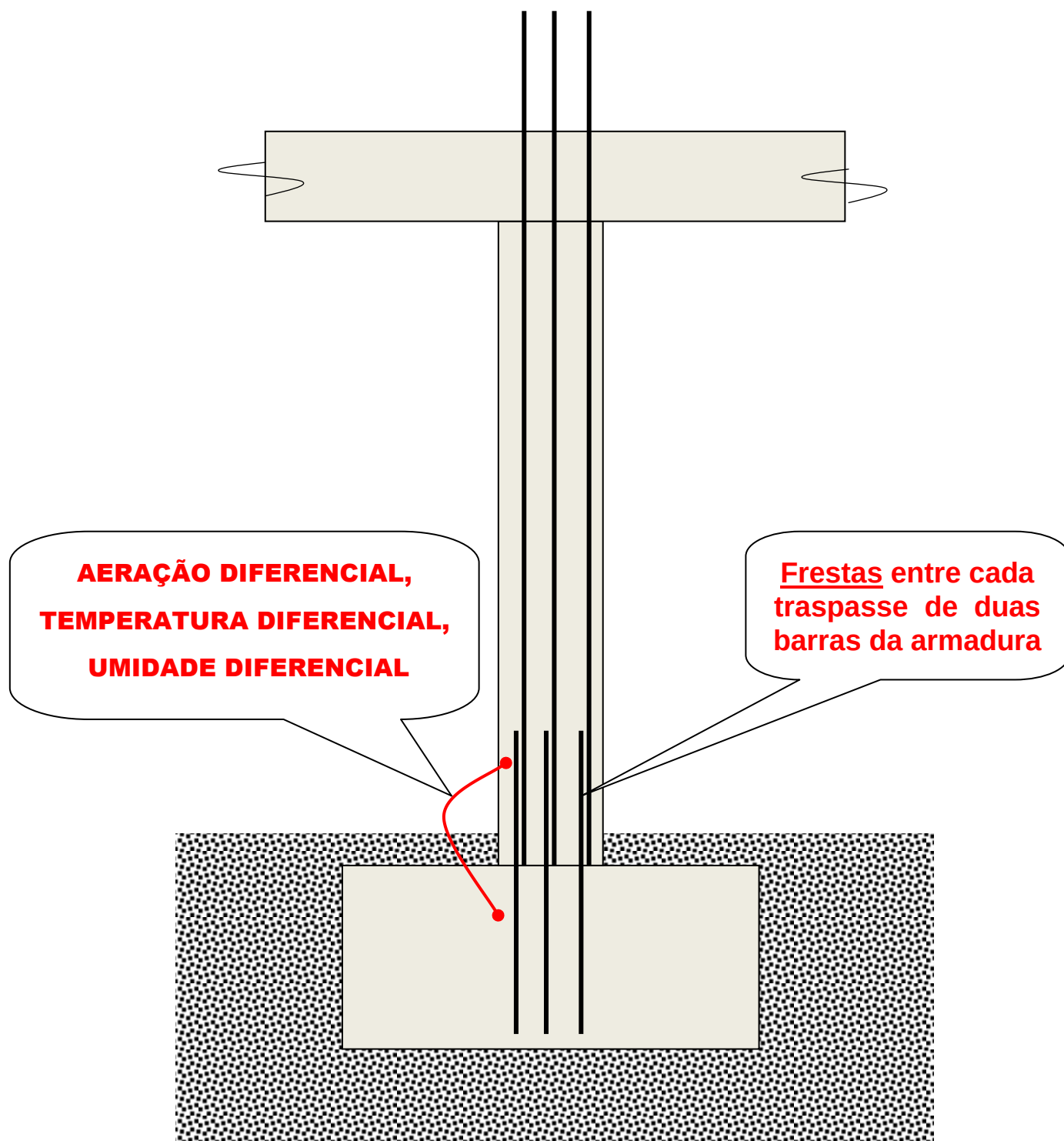
Foto cedida pelo Eng. Paulo de Tarso



ORROSÃO EM FRESTA (CREVICE CORROSION)

NAS EMENDAS DE FERROS EM PILARES

FERROS DE ESPERA (RJ) = FERROS DE ARRANQUE (SP)



CORROSION AT PIPE SUPPORTS - CAUSES & SOLUTIONS

Jim Britton - InterResources Inc.

<https://stoprust.com/technical-library-items/06-pipe-supports/>

CORROSÃO EM FRESTA (CREVICE CORROSION)

<https://stoprust.com/technical-library-items/06-pipe-supports/>

CORROSION AT PIPE SUPPORTS - CAUSES & SOLUTIONS

Jim Britton - InterResources Inc.

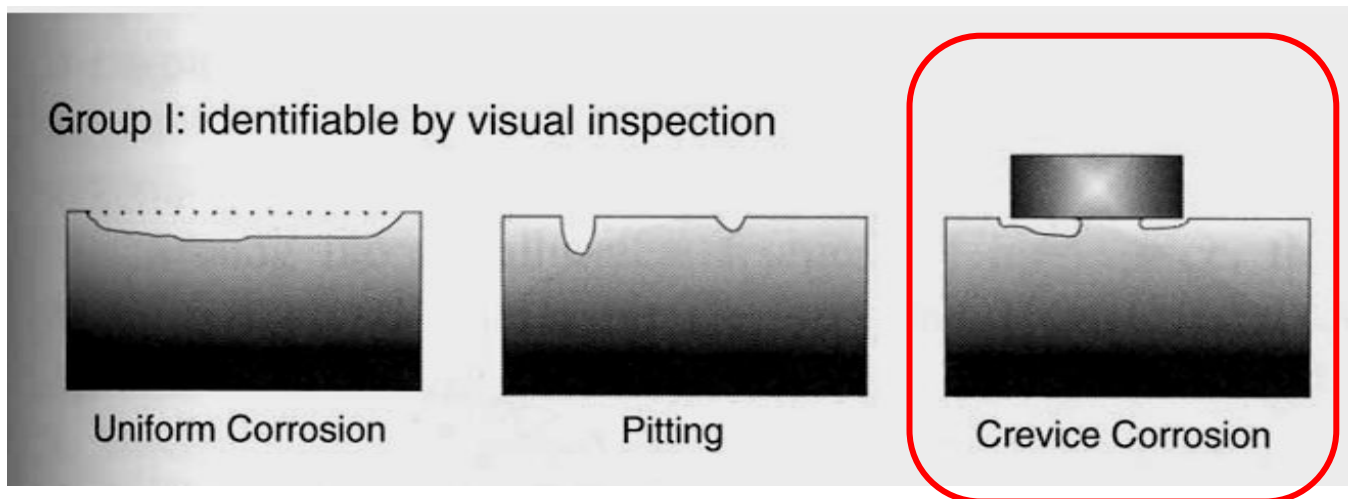
6830, North Eldridge Parkway - Houston, TX. 77041 - U.S.A



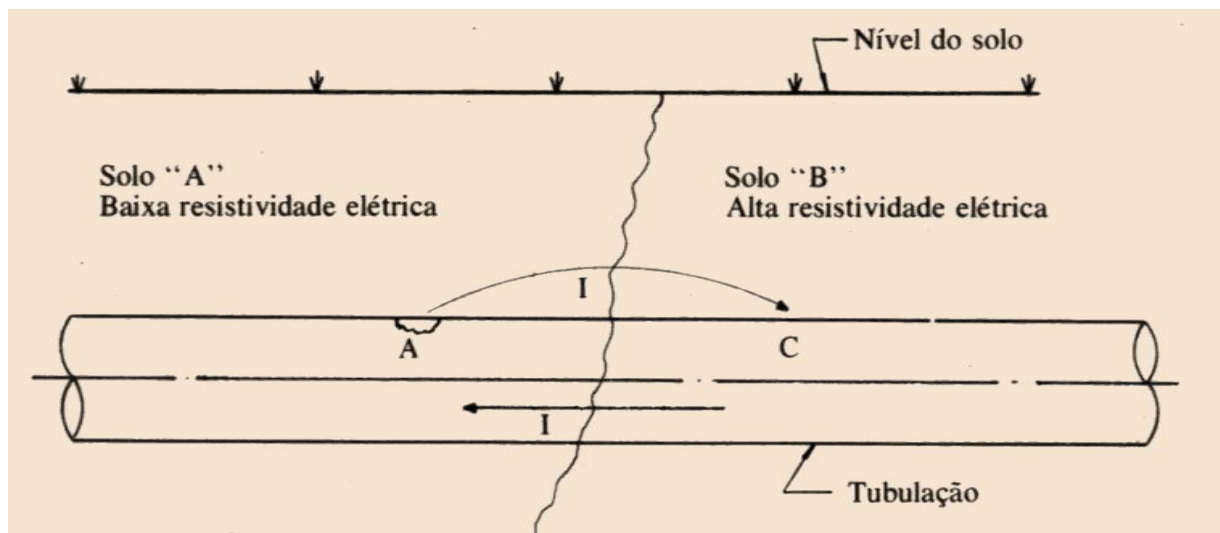
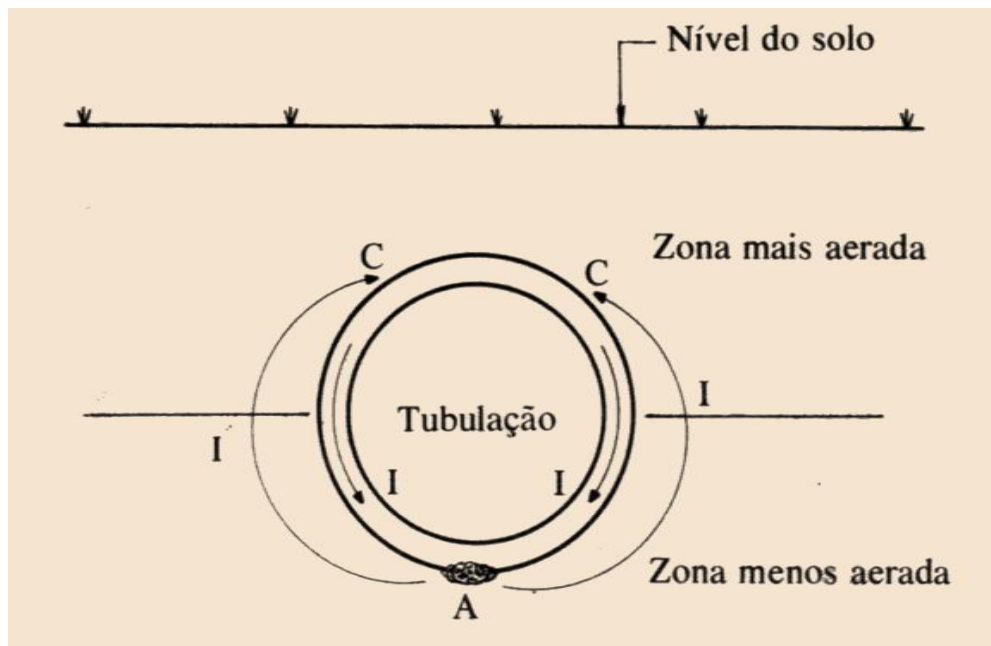
CORROSÃO EM FRESTA (CREVICE CORROSION)



Corrosão em frestas



Todo “Diferencial” cria correntes elétricas e corrosão



Referências

- **Vicente Gentil – Corrosão – Ed. Livros Técnicos – 3ª edição - 1996**
- **Aldo Cordeiro Dutra - Proteção Catódica – Ed. Interciência - 3ª edição – 1999**
- **David Halliday – Fundamentals of Physics – Ed. John Wiley – 5ª edição – 1997**
- **Wikipédia - Corrosão**
https://www.google.com.br/url?sa=t&BYUBVX1qpBD9XDcANAvEaHffnw&sig2=ryrFiLHONemYTjOBE_hhw
- **PIERRE R. ROBERGE CORROSION ENGINEERING - PRINCIPLES AND PRACTICE**
http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39572063/Corrosion_Engineering_Principles_and_Practice_-_McGrawHill_2008.PDF?AWSAccessKeyId=Aosion_Engineering_Principles_and_Pra.pdf
- **FHWA/Florida DOT Research on Alternative CRRB's**
Corrosion Resistant Alloys for Steel Reinforcement in Concrete
<http://www.fdot.gov/materials/structural/meetings/crrb/index.shtm>
- **Fabio Domingos Pannoni, PROJETO E DURABILIDADE**
INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO - RIO DE JANEIRO 2009
http://lacoferro.com.br/downloads/cbca_projeto_durabilidade.pdf

" Frestas devem ser evitadas a todo custo. A água que por lá entra não secará com rapidez, causando problemas que não podem ser facilmente detectados ou reparados. Feche a fenda com um cordão de solda contínuo (filete) ou utilize um selante poliuretânico, epoxídico ou outro que se preste a esta finalidade. "

TIPOS DE CORROSÃO

Corrosão por concentração diferencial

A variação de determinados componentes no meio no qual o material está permanentemente ou mesmo eventualmente imerso (em contato) provoca igualmente ação corrosiva, a qual é denominada **corrosão por concentração diferencial**. Seu mecanismo de ação é a formação de pilhas de [concentração iônica](#) diferencial e pilhas de [aeração](#) diferencial.

Este tipo de corrosão pode ser dividido em **corrosão por concentração iônica diferencial**, associada com a variação de determinadas concentrações iônicas propriamente ditas do meio, a **corrosão por aeração diferencial**, variando a concentração de determinados gases da atmosfera gasosa em contato com o material, a **corrosão em frestas**, ocasionada por configuração geométrica do material corroível, que possibilita a formação de variações de concentração ou de aeração e pelo mesmo motivo, a **corrosão filiforme**, mas associada a configurações dos revestimentos aplicados, tais como a pintura.

Corrosão por concentração iônica diferencial

A corrosão por concentração molecular diferencial ocorre quando no eletrólito com o qual o metal está em contato apresentam-se diferenças de concentração de íons do metal ou ainda outro cátion ou ânion que propicie a corrosão, como o Na^+ e outros íons alcalinos ou ainda [sulfatos](#), por exemplo, conseqüentemente propiciando a partir de um primeiro ataque, a variação de cátions do metal.

Este diferencial propiciará a formação de pilhas através da presença de diferentes potenciais eletroquímicos das áreas de maior e menor concentração, que funcionarão respectivamente como cátodo e como ânodo.

Corrosão por aeração diferencial

Quando há variações nas concentrações de oxigênio no meio eletrólito ocorre a chamada tecnicamente **corrosão por aeração diferencial**.

Com a concentração de oxigênio mais alta no meio circundante, mais catódico se torna o potencial eletroquímico de um material metálico, tornando as áreas em contato com esta concentração mais elevada de oxigênio catódicas, gerando diferença de potencial em relação às áreas do meio de menor concentração de oxigênio, que passam a ser anódicas.

Este tipo de corrosão ocorre frequentemente em regiões intermediárias entre dois meios, como ar e água ou ar e solo, como nas estruturas metálicas com partes subaquáticas ou no solo.

Corrosão em frestas

A ação da aeração diferencial e ou da concentração iônica diferencial produzem a formação de pilhas em frestas em materiais metálicos.

Estas frestas podem ser definidas como as ocorrentes em juntas soldadas de chapas sobrepostas, em juntas de chapas unidas por rebites, em ligações de tubulações unidas por flanges, em ligações de tubulações proporcionadas por roscas de parafusos, nos revestimentos feitos através de chapas aparafusadas e inúmeras configurações de geometrias que proporcionem a formação de frestas.

A formação de pilhas de concentração iônica diferencial é preferencial em meios líquidos e a formação de pilhas de aeração diferencial é preferencial em meios gasosos.

Sendo, portanto, as frestas inerentes às construções por meio de metais, no projeto devem ser minimizadas com o objetivo de reduzir a corrosão.

Corrosão filiforme

Quando a corrosão se processa sob camadas de revestimento, como a pintura, ela é denominada de corrosão filiforme.

Embora o mecanismo principal desta corrosão não seja completamente entendido, atribui-se aos mesmos mecanismos da corrosão por frestas a esta corrosão, especialmente quando em defeitos no revestimento a aeração diferencial.

Esta corrosão processa-se tipicamente nas bordas da superfície do material, progredindo por filamentos que curiosamente apresentam reflexões de mesmo ângulo do de incidência quando encontram obstáculos.

Corrosão galvânica

O contato elétrico entre materiais diferentes resulta no processo corrosivo conhecido como **corrosão galvânica**.

A intensidade deste tipo de corrosão será proporcional à distância entre os valores dos materiais envolvidos na tabela de potenciais eletroquímicos, em outras palavras, na "nobreza" dos materiais.

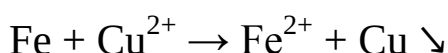
Exerce influência neste tipo de corrosão a proporcionalidade entre as áreas anódica e catódica.

Tal proporção deverá ser menor possível com vistas a se obter a mínima corrosão na área anódica aliada a sua uniformidade.

A presença de íons metálicos no eletrólito é um fator importante nesta corrosão.

No caso de os íons no eletrólito serem mais catódicos que os materiais com os quais possam ter contato, haverá corrosão devido a reações de troca entre o metal e os cátions dissolvidos, com consequente oxidação do metal da estrutura em questão.

É um exemplo comum a reação da solução de um sal de cobre como eletrólito, a qual contém íons [Cu²⁺](#) em contato com metais ferrosos, como por exemplo o aço:

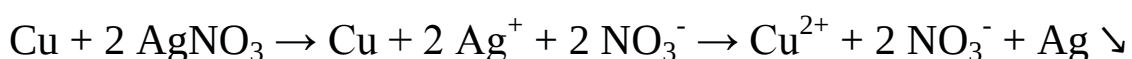


reação que resulta na corrosão do ferro da liga ferrosa (o qual é oxidado) e a deposição (por redução) do cobre.

Como um exemplo mais completo da reação acima, podemos citar a reação de solução de [sulfato de cobre \(II\)](#) com uma liga ferrosa:



Como uma reação na qual seja o cobre o metal corroído, podemos citar a similar reação do nitrato de prata em solução com uma liga de cobre metálico:



Corrosão sob tensão

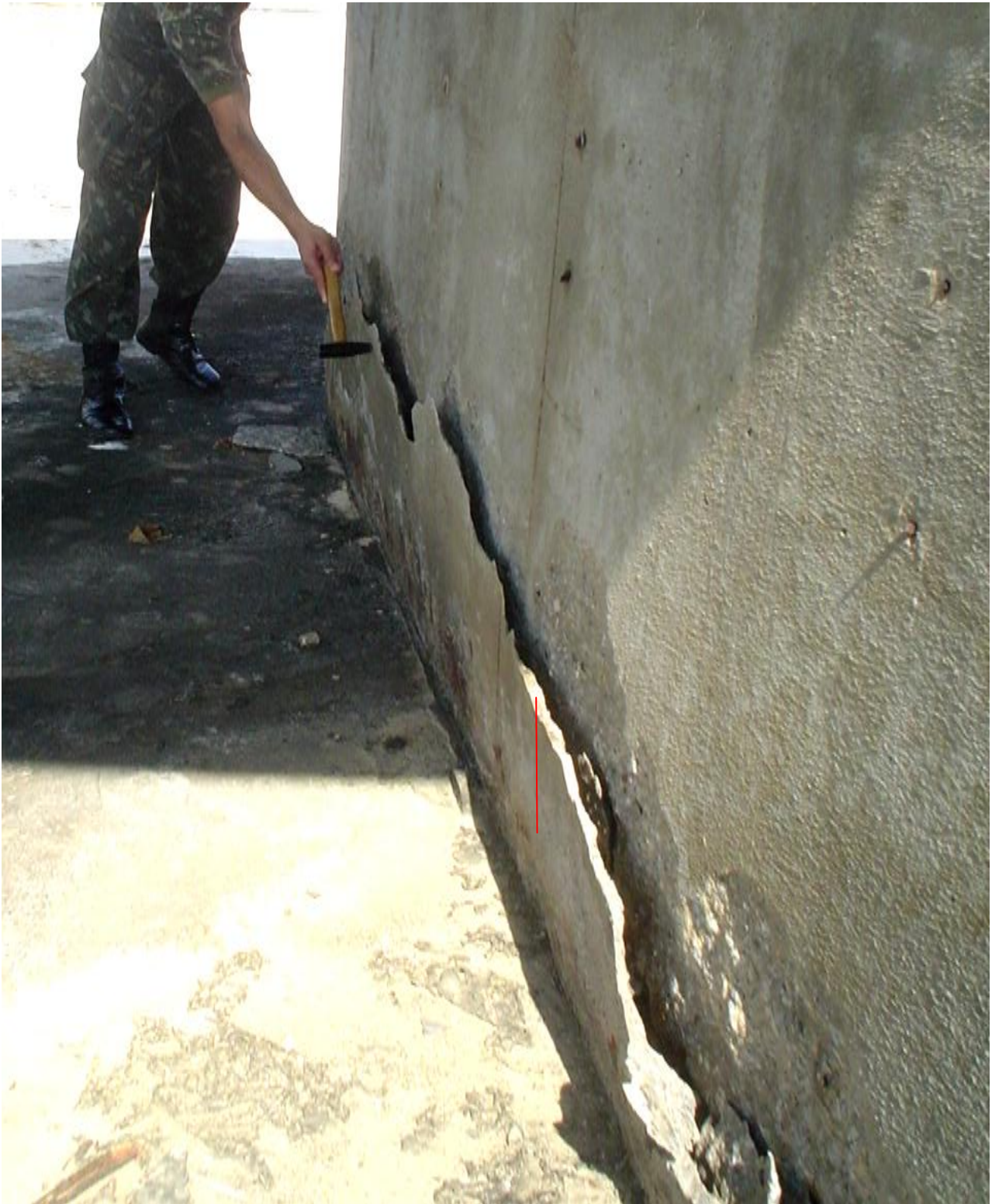
O desenvolvimento da corrosão sob tensão exige a presença simultânea de tensões de tração e fatores ambientais específicos.

Isso é incomum nas atmosferas internas de um edifício.

As tensões não necessitam ser muito altas em relação ao limite de escoamento do material e podem ser devidas a carga e/ ou efeitos residuais dos processos de fabricação tais como soldagem ou dobramento.

Devem ser tomados cuidados quando os componentes de aço inoxidável com tensões residuais elevadas (por ex. devido ao trabalho a frio) são usados em ambientes ricos em cloretos (por ex. piscinas cobertas, marinho, plataforma marítima)

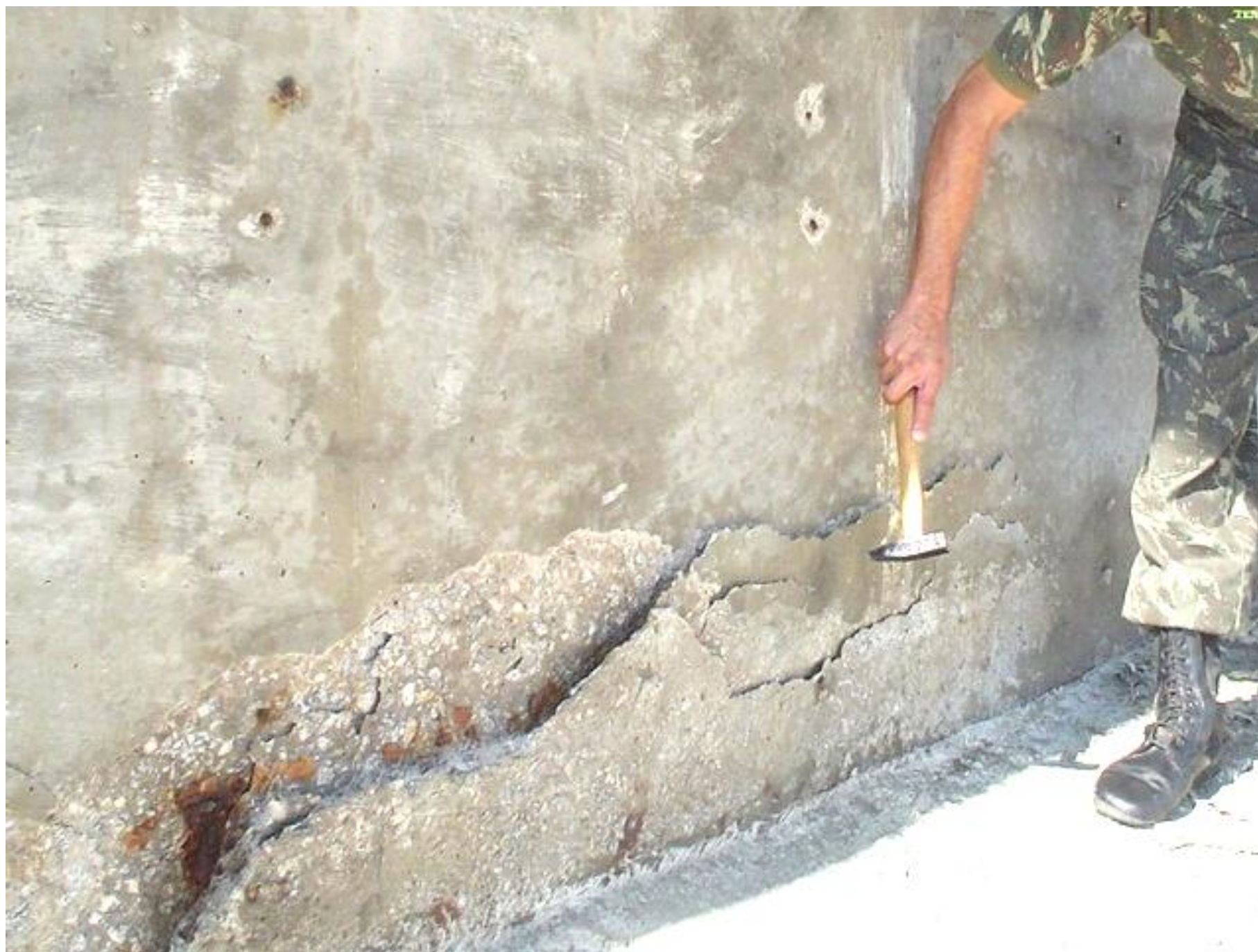
Corrosão nas emendas das barras da armadura



Entre duas barras emendadas por traspasse forma-se uma fresta.

Nessa fresta ocorre forte corrosão





**A corrosão só ocorre no trecho emendado, isto é,
nas FRESTAS, entre as barras emendadas**



A corrosão só ocorre no trecho emendado, isto é, nas FRESTAS.

Acima dos traspases não ocorre a corrosão.

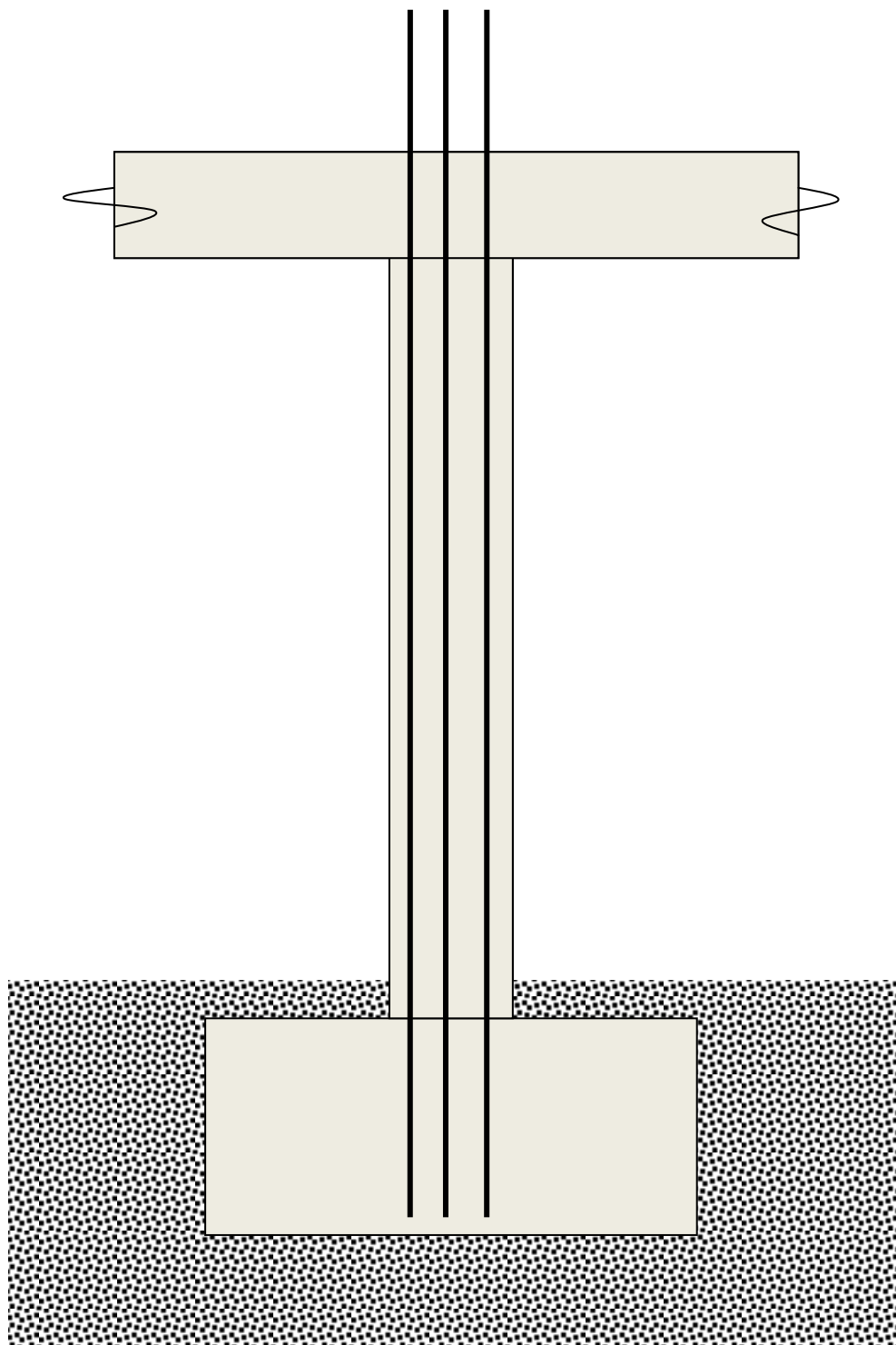


ESTRUTURA SEM EMENDAS DE ARMADURA

=

ESTRUTURA SEM CORROSÃO

Alternativa A , que tenho detalhado há 25 anos.
Sem emendas , sem ferros de espera (arranque)



As obras assim construídas estão sem corrosão nas armaduras (até agora !)

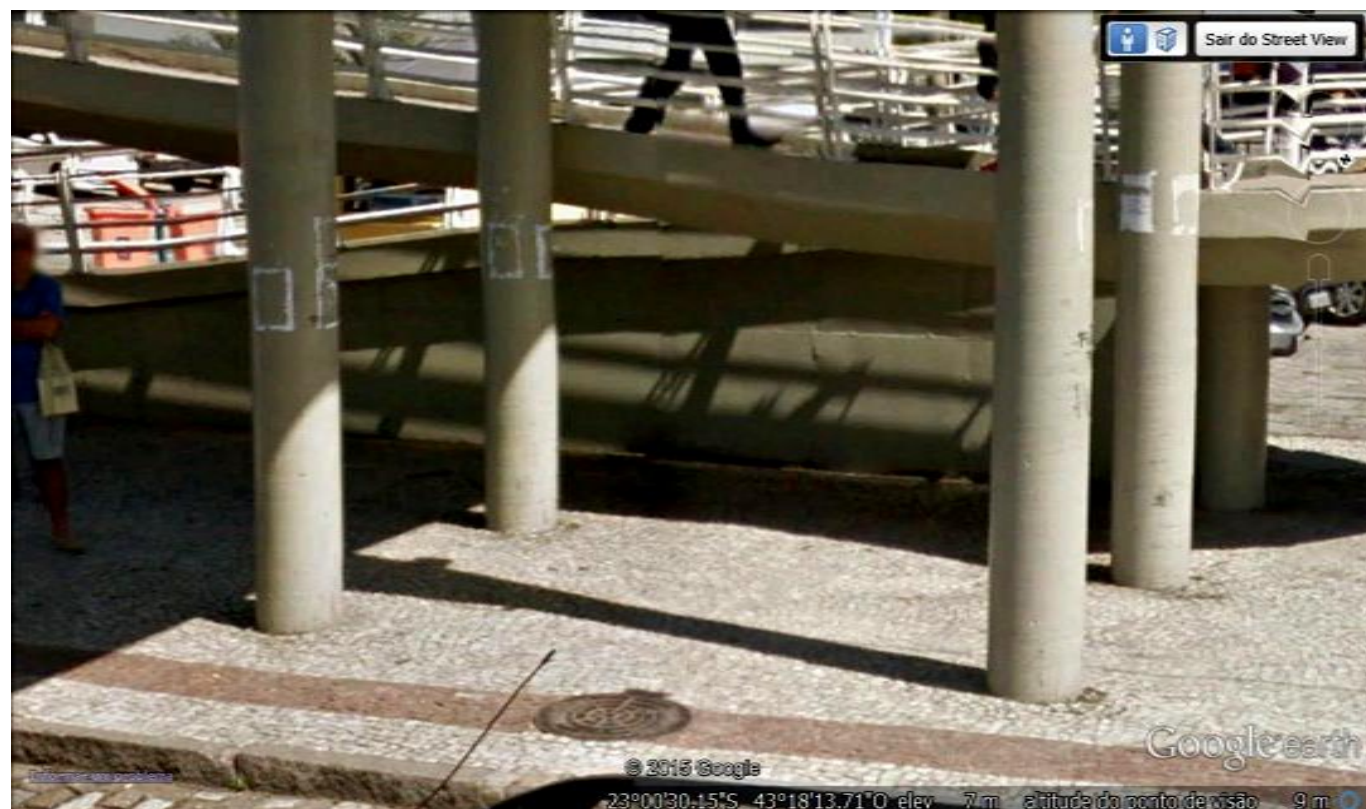
Ver fotos de uma dessas obras adiante.

Obra ao ar livre construída há 20 anos

BARRA DA TIJUCA / RIO DE JANEIRO



Cobrimento = 3cm



Obra ao ar livre construída há 20 anos

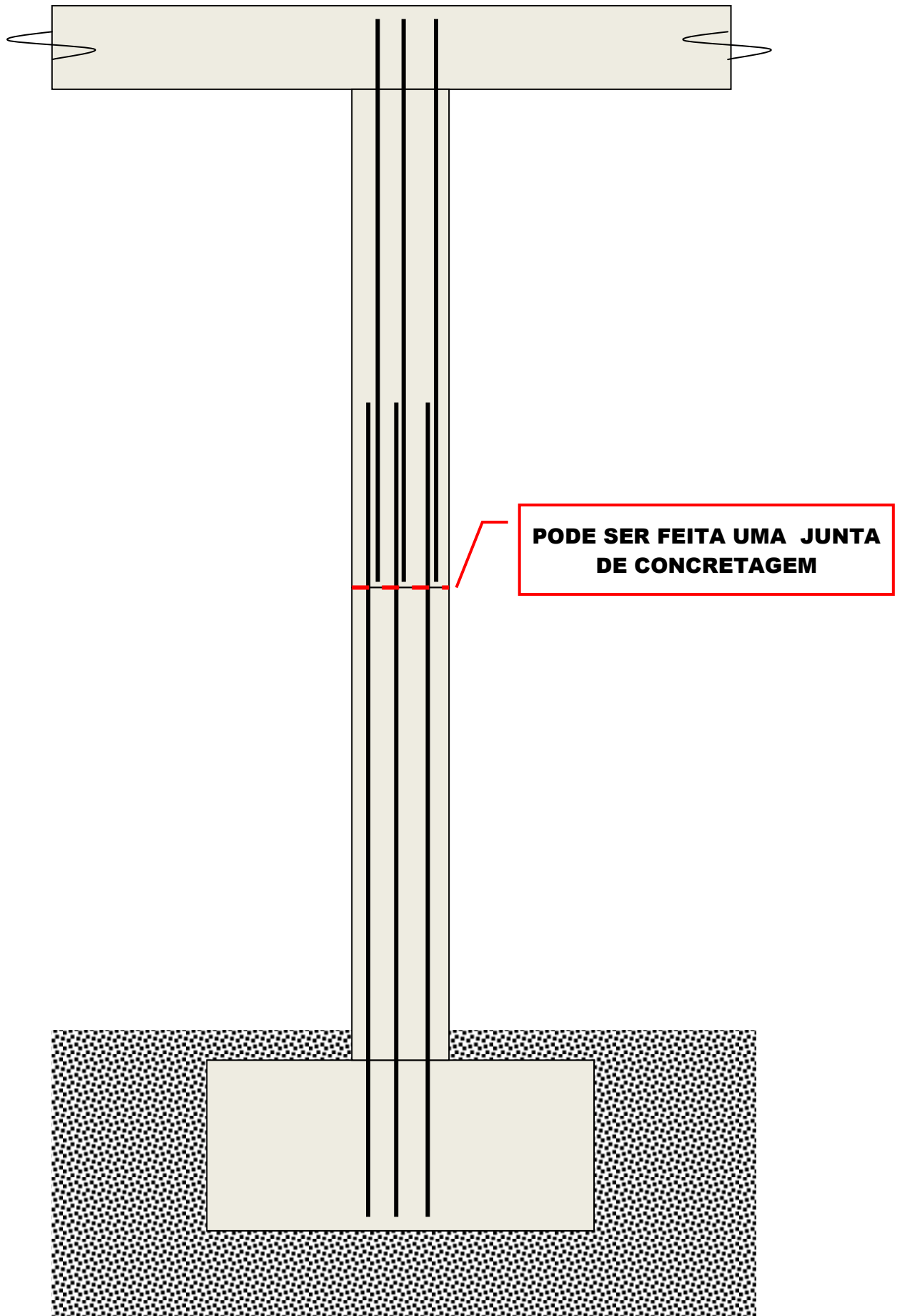


Obra na mesma região, com emenda das armaduras de espera , junto ao solo.

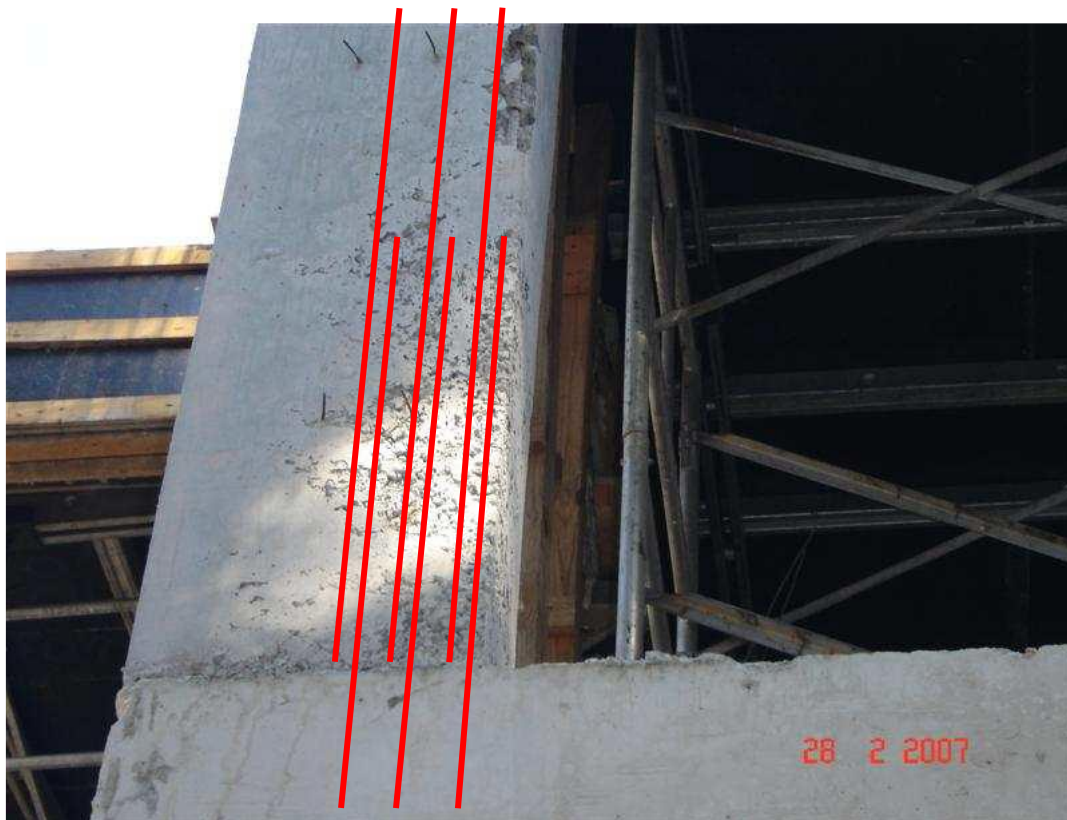


Alternativa B

Se o pilar for alto, fazer a emenda das armaduras a meia altura



As emendas por transpasse das barras no pé dos pilares dificultam a concretagem e, em especial, o concreto do cobrimento fica poroso devido à impossibilidade de um bom adensamento por vibração.



A vibração do concreto dos pilares, em geral, já é difícil e a existência de emendas cria “brocas” na base dos pilares. Esse concreto poroso facilita a penetração de água, do ar com o oxigênio e dos agentes químicos agressivos à armadura.

Crevice Corrosion

**Erhan Guneyisi
&
Wesam Kurdi Abd**

<http://pt.slideshare.net/mustafahasan33633/pitting-corrosion-and-crevice-corrosion/14>

**University of Gaziantep
Graduated School of Natural
and Applied Science**



**Faculty of Engineering
Department of Civil
Engineering**

***common corrosion types
(Pitting corrosion and Crevice Corrosion)***

Supervised by

ASSOC.PROF.DR. Erhan GUNEYSI

Prepared by

Wesam Kurdi Abd

Mustafa Fahmi Hasan

Ghazala Yuonus Asaa

Lamyaa Abed Jafr

Erhan Guneyisi crevice corrosion - Wesam Kurdi Abd crevice corrosion

Why do metals corrode ?

- Any spontaneous reaction in the universe is associated with a lowering in the free energy of the system. i.e. a negative free energy change.
- All metals except the noble metals have free energies greater than their compounds. So they tend to become their compounds through the process of corrosion



➤ Corrosion

- General Corrosion
- Pitting Corrosion
- Crevice Corrosion **Corrosão em Frestas**
- Stress Corrosion Cracking
- Galvanic Corrosion
- Microbiologically Influenced Corrosion
- Sulphide Stress Corrosion Cracking
- Intergranular Corrosion

➤Pitting and Crevice Corrosion

Pitting and Crevice corrosion are forms of localised corrosion, which means that the corrosion occurs in a limited area on the pipe. The corrosion rate is often high and is generally higher than that for uniform corrosion, due to a large cathode/anode ratio. A severe attack is therefore usually observed, and the pit or crevice may cut through the pipe wall thickness to form a hole.

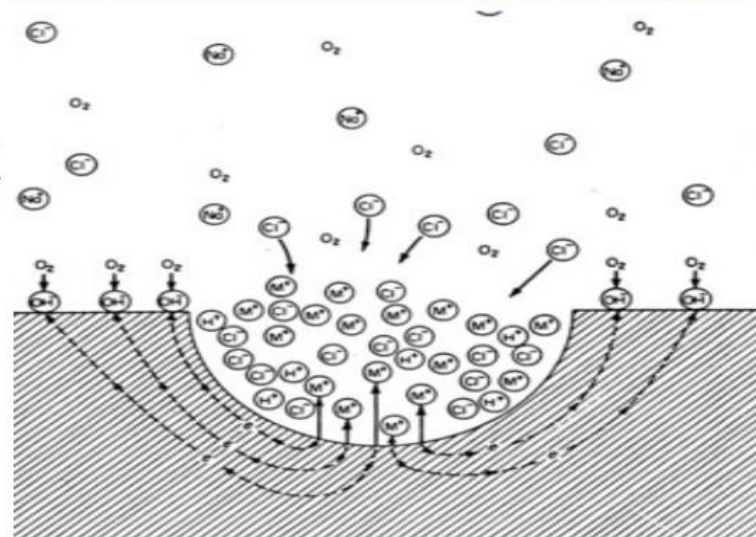


PITTING CORROSION



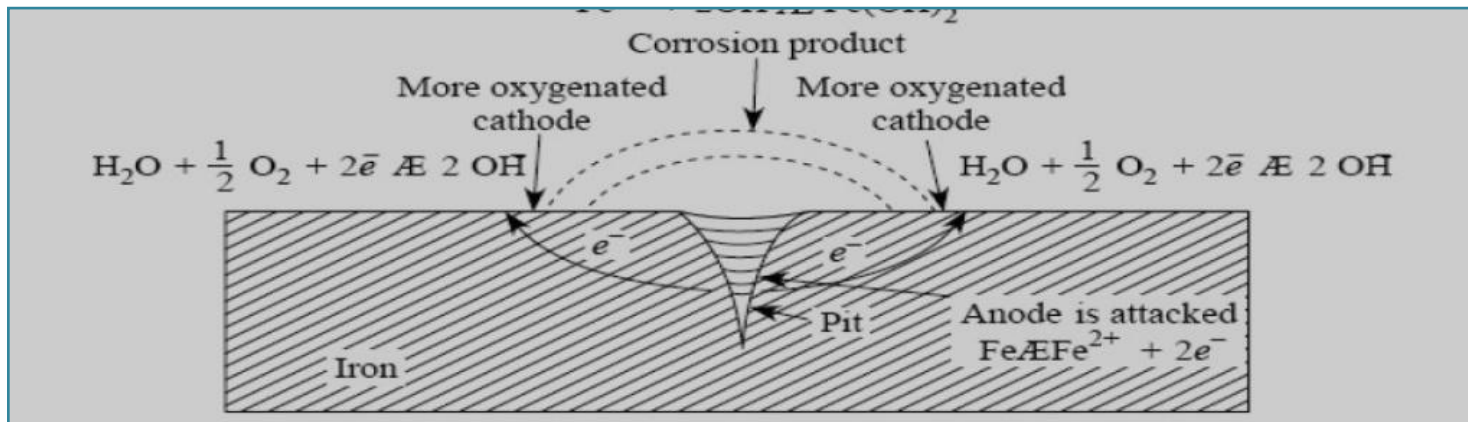
➤PITTING

- A form of extremely localized attack causing holes in the metal
- Most destructive form
- Autocatalytic nature
- Difficult to detect and measure
- Mechanism



➤ Mechanism of Pitting Corrosion

The mechanism for pitting and crevice corrosion has some similarities and pitting is often seen as the portent of crevice corrosion. Some researchers see crevices as big pits, while others regard both corrosion forms as crevice corrosion, where pitting corrosion is considered a special form. Galvele used Tafel's law to confirm the strong relationship between the mechanisms for pitting and crevice corrosion presented by Wilde and Williams for solutions containing NaCl and in seawater.



Electro Chemical of Pitting Corrosion



➤ Pitting corrosion

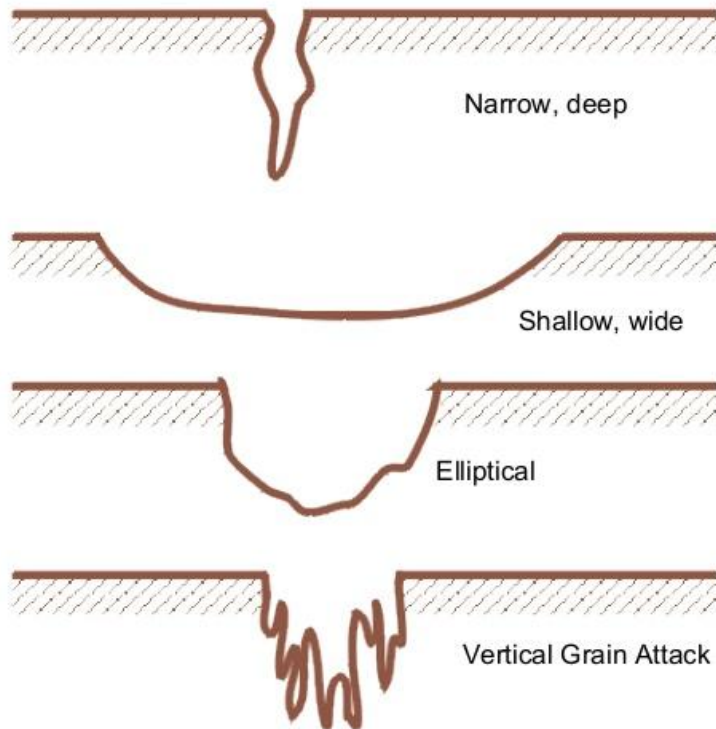
Inhibitors:-

- Chloride (catalyst)
- High temperatures
- Acidic conditions, low pH, such as CO_2 , H_2S
- Damaged oxide layer (chemically inhibited)

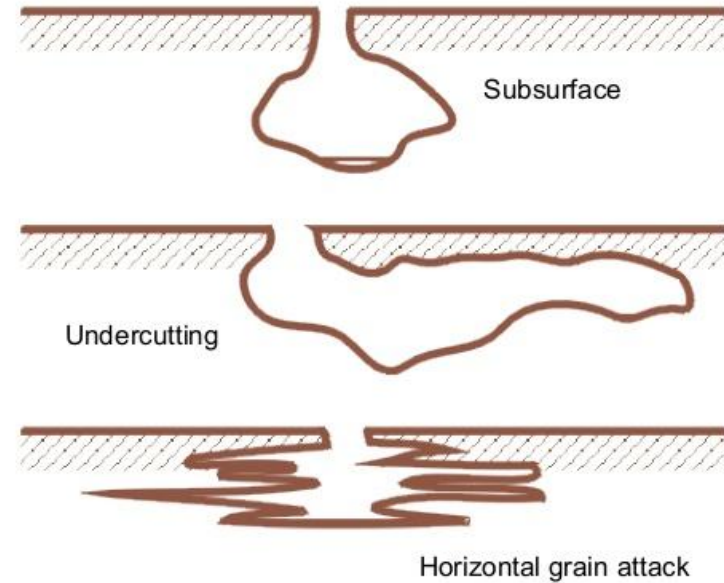


Corrosion Pit Shapes

THROUGH PITS



SIDEWAY PITS





CREVICE CORROSION

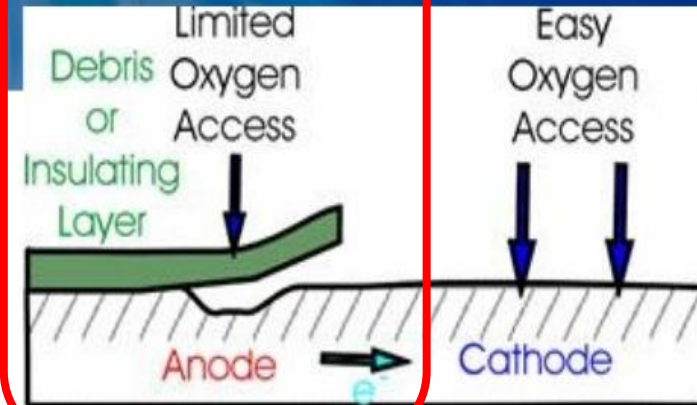
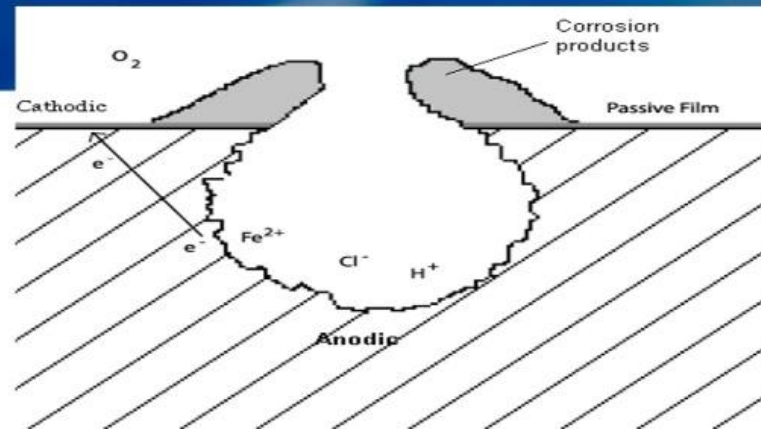
CORROSÃO EM FRESTAS

➤ Crevice corrosion

- Crevice or contact corrosion is the corrosion produced at the region of contact of metals with metals or metals with non-metals. It may occur at washers, under barnacles, at sand grains, under applied protective films, and at pockets formed by threaded joints.
- Cleanliness, the proper use of sealants, and protective coatings are effective means of controlling this problem



➤ Crevice Corrosion



This is a concentration cell in action. Notice how the damage occurs in out of sight places.



➤ Mechanism of Crevice Corrosion

The crevice corrosion mechanism is dependent on several parameters and it may change accordingly with a change in the parameters. The attack happens in a restricted area, often a narrow crack with a width of normally only a few micrometers. These crack can occur where there are external agents such as paint remains, tape or insulation, that forms a crevice against the pipe surface. The chemistry within the crack develops differently from the rest of the bulk solution. In a review, several mechanisms were proposed for crevice corrosion, since any single mechanism fails to explain all aspects of crevice corrosion.

➤ Crevice Corrosion

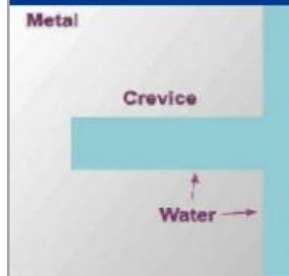


➤ Crevice corrosion

Occurring:

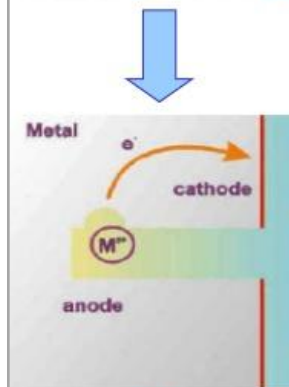
- Under gaskets,
- Sharp re-entrant corners
- Incomplete weld penetration
- Overlapping surfaces

➤ Mechanism- Chronology of Crevice Corrosion



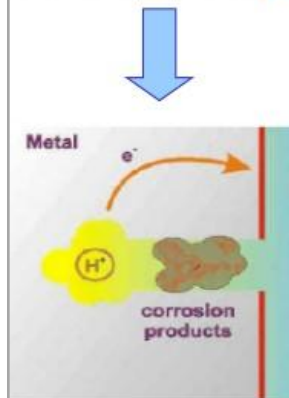
Stage 1

At time zero, the oxygen content in the water occupying a crevice is equal to the level of soluble oxygen and is the same everywhere.



Stage 2

Because of the difficult access caused by the crevice geometry, oxygen consumed by normal uniform corrosion is very soon depleted in the crevice.



Stage 3

1. The metal ions produced by the anodic corrosion reaction readily hydrolyze giving off protons (acid) and forming corrosion products.
2. The acidification of the local environment can produce a serious increase in the corrosion rate of most metals.
3. The corrosion products seal even further the crevice environment.
4. The accumulation of positive charge in the crevice becomes a strong attractor to negative ions in the environment.

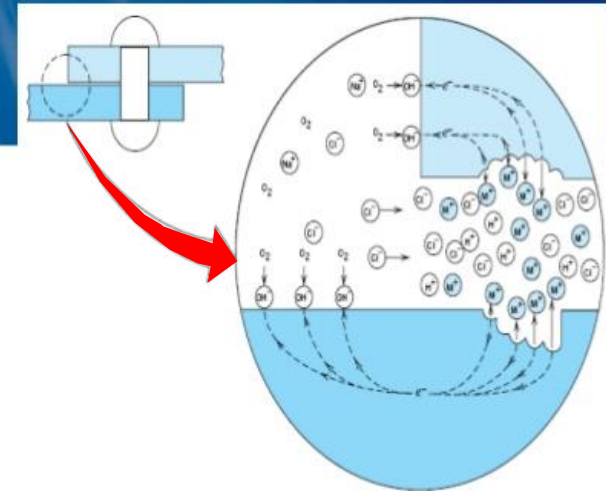


Fig. Schematic illustration (initial stage) of the mechanism for crevice corrosion between two riveted sheets.

astm g78 crevice corrosion test

➤ Crevice Corrosion Testing

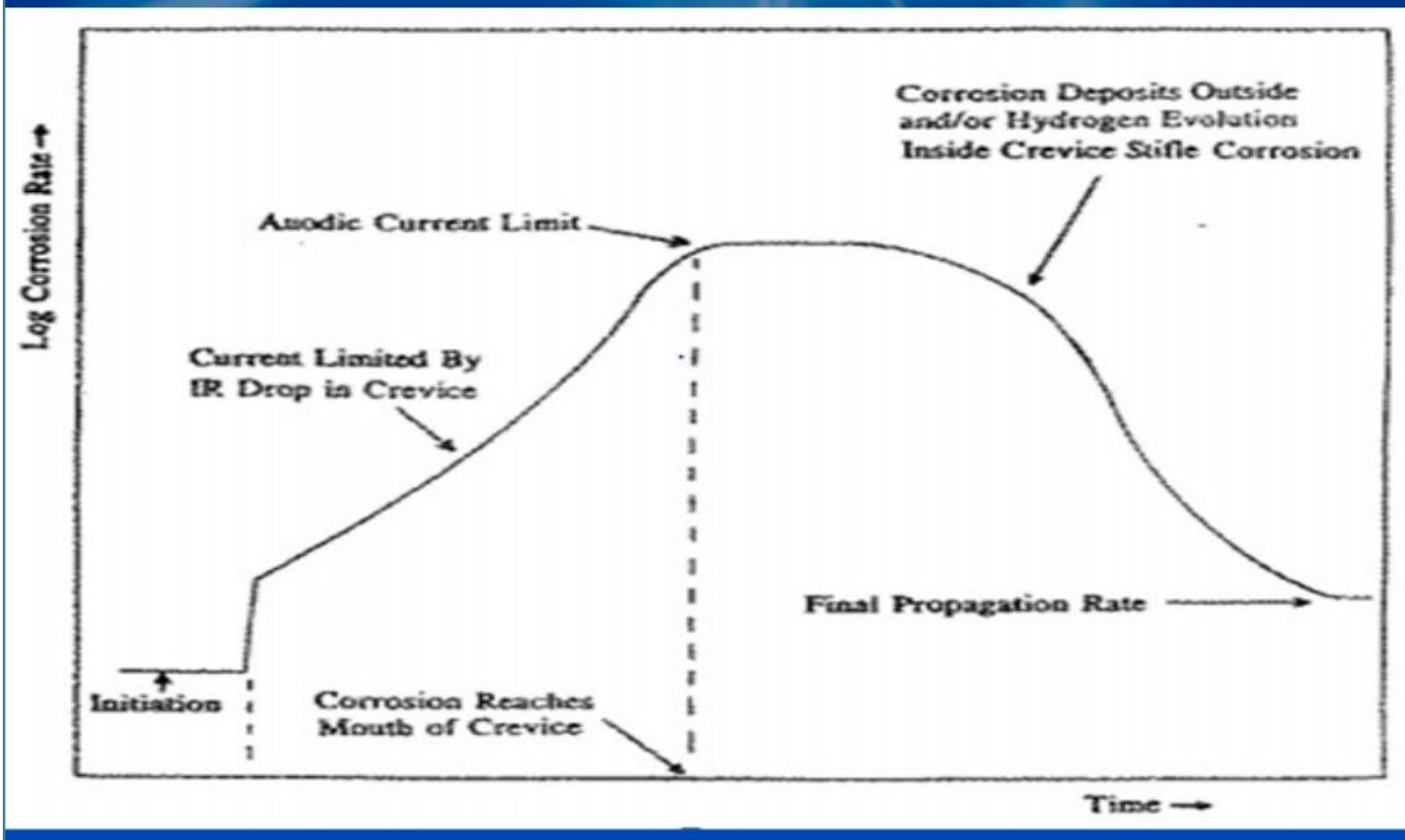
ASTM G78 - Standard Guide for Crevice Corrosion Testing

In this test, washers make a number of contact sites on either side of the specimens. The number of sites showing attack in a given time can be related to the resistance of a material to initiation of localized corrosion, and the average or maximum depth of attack can be related to the rate of propagation.



... after 30 days in 0.5 FeCl₃ + 0.05 M NaCl

- Diagram presenting the corrosion rate of crevice corrosion against time from



➤ Other Parameters Taken to Determine the capability to Pitting and Crevice Corrosion

- Effect of Temperature
- Effect of Chloride Concentration
- Corrosion Rate
- Material Properties
- Oxide Film
- Effect of Surface Roughness
- Effect of Pipe Diameter
- Effect of Coating
- Induction time



**VIADUTO COM CORROSÃO NAS
EMENDAS POR TRASPASSE
LONGE DO SOLO**

MAREZIA RICA EM CLORETOS

2011 - CORROSÃO EM FRESTAS,

- MAREZIA RICA EM CLORETOS
- FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS DO TRASPASSE DAS ARMADURAS

A CORROSÃO OCORREU NO TRECHO DA EMENDA POR TRASPASSE



Foto tirada pelo eng. Raul Lisboa no dia 17 de julho de 2011, um domingo em que a pista estava sem tráfego.

2011 - CORROSÃO EM FRESTAS,

- MAREZIA RICA EM CLORETOS
- FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS DO TRASPASSE DAS ARMADURAS

ZOOM

A CORROSÃO OCORREU NO TRECHO DA EMENDA POR TRASPASSE



Foto tirada pelo eng. Raul Lisboa no dia 17 de julho de 2011, um domingo em que a pista estava sem tráfego.

2011 - ZOOM ZOOM



Foto tirada pelo eng. Raul Lisboa no dia 17 de julho de 2011, um domingo em que a pista estava sem tráfego.

2011 - ZOOM ZOOM



Foto tirada pelo eng. Raul Lisboa no dia 17 de julho de 2011, um domingo em que a pista estava sem tráfego.

2011 - NA FACE OPOSTA DO MESMO PILAR
NA MESMA REGIÃO DAS EMENDAS POR TRASPASSE



Foto tirada pelo eng. Raul Lisboa no dia 17 de julho de 2011, um domingo em que a pista estava sem tráfego.

2020 - DETALHE DO PILAR JÁ ENCAMISADO



AO FUNDO O VIADUTO RECÉM CONSTRUÍDO.

**2020 - VISTA GERAL APÓS O REFORÇO DAS TRAVESSAS DE
APOIO DAS VIGAS E O ENCAMISAMENTO DOS PILARES.**



Einar Bardal (2004)

Different Forms of Corrosion Classified on the Basis of Appearance.

Different Forms of Corrosion Classified on the Basis of Appearance.

Einar Bardal - (eds) Corrosion and Protection. Engineering Materials and Processes. Springer, London (2004)

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-85233-845-9_7

7. Different Forms of Corrosion Classified on the Basis of Appearance

*Happy he, who has availed to
read the causes of things.
VIRGIL*

7.1 Introduction

In the previous chapters we have mainly (more or less implicitly) assumed that:

- 1) electrochemical corrosion is the only deterioration mechanism;
- 2) anodic and cathodic reactions take place all over the electrode surface, but not simultaneously at the same place, i.e. the anodic and cathodic reactions exchange places, constantly or frequently. Closely related to this dynamic behaviour it is assumed that:
- 3) there are no significant macroscopic concentration differences in the electrolyte along the metal surface, and the metal is fairly homogeneous.

These three assumptions lead to *uniform (general)* corrosion.

But this is only one of several corrosion forms that occur under different conditions.

The other forms of corrosion depend on the deviations from the mentioned assumptions.

Such deviations may be due to:

- a) the design (the macro–geometry of the metal surfaces)
- b) the combination of metal and environment
- c) the state of the surface (particularly cleanliness and roughness)
- d) other deterioration mechanisms

7.5 Crevice Corrosion - Corrosão em Frestas

7.5.1 Occurrence, Conditions

This is localized corrosion concentrated in crevices ***in which the gap is sufficiently wide for liquid to penetrate into the crevice and sufficiently narrow for the liquid in the crevice to be stagnant.***

Crevice corrosion (CC) occurs beneath flange gaskets, nail and screw heads and paint coating edges, **in overlap joints.**

Bardal Einar - Different Forms of Corrosion Classified on the Basis of Appearance.

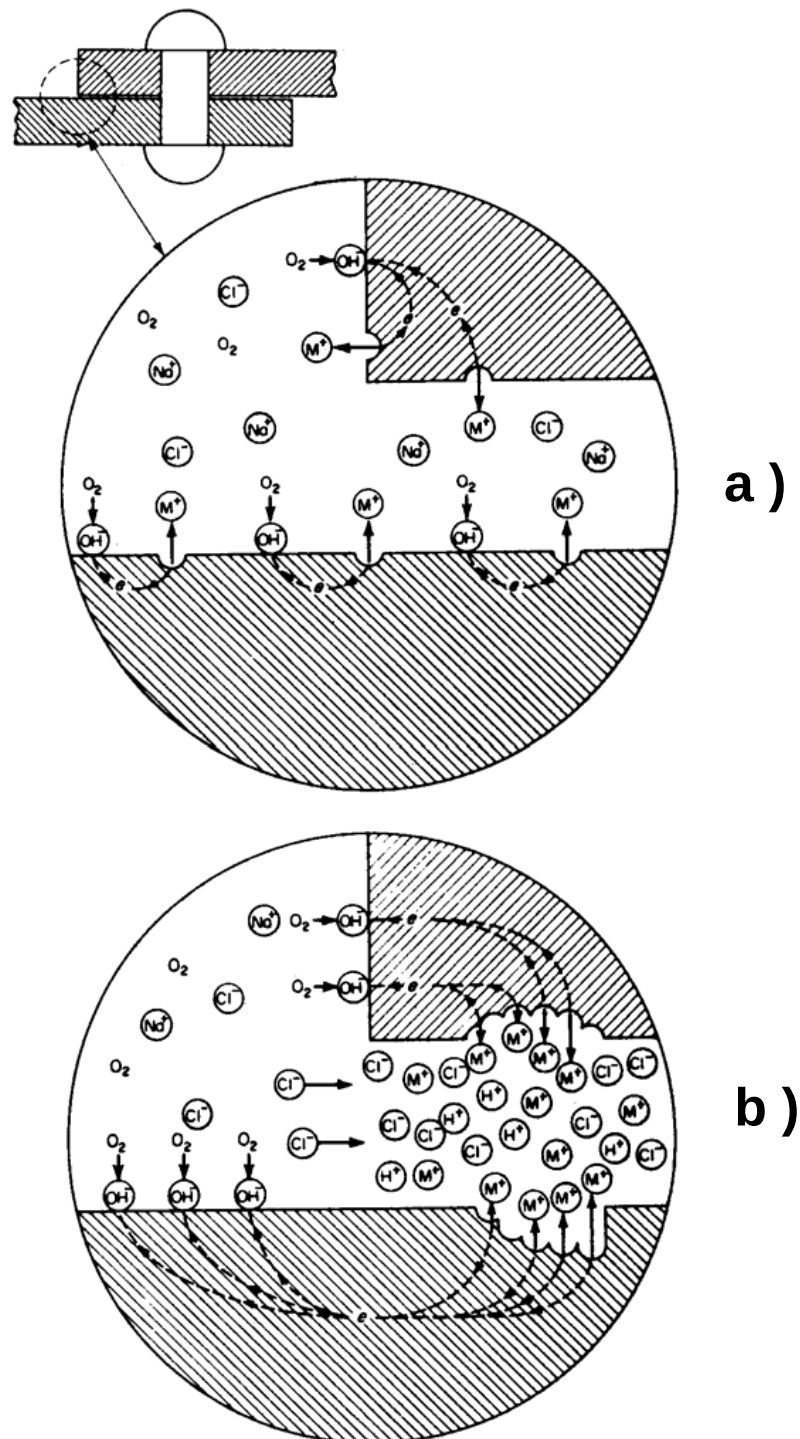


Figure 7.15 Crevice corrosion.

a) Initial

b) later stage.

(From Fontana and Greene [7.1].)

7.5.7 Prevention of Crevice Corrosion

Crevice corrosion can be prevented or reduced by appropriate:

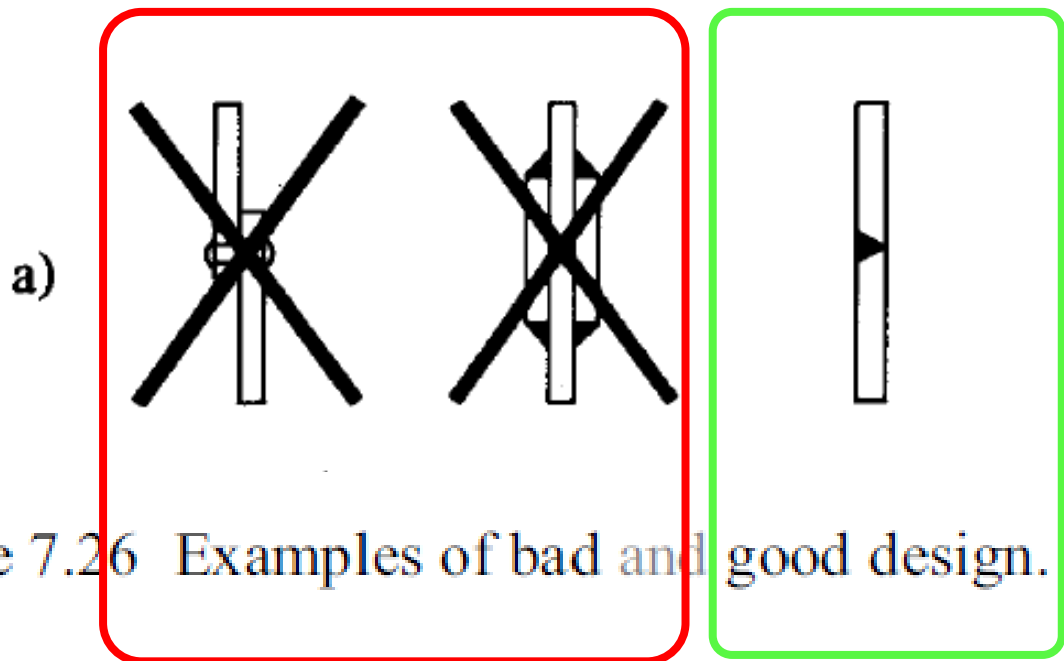


Figure 7.26 Examples of bad and good design.

Design and production. Avoid as far as possible crevices and deposition. A couple of examples are given in Figure 7.26a and b. Comments:

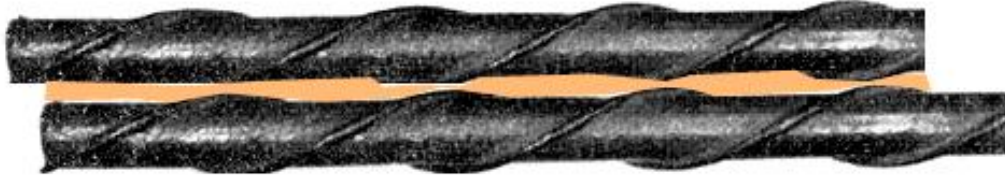
- a) Use butt welds instead of overlap joints. Alternatively, overlap joints can be sealed by continuous welds.

2019

EXEMPLOS DE CORROSÃO EM FRESTAS

Ressaltando : CORROSÃO EM FRESTAS

MUITO CONHECIDA EM ESTRUTURAS METÁLICAS



- **CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS DE ESPERA (BARRAS DE ARRANQUE)**

CAUSAS :

- **AERAÇÃO DIFERENCIAL,**
- **TEMPERATURA DIFERENCIAL,**
- **UMIDADE DIFERENCIAL**
- **FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS DO TRASPASSE DAS ARMADURAS**

- **SUGESTÃO : NÃO FAZER EMENDAS DE BARRAS, POR TRASPASSE, NA BASE DOS PILARES DOS PAVIMENTOS TÉRREOS .**

EXEMPLO 01

2019 - 2020

"PASSEANDO" com o STREET VIEW GOOGLE pela bela cidade de SALVADOR observei em 2019 um exemplo típico de CORROSÃO EM FRESTAS.

Como sempre ocorre, a corrosão se deu nas emendas por traspasse dos ferros de Espera (de Arranque) dos pilares de um viaduto. Viaduto próximo do Dique de Salvador.

"PASSEANDO" um pouco mais encontrei, já em 2020 , esses dois pilares encamisados e reparados. Bom !

Repito minha sugestão de sempre :

Não fazer emendas por traspasse de barras nos pilares dos pavimentos térreos .

Obs. : É comum se afirmar que a urina é a causa da corrosão em pilares nas vias públicas, mas a urina não ataca o concreto. Ver : PCA - PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

<http://cdnassets.hw.net/82/b4/b1089fe144b18b92fde29551f981/effects-of-substances-on-concrete-and-guide-to-protective-treatments-tcm77-2204808.pdf>

Guide to Protective Treatments (Página 29)

CONCRETE TECHNOLOGY

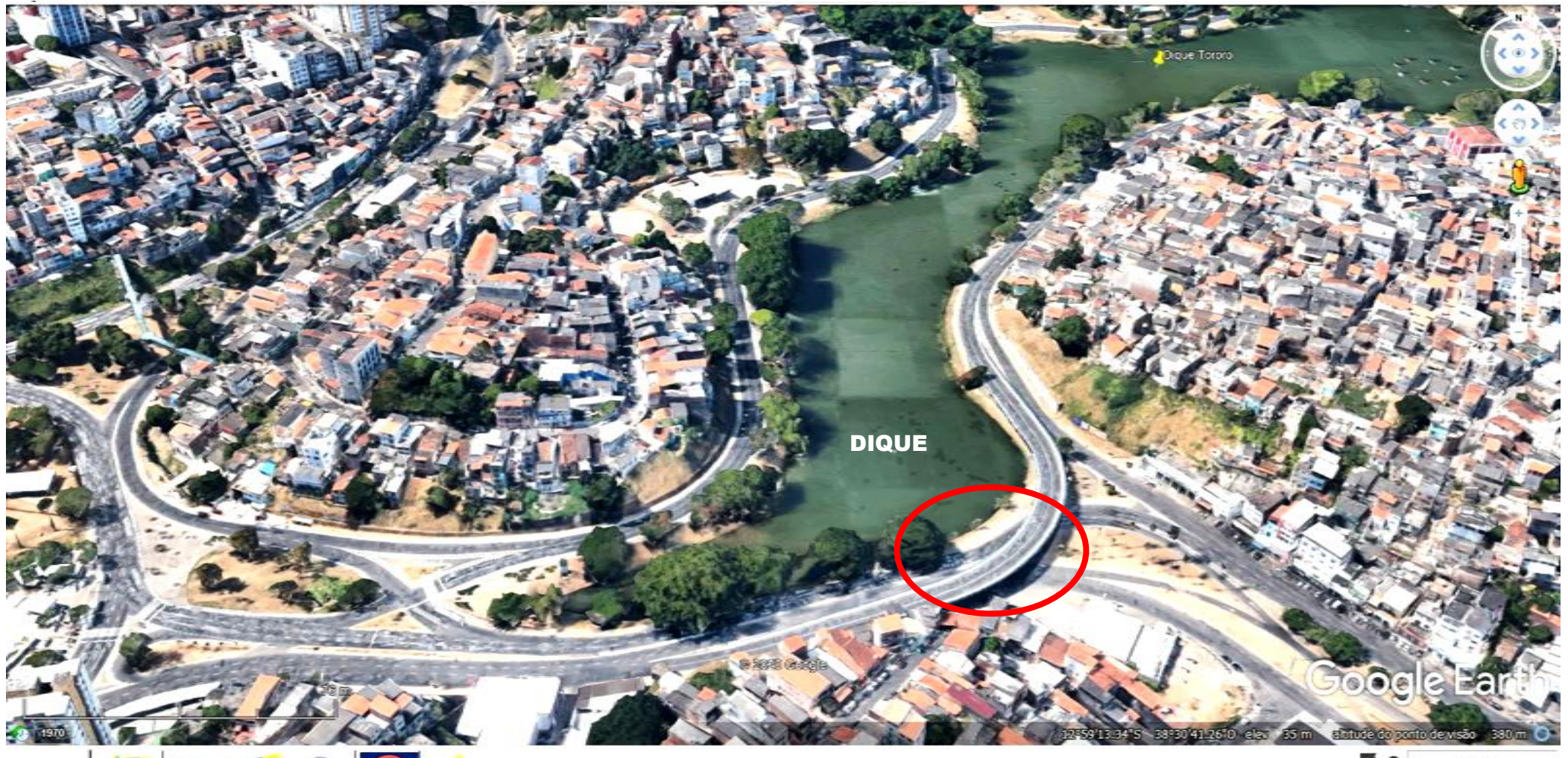
by Beatrix Kerkhoff

Material	Effect on concrete	Protective treatments
Urine	None, but steel attacked in porous or cracked concrete	7, 8, 10, 12, 13, 16 (b, c, e)
Urea	None	

Segundo a P.C.A. (ver link acima), somente em concretos porosos ou fissurados a urina poderia penetrar no concreto e atacar a armadura em alguns pontos e não em toda a região das emendas das barras.

EXEMPLO 01

2019 - VIADUTO em SALVADOR / BAHIA



2019 - VIADUTO em SALVADOR / BAHIA



2019

2019 - ZOOM



2019

ZOOM ZOOM



2019

30 / 08 / 2018 - JORNAL A TARDE / BA - CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS



2018

ZOOM - CORROSÃO NAS FRESTAS DAS EMENDAS DAS BARRAS



2019

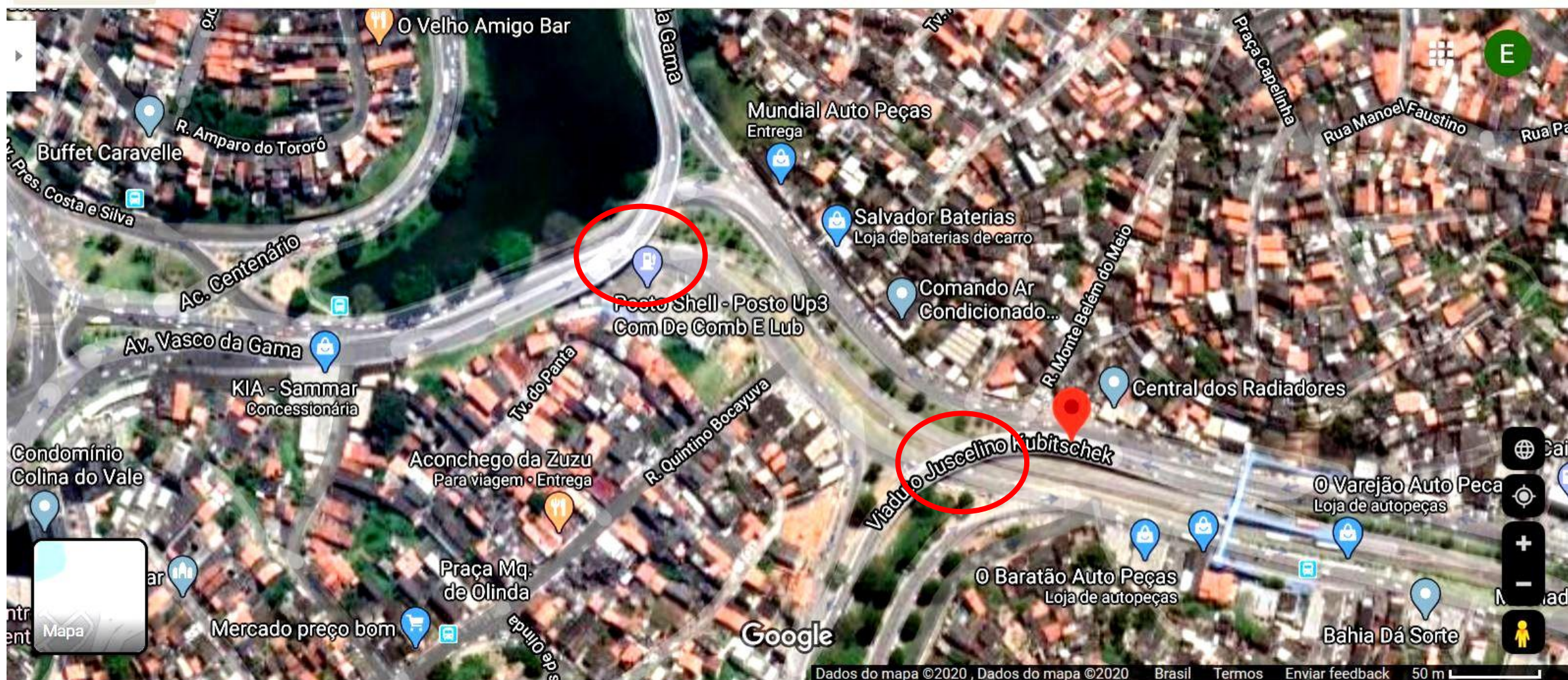
2020 - VIADUTO RÔMULO ALMEIDA - PILARES ENCAMISADOS



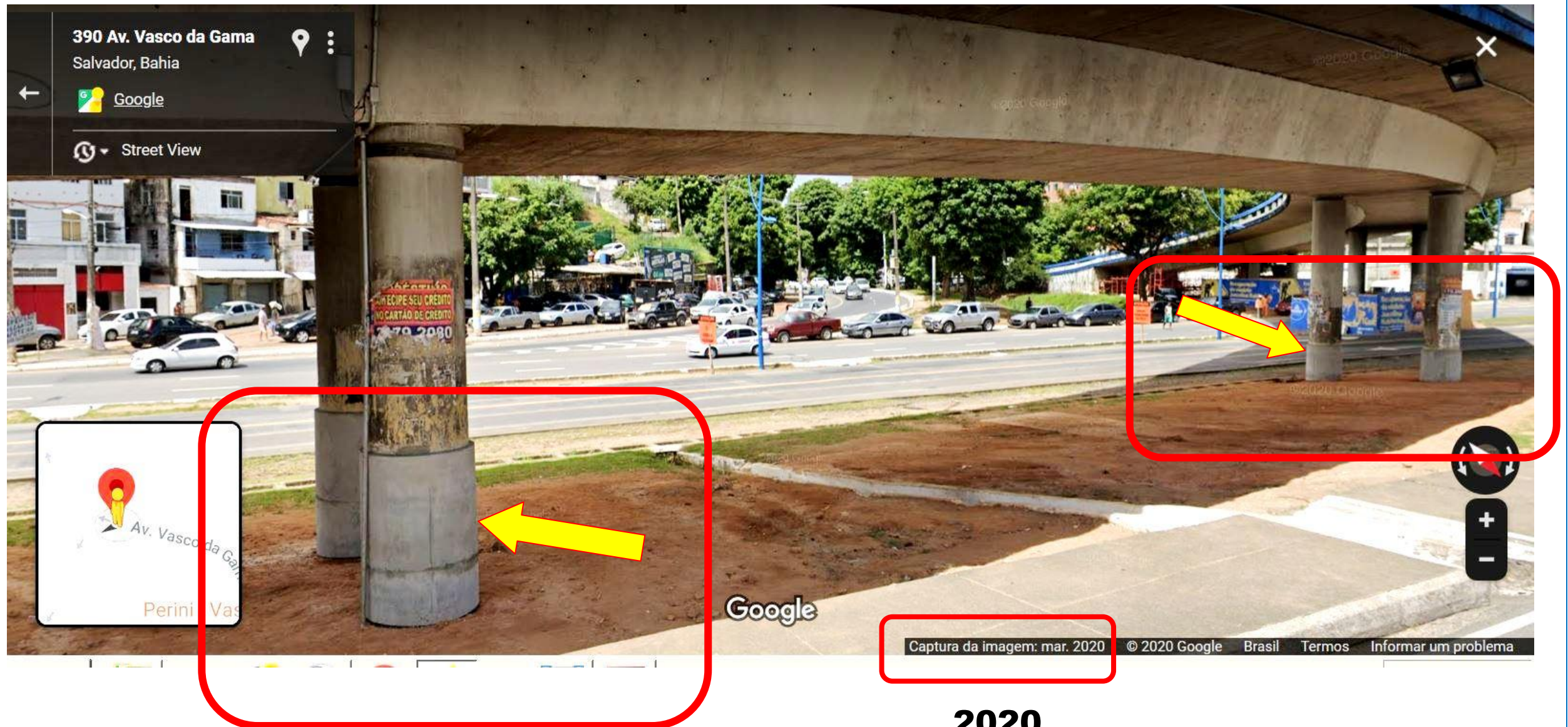
2020

VIADUTO JUSCELINO KUBITSCHEK - SALVADOR BAHIA

A 200 METROS DO VIADUTO RÔMULO ALMEIDA

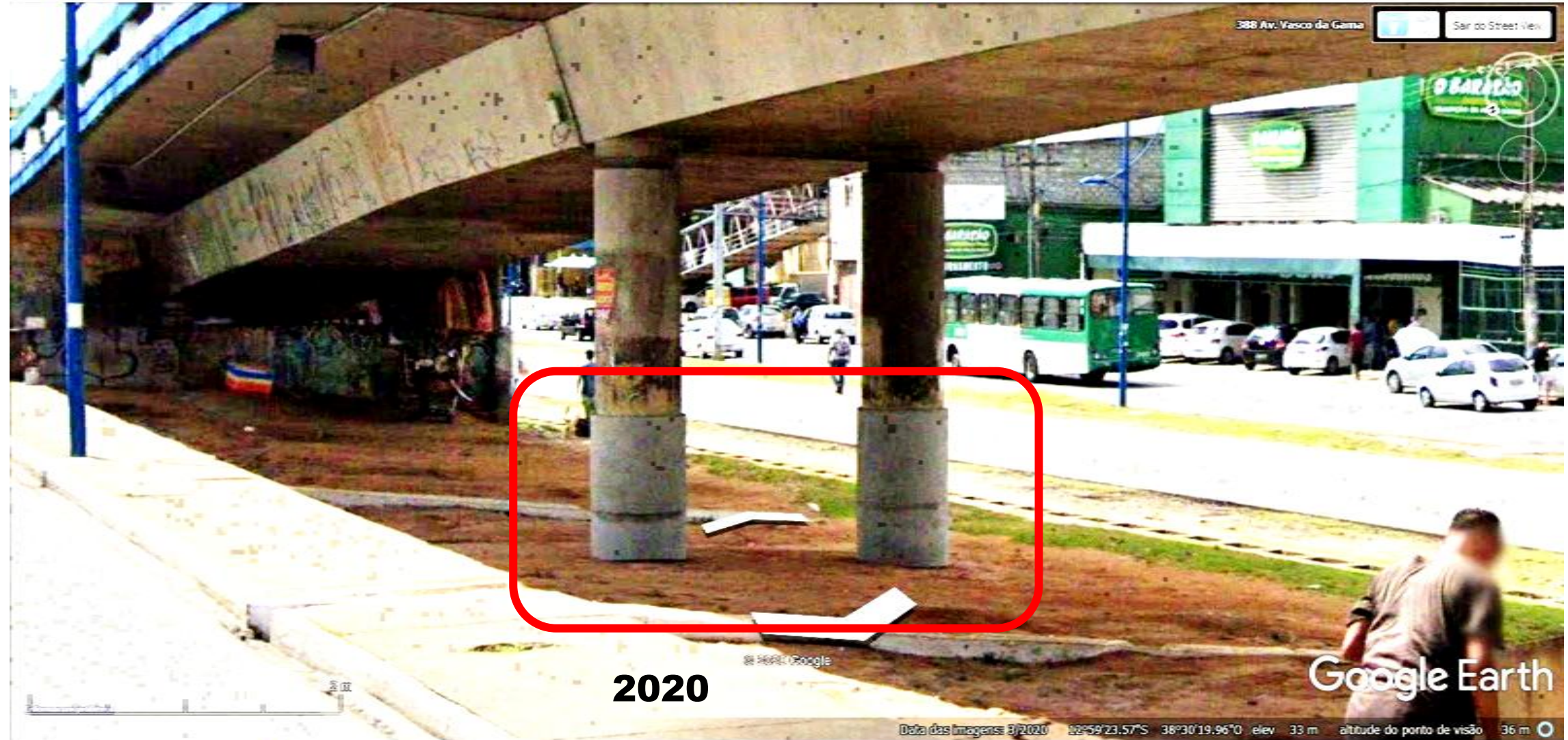


2020 - PILARES TAMBÉM FORAM ENCAMISADOS

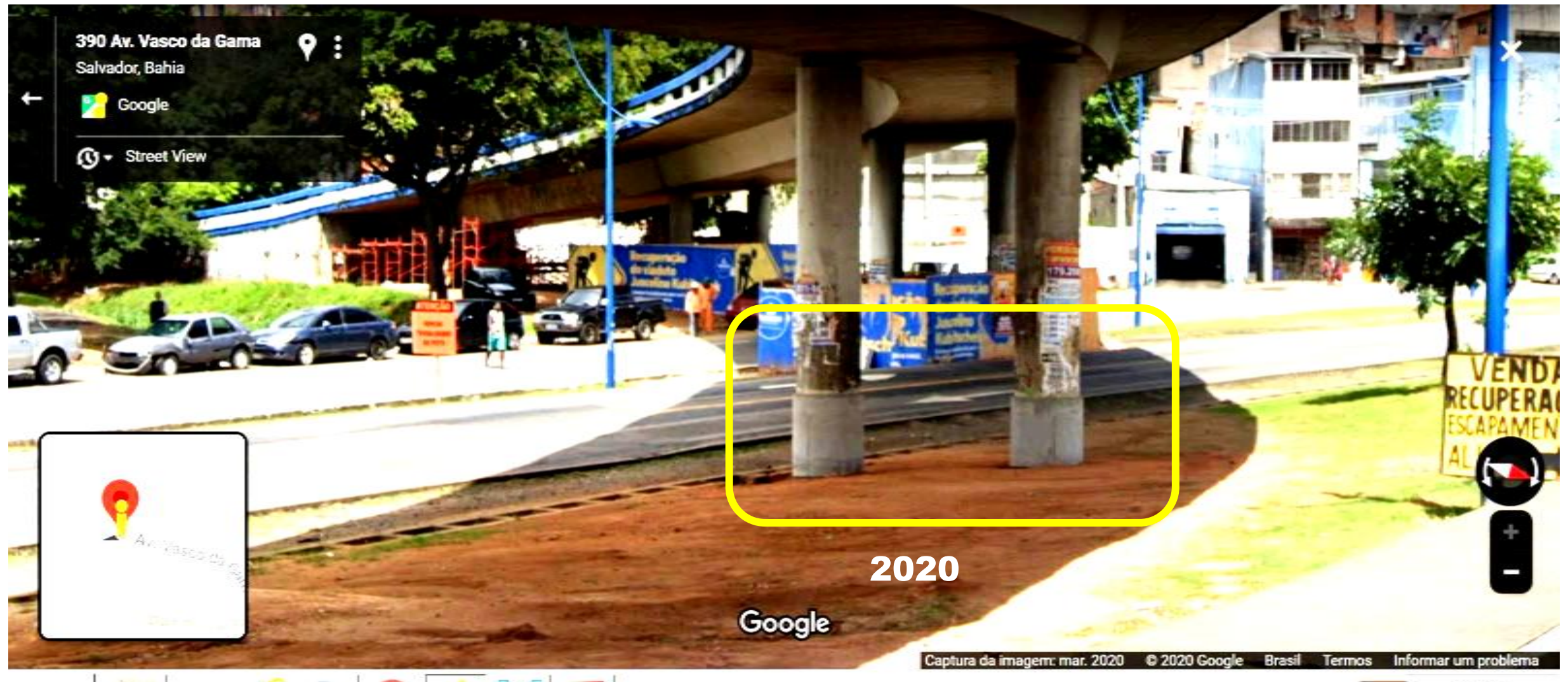


ZOOM

Viaduto Juscelino Kubitschek - Federação, Salvador - BA



ZOOM

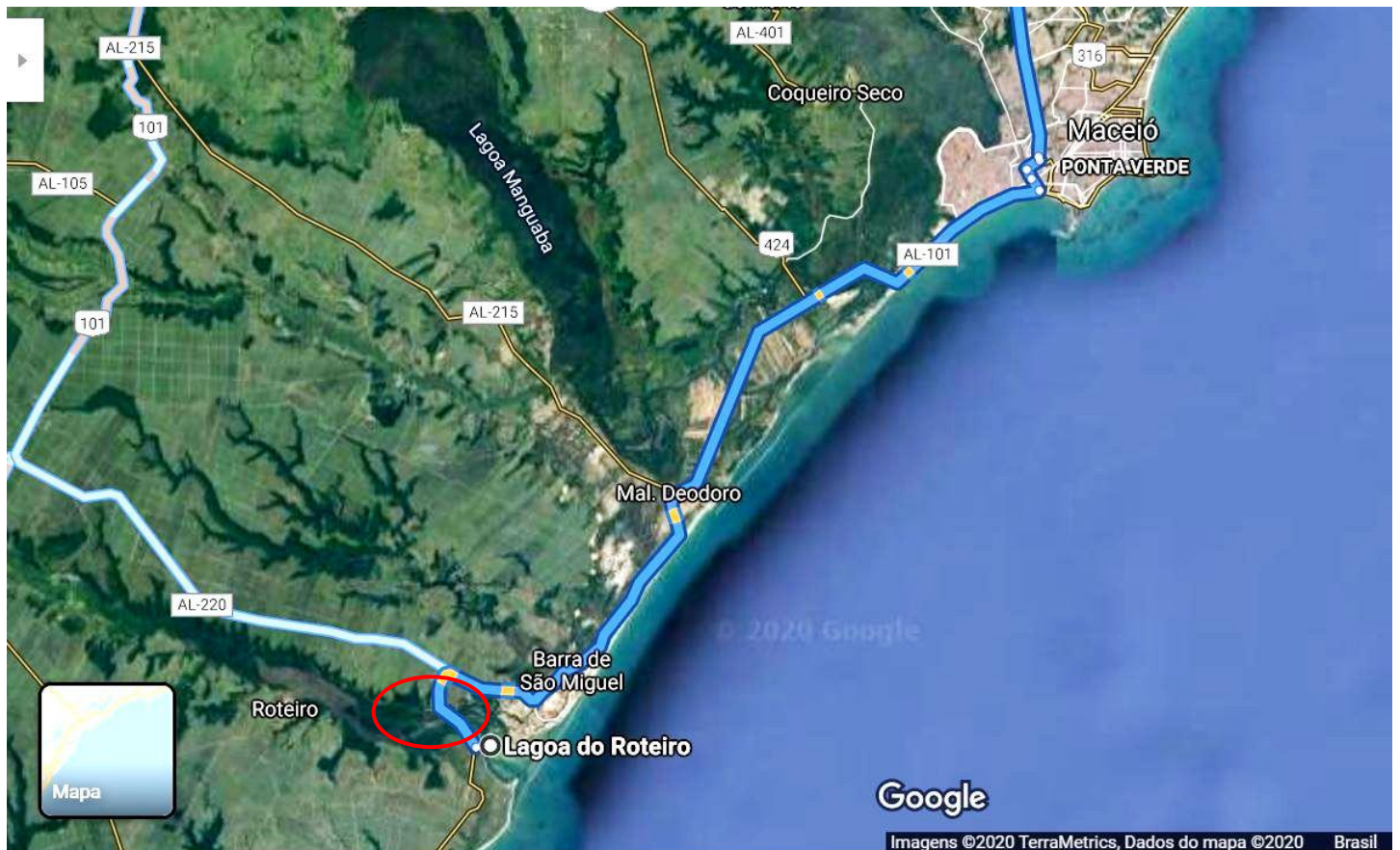


EXEMPLO 02

EXEMPLO 02

PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

LOCALIZAÇÃO = 9 50 18.70 S 35 55 33.60 W



ZOOM



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS



Lagoa do Roteiro-AL- Abr2015-

ValdoPerereca-



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

A seguir, fotos cedidas pelo Engenheiro Marcos Carnaúba, de Maceió /AL, com o texto abaixo.

" Pedi à empresa de recuperação (Jatobeton-Recife) as fotos da corrosão que atingiram os tubulões da Ponte do Gunga, situada em uma das belas regiões de ALAGOAS, a cerca de 40 km de Maceió - Barra de São Miguel. A Lagoa do Roteiro recebe o rio São Miguel e deságua no mar."

PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

TODOS OS TUBULÕES COM CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

ZOOM



Todos os tubulões com corrosão no mesmo local, na emenda das barras, o que comprova estatisticamente o fenômeno da corrosão em frestas nessas emendas das barras por traspasse.

Como corrosão não se costuma ensaiar em laboratório, pois os ensaios são demorados, temos que usar as obras executadas como a fonte de informação para a comprovação, ou não, de teorias em avaliação.

A teoria da corrosão em frestas, já aceita de há muito em estruturas metálicas, vai ganhando confirmação nas obras já executadas de concreto armado.

PONTE DO GUNGA - ALAGOAS

**TODOS OS TUBULÕES COM CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS
PILARES ÍNTEGROS**



PONTE DO GUNGA - ALAGOAS



+++

FINAL

RESUMO

CORROSÃO EM FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS EMENDADAS



FRESTA



CORROSÃO EM FRESTAS,

MUITO CONHECIDA EM ESTRUTURAS METÁLICAS

➤ **CORROSÃO NAS EMENDAS DAS BARRAS DE ESPERA (BARRAS DE ARRANQUE)**

CAUSAS :

- **AERAÇÃO DIFERENCIAL,**
- **TEMPERATURA DIFERENCIAL,**
- **UMIDADE DIFERENCIAL**
- **FRESTA ENTRE CADA DUAS BARRAS DO TRASPASSE DAS ARMADURAS**
- **SE PRESENTES, OS CLORETOS SÃO ACELERADORES DA CORROSÃO.**

➤ **NÃO FAZER EMENDAS DE BARRAS NA BASE DOS PILARES DOS PAVIMENTOS TÉRREOS .**

+ + +

ANEXO

EMIL MÖRSCH - 1902 / 1909

CONCRETE-STEEL CONSTRUCTION

(DER EISENBETONBAU)

BY

PROFESSOR EMIL MÖRSCH

Of the Zurich Polytechnic, Zurich, Switzerland

AUTHORIZED TRANSLATION FROM THE

THIRD (1908) GERMAN EDITION, REVISED AND ENLARGED

BY

E. P. GOODRICH

Consulting Engineer

NEW YORK

THE ENGINEERING NEWS PUBLISHING COMPANY

LONDON: ARCHIBALD CONSTABLE AND COMPANY, LTD.

1909

1^a edição alemã de 1902

the lower rods straight over the supports. The required number is to be determined by the necessary adhesion.

With large spans the standard lengths of rods will not suffice, so that welding will be necessary. The weld should be located where the rod is not fully loaded, which, in general, is in a bend.

If a room of given dimensions is to be floored, it is first divided into panels by main girders, with intermediate supports if necessary. These girders are then connected by simple slabs, or beams may be introduced between the girders so as to diminish the slab spans. In that case the slabs are supported on all four sides, and require a correspondingly light reinforcement, especially in a direction parallel with their greatest dimension. The principal reinforcement is placed in the opposite direction, or perpendicular to the beams.

When both girders and beams are employed, and the slabs are used as flanges of the girders, these slabs will be thrown into compression and their

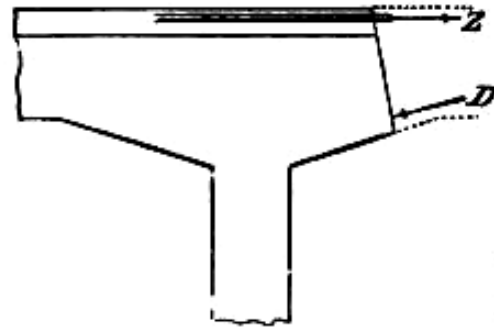


FIG. 13.

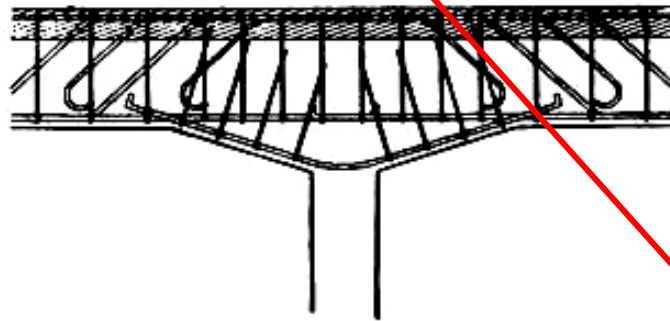


FIG. 14.—Reinforcement for an intermediate support of a continuous beam.

stress must be added to their proper stresses from bending. For that reason it is recommended that only small widths of slabs be used in computing girders, and that the slabs be constructed with haunches, where slabs and girders meet.

COLUMNS

In columns, several varieties are to be distinguished. Some are reinforced with vertical round rods, others with rolled shapes which are made into rigid frames, and since 1902 the spiral reinforcement invented and patented by Considère has been employed. Further, in the first two varieties, the horizontal connections between the vertical pieces are of special importance in connection with the strength of the column. Instead of temporary wooden forms, reinforced cylinders or cement blocks can also be used, the latter being especially applicable to bridge piers. In building work, the concrete columns take the place of cast or wrought iron ones, and must be as small in diameter as possible. Consequently, the use of a permanent shell is out of the question.

By the term "reinforced-concrete column" is usually understood one containing vertical round rods. Such a column is constructed in the following way:

A concrete column of any section contains a certain number of vertical rods which are placed close to the surface. At certain points the rods are fastened

together with horizontal wire ties. The whole reinforcement thus forms a skeleton, which encloses the concrete and prevents lateral bulging. The result is that even in long columns, ignoring the necessary safety against bending, the strength of plain cubes will be attained. The latter is higher than that of prisms. The ties are placed from 20 to 40 cm. (8 to 16 ins.) apart.

For a square column, the reinforcement usually consists of four rods located in the corners, with ties of 7 to 8 mm. (approximately $\frac{1}{4}$ to $\frac{3}{8}$ in.) wire. With large dimensions, eight rods are used. (See Figs. 15 and 16.)

The lower ends of the vertical reinforcing rods rest on a grid of flat bars, so that the load carried by the rods may be distributed over a larger area of concrete. This grid is usually placed in a separate concrete pedestal, which distributes the column load over a larger surface of the foundation concrete proper, corresponding with the lesser allowable unit stress of the latter. In columns which extend through several stories of a building, the sections diminish upward, and the rods have to be offset at each change of diameter. Further, rods have to be spliced, which can be

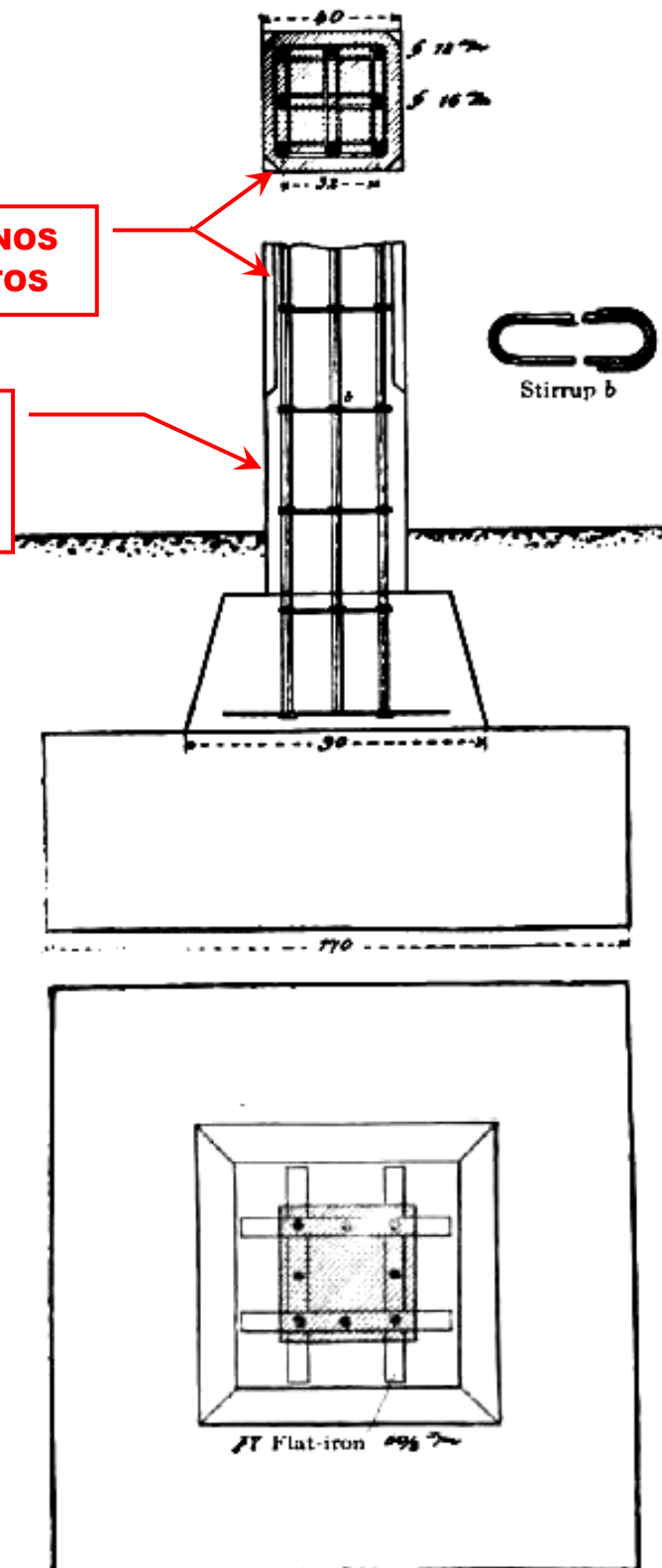


FIG. 15.—Base and section of a reinforced concrete column.

done simply by slipping a short piece of pipe over the blunt ends. (Fig. 17.)

Greater resistance against bending is afforded, however, by lapping the

vertical rods from 50 to 80 cm. (20 to 30 ins. approximately) and by having their ends hooked. (See Fig. 18.)

Naturally, the column section may be rectangular, hexagonal, octagonal, circular, etc., and the number of reinforcing rods can be increased in proportion to the load. With eccentric loading, they should all be placed on one side. The interiors of columns can also be made hollow by enclosing pipes in the concrete. These can serve for rain leaders, or may contain gas or water mains.

The diameter changes to correspond with the load to be carried, and with the factor of safety desired. It may run from 20 by 20 cm. (8 by 8 ins.) to 70 by 70 cm. and more (28 by 28 ins.). The diameter of the rods may vary from 14 to 40 mm. ($\frac{1}{2}$ in. to $1\frac{1}{2}$ ins. approximately).

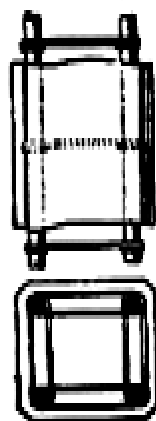
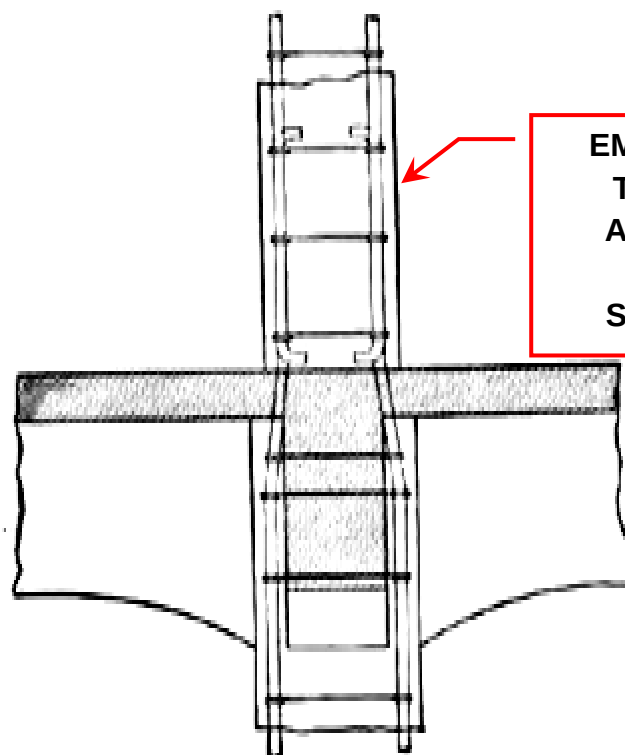


FIG. 16.

OU EMENDAS
COM LUVAS



FIG. 17.



EMENDAS COM
TRASPASSE
APENAS NOS
PISOS
SUPERIORES

FIG. 18.

Splicing of rods in concrete columns.

Columns of spirally reinforced concrete designed by Considère have relatively light-strength longitudinal rods, while the greater part of the load is carried by a spiral wrapping which encloses the longitudinal rods and the concrete core within them. This spiral affords great resistance against the bulging of the concrete under load. The spirals should be covered by concrete, so that the best shape for such a column is round, octagonal, or hexagonal. The first publication by Considère concerning his "béton fretté," or hooped concrete, was in "Génie Civil," in November, 1902. His investigations on concrete cylinders with spiral reinforcement disclosed an efficiency 2.4 times greater for the reinforcing material than when used simply as straight rods, and the strength of the concrete was increased to 800 kg/cm² (11,400 lbs/in²), or about quadrupled. Practical applications are already quite numerous and are especially useful in cases where it is necessary that a very heavily loaded column should have a small diameter.



FIG. 212.—Foundations, Daimler motor factory near Stuttgart.



FIG. 213.—Factory of the Daimler Motor Co. in Unterturkheim near Stuttgart.

their practical value. Because of the joint running longitudinally through the building, the auxiliary beam which would be cut by it, is replaced by two smaller ones, over which the floor slab is cantilevered for 85 cm. (33.5 in.). Next the elevators the expansion joints make necessary the use of beam brackets having an angle less than 45° , and in the roof concrete, ridges with zinc coverings for the joints had to be provided, as shown in Fig. 211.

The roof is covered with pitch strewn with gravel. The wall beams are constructed above the roof level, thus making a gravel stop unnecessary, and

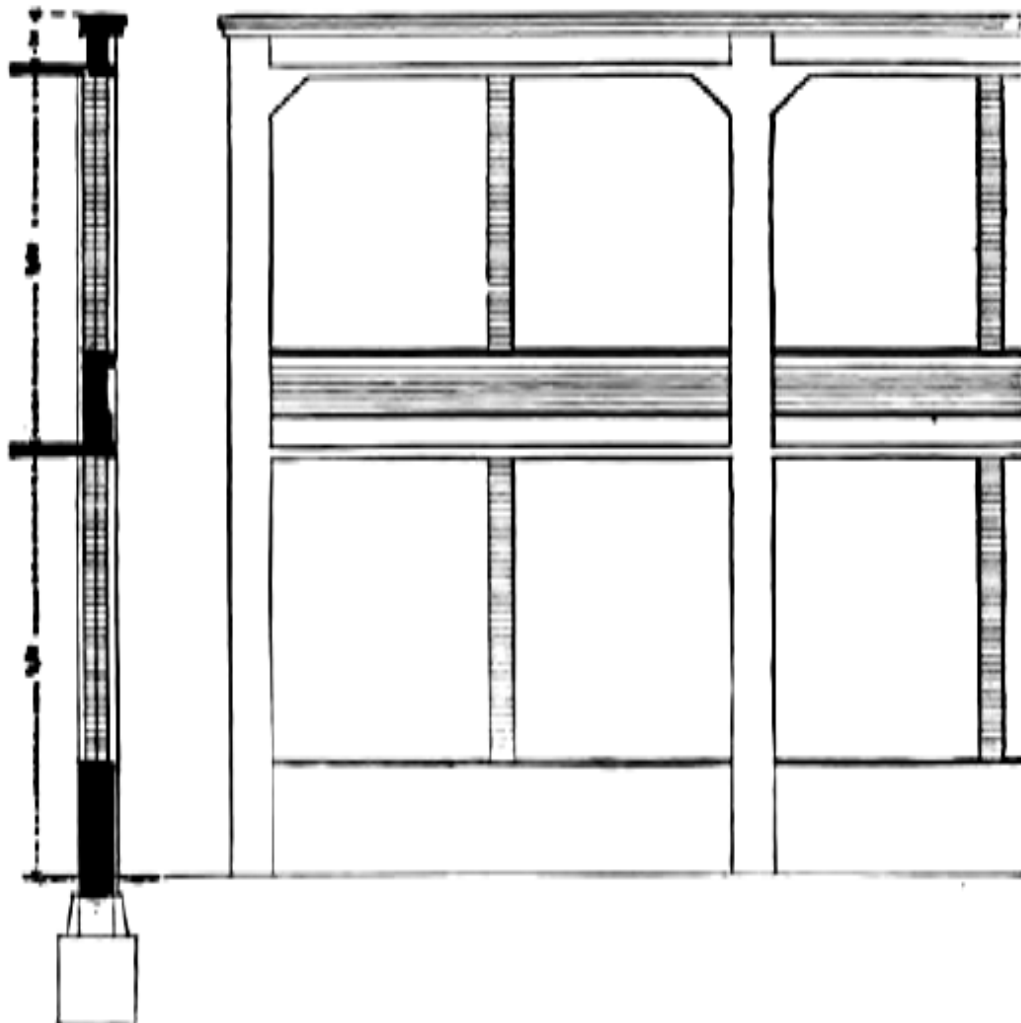
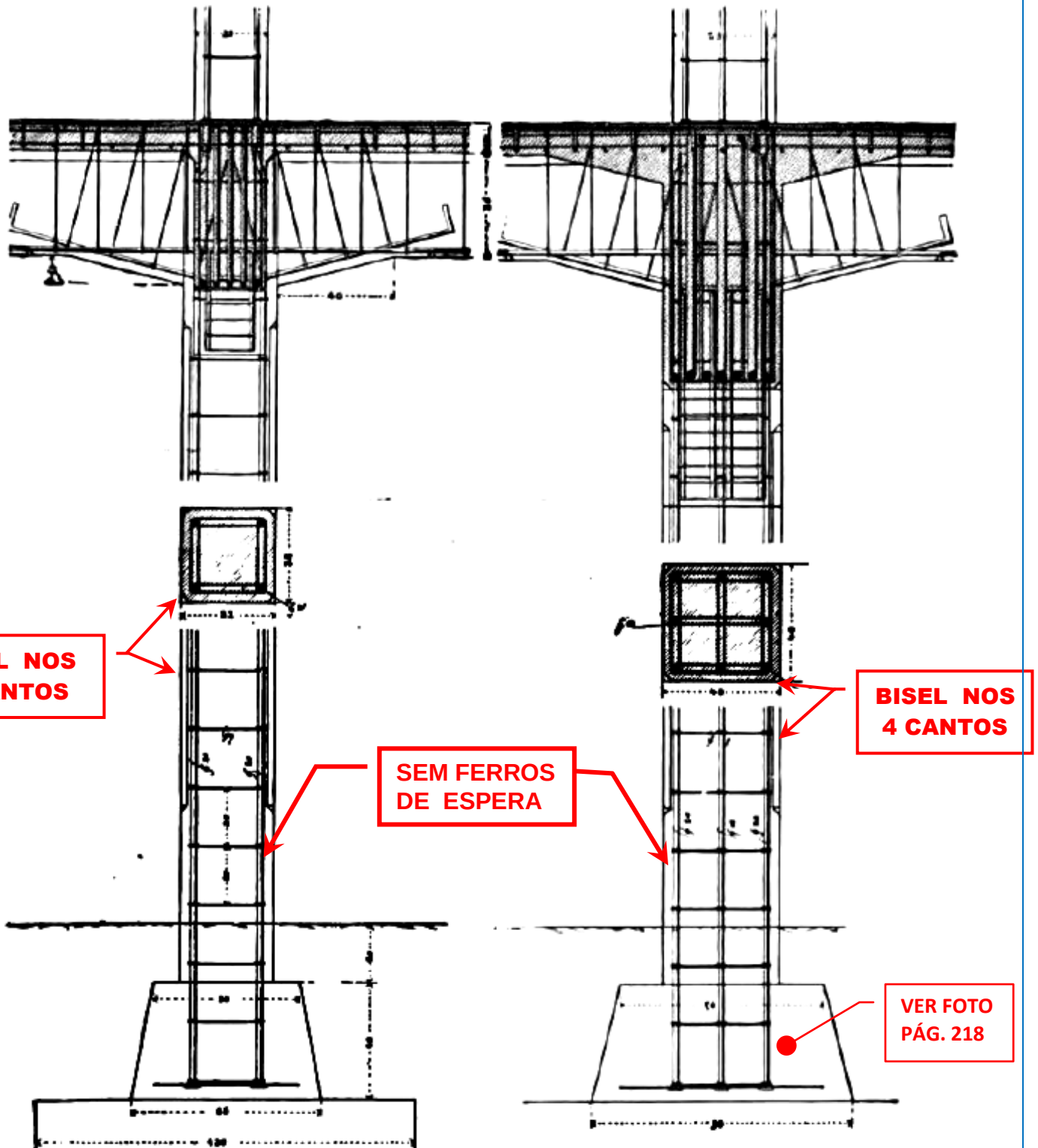


FIG. 214.

are finished with a molding run in cement. The zinc protecting strip engages in a joint under the cornice. From Figs. 215 and 216 may be seen the details of the ground floor columns, together with all their reinforcement. The columns under the girders which are spaced 5 m. (16.4 ft.) apart, have a section of 32×32 cm. (13 in.), with a reinforcement of four round rods, 20 mm. ($\frac{3}{4}$ in. approx.) in diameter, which rest at the bottom on a flat iron grid, and at intervals of 20 cm. (7.9 in.) are connected by 7 mm. ($\frac{5}{16}$ in. approx.) round wire ties. The columns under the girders having the 10 m. (32.8 ft.) spacing, have a section of 40×40 cm. (15.7 in.), and are reinforced with four 20 mm. ($\frac{3}{4}$ in. approx.) round rods at the corners, and four 18 mm. ($\frac{11}{16}$ in. approx.) rods between them.

The section of the wall columns, Fig. 217, was designed with regard to the window openings. The reinforcement consists of six rods, 16 mm. ($\frac{5}{8}$ in.) in diameter.



FIGS. 215 and 216.—Ground floor interior columns.

The live load for the second story was 600 kg/cm² (123 lb/ft²), and in the computations of floors, beams, and girders the most unfavorable distribution of this load had to be taken into consideration. In this connection it was assumed that the floor slabs would rest freely on the beams, that these would be supported