

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCELLO ALENCAR LIMA

**CONTRIBUIÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E DURABILIDADE DE ALGUMAS
EDIFICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO DA CIDADE DE GOIÂNIA**

Área de concentração: Estruturas e Materiais
de Construção

Orientador: Prof. Dr. Orlando Ferreira Gomes

Goiânia
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCELLO ALENCAR LIMA

**CONTRIBUIÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E DURABILIDADE DE ALGUMAS
EDIFICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO DA CIDADE DE GOIÂNIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Ferreira Gomes

Goiânia
2015



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor(a):	Marcello Alencar Lima		
E-mail:	gestormarcello@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Vínculo empregatício do autor	Servidor do Estado de Goiás	País:	Brasil UF: GO
Título:	Contribuição para diagnóstico e durabilidade de algumas edificações em estruturas de aço da cidade de Goiânia		
Palavras-chave:	Check list para estrutura metálica, corrosão, heterogeneidades, diagnóstico.		
Título em outra língua:	Português		
Contribution to diagnosis and durability of some buildings in structures Goiânia city steel			
Palavras-chave em outra língua:	Check list for steel structure, corrosion, heterogeneities, diagnostic.		
Área de concentração:	Estrutura e Materiais de Construção	Data defesa: (dd/mm/aaaa)	26/11/2015
Programa de Pós-Graduação:	Curso de Mestrado em Engenharia Civil - CEMEC-UFG		
Orientador(a):	Orlando Ferreira Gomes	E-mail:	rgomes@eec.ufg.br

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização? total parcial

Data: 14/12/2015

Assinatura do(a) autor(a)

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

LIMA, MARCELLO ALENCAR
CONTRIBUIÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E DURABILIDADE DE
ALGUMAS EDIFICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO DA CIDADE DE
GOIÂNIA [manuscrito] / MARCELLO ALENCAR LIMA. - 2015.
0 216 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. ORLANDO FERREIRA GOMES.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal
de Goiás, Escola de Engenharia Civil (EEC) , Programa de Pós
Graduação em Engenharia Civil, Cidade de Goiás, 2015.
Bibliografia.

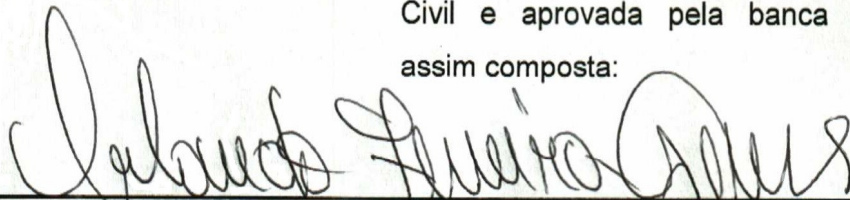
Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Check list para estrutura metálica. 2. corrosão. 3.
heterogeneidades. 4. tinta anticorrosiva. 5. diagnóstico. I. GOMES,
ORLANDO FERREIRA, orient. II. Título.

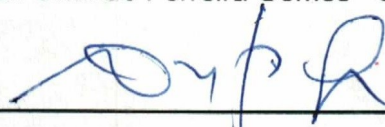
MARCELLO ALENCAR LIMA

**CONTRIBUIÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E DURABILIDADE DE ALGUMAS
EDIFICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO DA CIDADE DE GOIÂNIA**

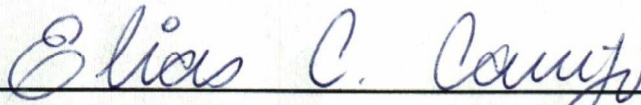
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Engenharia Civil da EEC/UFG para
obtenção do Título de Mestre em Engenharia
Civil e aprovada pela banca examinadora,
assim composta:



Profº Dr. Orlando Ferreira Gomes - UFG Orientador



Profº. Dr. Examinador interno André Luiz Bortolacci Geyer -UFG



Profº. Dr. Elias Calixto Carrijo - PUC-GO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a Deus, pelo seu amor e misericórdia, me abençoando e fortalecendo-me para chegar até aqui.

Ao meu orientador, Professor Orlando Ferreira Gomes, pela sua paciência e dedicação, durante todas as etapas deste trabalho, auxiliando-me não somente com conhecimento, mas também me aconselhando na tomada de decisões. Muito Obrigado.

Aos professores do Curso de Mestrado em Engenharia Civil (CMEC-UFG), por compartilharem seus conhecimentos.

A Universidade Federal de Goiás, pelo apoio com equipamentos, livros e técnicos.

Às empresas de estruturas metálicas IRONTEC e FLORENZANO engenharia e comércio Ltda. que nos receberam em suas dependências para conhecermos os processos de fabricação das estruturas metálicas, como, corte, soldagem, jato de granalha, pintura e medida da espessura do sistema da pintura.

Aos alunos do curso de Mestrado que se tornaram meus amigos e fizeram parte dessa caminhada, em particular ao Rone Sérgio, Elva Wendolyn e Jeovan Virgem, pelos momentos de companheirismo, humor, tensão que passamos nesse tempo, sem a colaboração de vocês não seria possível concluir este estudo.

Lima, Marcello Alencar. CONTRIBUIÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E DURABILIDADE DE ALGUMAS EDIFICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO DA CIDADE DE GOIÂNIA, Goiânia, CMEC/ORG. Dissertação do mestrado, 2015,

RESUMO

Recentemente têm-se percebido que alguns edifícios construídos em estruturas de aço na Cidade de Goiânia, vêm mostrando um processo progressivo de corrosão em seus sistemas estruturais, e em parte, como por exemplo: treliças, vigas, pilares etc. Tal sucessão foi percebida visualmente, devido às condições de agressividades ligadas primordialmente ao microambiente interno das edificações, chuva e fezes de animais. A Metodologia que foi empregada é o levantamento dos dados em campo medição da espessura da tinta de proteção das estruturas metálicas aparentes e com registro fotográfico dos problemas das obras, tais como, manifestações patológicas do aço, pintura, locais de acúmulo de água etc. Com os dados obtidos, será preenchida a planilha, conforme o modelo sugerido por MORTARI, 2008. Com preenchimento do Check list, fica mais fácil fazer o diagnóstico da estrutura, principalmente por que o diagnóstico está no final.

Palavra-chave: Check list para estrutura metálica, corrosão, heterogeneidades, tinta anticorrosiva, diagnóstico.

Lima, Marcello Alencar. CONTRIBUTION TO DIAGNOSIS AND DURABILITY OF SOME BUILDINGS IN STRUCTURES GOIÂNIA CITY STEEL, Goiânia, CMEC / ORG. Master of dissertation, 2015

ABSTRACT

Recently have been noticed a few buildings made of steel structures in the city of Goiania, have shown process and progressive corrosion in your structural systems, and partly, for example, trusses, beams, columns etc. Such succession was visually perceived due to the aggressiveness of conditions relating primarily to the internal microenvironment of buildings, rain and animal feces. The methodology that was used is the data collection in the field of measuring thickness of the paint protection of apparent metal structures and photographic record of the problems of works, such as pathological manifestations of steel, paint, water accumulation sites etc. With the obtained data, the spreadsheet will be filled, depending on the model suggested by Mortari, 2008. In completing the Check list, it is easier to diagnose the structure, mainly because the diagnosis is last.

Keyword: Check list for steel structure, corrosion, heterogeneities, anti-corrosive paint, diagnostic.

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Monumentos com estruturas metálicas Fonte: Ponte Hercílio Luz (THINA, 2009), Estátua da Liberdade (SCHMTT, 2013) e Torre Eiffel (TIRLONI, 2012).....	27
Figura 1.2 - Detalhe do estado da pintura Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009a)	28
Figura 1.3 - Detalhe de corrosão Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009d).....	29
Figura 1.5 - Reforma na Torre Eiffel Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009c).....	30
Figura 1.7 - Detalhe da presilha Fonte: (FILHO, 2013).....	32
Figura 1.8 - A tocha original exposta Fonte: (STENGRAT, 2014).....	32
Figura 1.9 – Panorâmica da ponte Hercílio Luz Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015]).....	33
Figura 1.10 – Detalhe de uma peça corroída e o reparo Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015]).....	34
Figura 1.11 - Detalhe de uma peça corroída e o reparo Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015]).....	34
Figura 1.12 - Reforma da ponte Hercílio Luz Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPRENSA, 2015).....	36
Figura 1.13 - Estátua do Bandeirante Fonte: (NOGUEIRA, 2014).....	37
Figura 1.14 - Obelisco da praça Latif Sebba Fonte: Autor.....	38
Figura 1.15 - Corrosão de placas do obelisco Fonte: Autor.....	38
Figura 1.16 - Péssimo estado da passarela Fonte: (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a).....	39
Figura 1.17 - Estrutura foi construída em 1995 e há anos não é usada Fonte: (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015b).....	40
Figura 1.18 - Interdição da passarela Fonte: (BRITO, 2015).....	41
Figura 1.19 - Retirada da passarela Fonte: (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS, 2015a).....	42
Figura 1.20 - Excremento de uma ave Fonte: (SILVA, 2010).....	43
Figura 1.21 - Manchas na pintura de um veículo Fonte: (86JP, [2012]).....	43
Figura 1.22 - Chuva ácida Fonte: (HOW STUFF WORKS, [2007]?).....	45

Figura 2.1 - Poluição de uma fábrica Fonte: (AMATO INSTITUTO DE MEDICINA AVANÇADA, 2012).....	47
Figura 2.2 - Poluição de um veículo Fonte: (SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DA CIDADE DE MONTE ALTO, 2010).....	48
Figura 2.3 - Poluição de um vulcão Fonte: (KIMURA, {2013?}).....	48
Figura 2.4 - As emissões na atmosfera Fonte: (HOW STUFF WORKS, [2007?])	49
Figura 2.5 - Crescimento da frota em Goiânia Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS, 2014).....	50
Figura 2.6 - Simulação do inventário de emissões dos veículos Fonte: Autor..	53
Figura 2.7 - Medição das temperaturas Fonte: (BELLEI, 2006).....	53
Figura 2.8 - Ciclo molhagem e secagem Fonte: Veículo empoeirado (IFRONEIRA, [201?]); Gotas de orvalho (RIBEIRO, 2010) e Veículo enferrujando.....	55
Figura 2.9 - Umidade relativa e a corrosão atmosférica Fonte: (PANNONI, 2009).....	57
Figura 2.10 - Experiência da gota salina Fonte: Preto e branco (PANNONI, 2009) e colorida (GENTIL, 2014).....	59
Figura 2.12 - Pilha de Alessandro Volta Fonte: (HERMINI, [20--?]).....	61
Figura 2.13 - A pilha de Daniell Fonte: (FONTES et al, 2012).....	62
Figura 2.14 - Pilha de corrosão eletroquímica Fonte: (VIEIRA, 2012).....	63
Figura 2.15 – Exemplos de aeração Fonte: pregos (SALES, 2003); gota (ENGLAND, [2015?]).....	65
Figura 2.16- Corrosão de aço novo em contato com aço velho Fonte : (FERREIRA, 2013).....	65
Figura 2.17 - Corrosão de aço novo em contato com aço velho Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]).....	66
Figura 2.18 - Corrosão causada pela mistura de diversos solos. Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]).....	68
Figura 2.19 - Corrosão do aço em contato com o concreto. Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]).....	69
Figura 2.20 - Bolhas e trincas Fonte: (NEVES & SILVA, [ca. 2006]).....	70
Figura 2.21 - Corrosão Intergranular Fonte: (Pinto, 2013).....	70
Figura 2.22 - Zona termicamente alterada – ZTA Fonte: (ALVISI, 2007).....	71
Figura 2.23 - Polimento diferencial Fonte: (HUMMA, [ca. 2008]).....	72

Figura 2.24 - Corrosão por tensão Fonte: (COSTA, [20--?]).....	73
Figura 2.25 - Corrosão em Frestas (diferença de concentração) Fonte: (Pinto, 2013).....	74
Figura 2.26 - Corrosão por frestas Fonte: (NEVES & SILVA, [ca. 2006]).....	74
Figura 2.27 - Esquema ancoragem estrutura Fonte: (ZAPLA et al, 2008).....	75
Figura 2.28 - Empena, após a remoção da publicidade com vários pites de corrosão Fonte: (ZAPLA et al, 2008).....	75
Figura 2.29 - Adsorção de moléculas orgânicas Fonte: Characklis apud DREESZEN (2003).....	76
Figura 2.30 - Corrosão pela “célula de lasanha” Fonte: (TOM ARTHUR, 2008). 76	
Figura 2.31 - Isolamento de proteção da estátua da Liberdade Fonte: (CORROSION DOCTORS, [2015?]).....	77
Figura 2.32 - Arruela de ferro, prego de aço, prego de ferro, anel de latas de alumínio, zinco de pilhas alcalinas e pedaços de fio de cobre Fonte: (OLIVEIRA, [2014?]).....	78
Figura 2.33 - Proteção catódica por anodo de zinco em casco de navio: (a) vista inferior do navio em dique seco; (b) fixação do anodo de zinco no casco do navio. Fonte: (GUIMARÃES et al, 2004).....	80
Figura 2.34 - Processo de proteção anódica Fonte: (FRAUCHES-SANTOS et al, 2013).....	82
Figura 2.35 - Detalhes construtivos Fonte: (GUARNIER, 2009).....	87
Figura 2.36 - Representação do TiO ₂ . Fonte: (MATOS, 2008).....	96
Figura 2.37 - Pigmentos orgânicos à esquerda e inorgânicos à direita Fonte: (MATOS, 2008).....	97
Figura 2.38 - Medidor de brilho. Fonte: (MATOS, 2008).....	97
Figura 2.39 - Ordem do evento de secagem por coalescência. Fonte: (MATOS, 2008).....	101
Figura 2.40 - Porcentagem de sólido em litros de látex Fonte: (MATOS, 2008).	102
Figura 2.41 - Perfis de rugosidade Fonte: (LOPES, 2009).....	105
Figura 2.42 - Esquema completo de pintura Fonte: (LOPES, 2009).....	106
Figura 2.43 - Seção esquemática de uma cobertura galvanizada, mostrando as camadas entre metais. Fonte: (BASTOS, 2008).....	106
Figura 2.44 - Tempo para manutenção devido ao início da corrosão Fonte:	

(BASTOS, 2008).....	107
Figura 2.45 - Volume de corrosão do aço e do zinco. Fonte: (BASTOS, 2008).	108
Figura 2.46 - Parafuso torto numa ligação. Fonte: (CASTRO, 1999).....	110
Figura 2.47 - Corrosão por frestas Fonte: (CASTRO, 1999).....	110
Figura 2.48 - Corrosão no parafuso Fonte: (CASTRO, 1999).....	111
Figura 2.49 - Amassamento em ligação para acesso ao ao furo Fonte: (CASTRO, 1999).....	111
Figura 2.50 - Falta de furo no pilar Fonte: (CASTRO, 1999).....	112
Figura 2.51 - Desalinhamento generalizado Fonte: (CASTRO, 1999).....	112
Figura 2.52 - Parafusos fora da chapa Fonte: (CASTRO, 1999).....	113
Figura 2.53 - Falha no detalhamento Fonte: (CASTRO, 1999).....	113
Figura 2.54 - Falha no detalhamento Fonte: (CASTRO, 1999).....	114
Figura 2.55 - Espaço apertado Fonte: (CASTRO, 1999).....	114
Figura 2.56 - Rasgamento da chapa Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013).....	115
Figura 2.57 - Cisalhamento entre os parafusos Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013).....	115
Figura 2.58 - Ruptura do material da chapa Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013).....	115
Figura 2.59 - Cisalhamento no parafuso Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013).....	116
Figura 2.60: comparação de descontinuidade e defeito Fonte: (OLIVEIRA, 2013)	117
Figura 2.61 - Distorções Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010).....	117
Figura 2.62 - Juntas incorretas Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010).....	118
Figura 2.63 - Verificação em campo de juntas incorretas Fonte: (SANCHES, 2010).....	118
Figura 2.64 - Dimensões das juntas Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010).....	118
Figura 2.65 – Micrografia apresentando porosidade e porosidade superficial Fonte: NOVAIS (2010).....	119

Figura 2.66 – Porosidade Fonte: (SANCHES, 2010).....	119
Figura 2.67 - Junta com Mordedura Falta de Fusão e Respingos. Fonte: (NOVAIS, 2010).....	120
Figura 2.68 – Falta de fusão Fonte: (SANCHES, 2010).....	120
Figura 2.69 - Junta com Respingos Fonte: (NOVAIS, 2010).....	121
Figura 2.70 - Junta com Cordão desalinhado e Mordedura Fonte: (SANCHES, 2010).....	121
Figura 2.71 - Trinca na solda Fonte: (SANCHES, 2010).....	122
Figura 2.72 - Disposição do observador para a peça examinada. Fonte: (SAMPAIO, 2009).....	124
Figura 2.73 - Sobre-espessura de cordão de solda Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999).....	125
Figura 2.74 - Sentido do início da inspeção. Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?]).....	126
Figura 2.75 - Sentido do início da inspeção. Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?]).....	126
Figura 2.76 - Descontinuidades em uma junta de topo soldada (face). Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?]).....	127
Figura 2.77 - Descontinuidades em uma junta de topo soldada (raiz). Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?]).....	127
Figura 2.78 - Microscópio. Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999).....	128
Figura 2.79 - Endoscópio. Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999).....	128
Figura 2.80 - sequência: preparação e limpeza inicial da superfície, tempo de penetração do líquido na abertura, remoção do excesso de líquido da superfície e aplicação do revelador e observação da indicação. Fonte: Adaptado de Andreucci, (2013).....	131
Figura 2.81 - Princípio do processo de Magnetoscopia Fonte: (SILVA, 2013)..	131
Figura 2.82 - Campo de fuga Fonte: (Andreucci, 2009).....	132
Figura 2.83 - Exemplificação do processo executivo por partículas magnéticas Fonte: (RODRIGUES, [20--?]).....	135
Figura 2.84 - Princípio da Radiografia Fonte:(SILVA, 2013).....	137
Figura 2.85 - (esquerda) Baixa energia de radiação; (direita) Alta energia de radiação Fonte:(SILVA, 2013).....	138
Figura 2.86 - Efeito da orientação dos defeitos: (a) ângulo errado; (b) ângulo	

ótimo Fonte:(SILVA, 2013).....	138
Figura 2.87 - falha na percepção das discontinuidades Fonte:(SILVA, 2013). 138	
Figura 2.88 - Uso do ultrassom Fonte: (SILVA, 2013).....	140
Figura 3.1 - Medidor de espessura de tinta CEM DT-156 Fonte: Manual do aparelho.....	143
Figura 4.1 - Vista lateral Fonte: Google.....	148
Figura 4.2 - Partes da estrutura sem pintura enferrujando Fonte: Autor.....	149
Figura 4.3 - Solda não inteiriça. Ver item 2.5.1.13 Fonte: Autor.....	149
Figura 4.4 - Solda sem proteção. Ver item 2.5.1.9 Fonte: Autor.....	150
Figura 4.5 - Corrosão Microbiológica. Ver itens 2.5.1.4 e 2.6.2 Fonte: Autor...	150
Figura 4.6 - Água no pé do pilar. Ver itens 2.5.1.1, 2.5.1.4, 2.5.1.16, 2.5.1.12 e 2.5.1.13 Fonte: Autor.....	151
Figura 4.7 - Corrosão por frestas no pé do pilar. Ver itens 2.5.1.4, 2.5.1.6 e 2.5.1.13 Fonte: Autor.....	151
Figura 4.8 - Frente do bloco G Fonte: Autor.....	154
Figura 4.9 - Viga do subsolo do bloco F. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor.....	154
Figura 4.10 - Viga da caixa da escada interna do bloco F. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor.....	155
Figura 4.11 - Viga do pavimento tipo do bloco F. Ver item 2.16.1.3.2 Fonte: Autor	155
Figura 4.12 - Viga da escada do bloco G. Ver item 2.1.5.4 Fonte: Autor.....	156
Figura 4.13 - Ferrugem da viga acima em microscópio óptico Fonte: Autor. .	156
Figura 4.14 - Entrada do bloco A e B Fonte: Autor.....	162
Figura 4.15 - Viga do bloco A Ver item 2.3.1.4 Fonte: Autor.....	162
Figura 4.16 - Base do pilar do térreo do bloco A. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor	163
Figura 4.17 - Viga do pavimento tipo do bloco A. Ver item 2.16.1.3.2 Fonte: Autor.....	163
Figura 4.18 - Entrada do bloco S Fonte: Autor.....	168
Figura 4.19 - Pilar do bloco S. Ver Item Fonte: Autor.....	168
Figura 4.20 - Viga da caixa da escada do bloco S. Ver item 2.5.1.4 e 2.1.5.1.13 Fonte: Autor.....	169
Figura 4.21 - Viga do pavimento tipo do bloco S. ver item 4.16.1.3.2 Fonte: Autor.....	169

Figura 4.22 - Quadra Poliesportiva Fonte: Autor.....	174
Figura 4.23 – Pó no pé do arco da quadra. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.6 Fonte: Autor	174
Figura 4.24 - Fezes na base do pilar da quadra. Ver item 1.1.2.1 Fonte: Autor	175
Figura 4.25 - Ferrugem na solda do arco da quadra. Ver item 1.1.2.2 e 2.5.1.9 Fonte: Autor.....	175
Figura 4.26 - Passarela 1 Fonte: Autor.....	179
Figura 4.27 - Viga da Passarela 1. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor.....	179
Figura 4.28 - Furo na laje da Passarela 1. Ver item 2.5.1.13 Fonte: Autor.....	180
Figura 4.29 - Viga com escoamento de água da Passarela 1. Ver item 2.7.6 Fonte: Autor.....	180
Figura 4.30 - Passarela 2 Fonte: Autor.....	183
Figura 4.31 - Pilar da Passarela 2. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor.....	183
Figura 4.32 - Cabeça do pilar com ferrugem na Passarela 2. Ver item 5.5.11 Fonte: Autor.....	184
Figura 4.33 - Laje com escoamento de água da Passarela 2. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor.....	184
Figura 4.34 - Passarela 3 Fonte: Autor.....	187
Figura 4.35 - Pilar da Passarela 3. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor.....	187
Figura 4.36 - Frestas na laje da Passarela 3. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor....	188
Figura 4.37 - Laje com empossamento de água da Passarela 3, Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor.....	188
Figura 4.38 - Passarela 4 Fonte: Autor.....	191
Figura 4.39 - Frestas nas vigas da Passarela 4. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor	191
Figura 4.40 - Frestas na laje da Passarela 4. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor....	192
Figura 4.41 - Corrosão na base do pilar. Ver item 1.1.2.1 Fonte: Autor.....	192
Figura 5.1 - Observação no projeto Fonte: Autor.....	197
Figura 5.2 - Subsolo do bloco F Fonte: Autor.....	199
Figura 5.3 - escada interna do bloco F Fonte: Autor.....	199
Figura 5.4 - Subsolo do bloco G Fonte: Autor.....	199
Figura 5.5 - Escada interna do bloco G Fonte: Autor.....	200
Figura 5.6 - Escada de emergência bloco A Fonte: Autor.....	200
Figura 5.7 - Quadra Poliesportiva Fonte: Autor.....	201

Figura 5.8 - Gotas de água na rampa de acesso da passarela 3 Fonte: Autor.201

Lista de tabela

Tabela 2.1 - Frota de veículos de Goiânia-GO Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS, 2014).....	50
Tabela 2.2 - Relação entre AF (Ano de Fabricação) e PMA (Distância Anual Percorrida).....	51
Tabela 2.3 - Fatores de Emissão Típicos com Base em Levantamentos do MCT	51
Tabela 2.4 - Simulação do inventário de emissões dos veículos.....	52
Tabela 2.5 - Dados climatológicos para Goiânia.....	54
Tabela 2.6 - Estimativa da quantidade de água existente sobre as superfícies metálicas.....	56
Tabela 2.7 - Série Galvânica Prática Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]).....	67
Tabela 2.8 – Classificação do PVC (MATOS, 2008).....	103
Tabela 3.1 - Modelo de Check list do Mortari. Parte 1.....	145
(Marinho et al, 2008) Tabela 3.2 - Modelo de Check list do Mortari. Parte2 (Marinho et al, 2008).....	146
Tabela 4.1 - Check list de uma passarela de Brasília. Arte 1.....	152
Tabela 4.2 - Check list de uma passarela de Brasília. Arte 2.....	153
Tabela 4.3 - Check list dos Blocos F e G da Área I. Parte 1.....	157
Tabela 4.4 - Check list dos blocos F e G da área I. Parte 2.....	158
Tabela 4.5 - Medição da espessura: Blocos F e G da Área I. Parte 1.....	159
Tabela 4.6 - Medição da espessura: Blocos F e G da Área I. Parte 2.....	160
Tabela 4.7 - Medição da espessura: Blocos F e G da Área I. Geral.....	161
Tabela 4.8 - Check list dos Blocos A e B da Área V. Parte 1.....	164
Tabela 4.9 - Check list dos Blocos A e B da Área V. Parte 2.....	165
Tabela 4.11 - Medição da espessura: Blocos A e B da Área V. Parte 2.....	167
Tabela 4.12 - Medição da espessura: Blocos A e B da Área V. Geral.....	167
Tabela 4.13 - Check list dos Blocos S do Campus II. Parte 1.....	170
Tabela 4.14 - Check list dos Blocos S do Campus II. Parte 2.....	171
Tabela 4.15 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Normal 1.....	172

Tabela 4.16 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Geral 1.....	172
Tabela 4.17 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Normal 2.....	173
Tabela 4.18 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Geral 2.....	173
Tabela 4.19 - Check list da quadra do Campus II. Parte 1.....	176
Tabela 4.20 - Check list da quadra do Campus II. Parte 2.....	177
Tabela 4.21 - Medição da espessura: quadra do Campus II. Geral.....	178
Tabela 4.22 - Check list da passarela 1 GO 060. Parte 1.....	181
Tabela 4.23 - Check list da passarela 1 GO 060. Parte 2.....	182
Tabela 4.24 - Check list da passarela 2 GO 060. Parte 1.....	185
Tabela 4.25 - Check list da passarela 2 GO 060. Parte 2.....	186
Tabela 4.26 - Check list da passarela 3 GO 060. Parte 1.....	189
Tabela 4.27 - Check list da passarela 3 GO 060. Parte 2.....	190
Tabela 4.28 - Check list da passarela 4 GO 060. Parte 1.....	193
Tabela 4.29 - Check list da passarela 4 GO 060. Parte 1.....	194
Tabela 4.30 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Parte 1.....	195
Tabela 4.31 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Parte 2.....	196
Tabela 4.32 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Geral.....	196
Tabela 5.1 - Campus I, área 1 bloco F - PUC-GO.....	197
Tabela 5.2 - Campus I, área 1 bloco G - PUC-GO.....	198
Tabela 5.3 - Campus I, Área 5, bloco A - PUC-GO.....	198
Tabela 5.4 - Campus I, Área 5, bloco B - PUC-GO.....	198
Tabela 5.5 - Campus II, bloco S - PUC-GO.....	198
Tabela 5.6 - Campus II, Quadra Poliesportiva - PUC-GO.....	198
Tabela 5.7 - Passarelas na GO 060 da AGETOP.....	201

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABENDI:	Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção
ABRACO:	Associação Brasileira de Corrosão
AF:	Ano de Fabricação
AGETOP:	Agência Goiana de Transportes e Obras
CETESB:	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMTT:	Companhia Municipal de Trânsito e Transporte
CO:	Monóxido de carbono
CO ₂ :	Dióxido de carbono
COV's:	Compostos orgânicos voláteis
CREA-GO:	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Goiás
ddp:	Diferencial de potencial
DEINFRA:	Departamento Estadual de Infraestrutura (Santa Catarina)
END:	Ensaios Não Destrutivos
Ep:	Emissão do poluente considerado para a frota (ton/ano)
FBTS:	Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem
Fe ₂ O ₃ :	Óxido férrico ou óxido de ferro III (Nox do ferro = +3)
FeO:	Óxido ferroso ou óxido de ferro II (Nox do ferro = +2)
Fep:	Fator de emissão da frota para o poluente de interesse
H ₂ O ₂ :	Peróxido de hidrogênio
H ₂ SO ₄ :	Ácido sulfúrico
km:	Média geral da quilometragem rodada anualmente (km)
MCT:	Ministério de Ciência e Tecnologia
Média/Ref %:	Porcentagem espessura média
MP-GO:	Ministério Público do Estado de Goiás
N:	Número de veículos da frota
NO:	Monóxido de nitrogênio
NO ₂ :	Dióxido de nitrogênio
NO ₃ ⁻ :	Nitrato
O ₃ :	Ozônio ou tri oxigênio
PAN:	Nitrato de peroxiacetila
PMA:	Distância Anual Percorrida

PROCONVE: Programa de Controle de Poluição de Veículos Automotores

PUC-GO: Pontifícia Universidade Católica de Goiás

PVC: Concentração do Volume de Pigmento

Ref.: Referência

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINDUSCON-GO: Sindicato das Industrias de Construção Civil do Estado de Goiás

SO₂: Dióxido de enxofre

SO₃: Trióxido de enxofre

SO₄²⁻: Sulfato

T: Temperatura

TiO₂: Dióxido de titânio

To: Temperatura do ponto de orvalho

UR: Umidade relativa

ZTA: Zona termicamente alterada

Índice

1 - INTRODUÇÃO.....	26
1.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	27
1.1.1 - Monumentos em estruturas metálicas.....	27
1.1.1.1 - Torre Eiffel.....	27
1.1.1.2 - Estátua da Liberdade.....	30
1.1.1.3 - Ponte Hercílio Luz.....	32
1.1.1.4 - Estátua do Bandeirante.....	36
1.1.1.5 - Obeliscos de praça.....	37
1.1.1.6 - Remoção de passarelas em Anápolis.....	38
1.1.2 - Alguns agentes agressivos.....	42
1.1.2.1 - Excrementos de aves.....	42
1.2 - JUSTIFICAÇÃO DO TEMA.....	45
1.3 - OBJETIVOS.....	46
1.3.1 - Objetivo geral.....	46
1.3.2 - Objetivo específico.....	46
1.3.2.1 - Diagnóstico.....	46
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	47
2.1 - POLUIÇÃO DE VEÍCULOS.....	49
2.1.1 - Fatores de Emissão.....	51
2.1.2 - O inventário de emissões veiculares.....	52
2.2 - PONTO DE ORVALHO.....	53
2.3 - INTERAÇÃO ATMOSFERA, UMIDADE E POLUIÇÃO.....	55
2.3.1 - Influência da Composição da Atmosfera no Processo de Corrosão..	55
2.3.2 - A Atmosfera.....	56
2.3.3 - Camadas condensadas.....	57
2.3.3.1 - Orvalho.....	57
2.3.3.2 - Chuva.....	58
2.3.4 - Medida do Tempo de Umedecimento.....	58
2.4 - A NATUREZA ELETROQUÍMICA DA CORROSÃO EM MEIO AQUOSO.....	59
2.5 - CORROSÃO.....	59
2.5.1 - Corrosão eletroquímica.....	61

2.5.1.1 - Diferenças de concentração.....	64
2.5.1.2 - Materiais de diferentes épocas de fabricação.....	65
2.5.1.3 - Tubulação Nova e Tubulação Velha.....	66
2.5.1.4 - Corrosão devido a contato com material absorvente.....	67
2.5.1.5 - Corrosão resultante de Solos Dissimilares.....	67
2.5.1.6 - Corrosão do aço em contato com o concreto.....	68
2.5.1.7 - Inclusões, segregações, bolhas e trincas.....	69
2.5.1.8 - Diferença no tamanho e no contorno dos grãos.....	70
2.5.1.9 - Tratamentos térmicos diferentes.....	70
2.5.1.10 - Polimento diferencial.....	72
2.5.1.11 - Estados diferentes de tensões.....	73
2.5.1.12 - Diferenças de temperatura e de iluminação.....	73
2.5.1.13 - Agitação Diferencial.....	73
2.6 - ALGUNS CASOS ESPECIAIS DE CORROSÃO.....	74
2.6.1 - Os danos à edificação.....	74
2.6.2 - Biofilmes.....	75
2.6.3 - “Célula de Lasanha”.....	76
2.6.4 - Corrosão galvânica da Estátua da Liberdade.....	76
2.6.5 - Materiais de limpeza.....	77
2.7 - MÉTODOS DE CONTROLE DA CORROSÃO.....	78
2.7.1 - Isolamento Elétrico.....	79
2.7.2 - Proteção Galvânica.....	79
2.7.2.1 - Proteção Catódica.....	79
2.7.2.1.1 - Proteção por anodos galvânicos (espontânea).....	80
2.7.2.1.2 - Proteção por corrente impressa (não-espontânea).....	81
2.7.2.1.3 - Proteção Anódica.....	81
2.7.3 - Revestimentos.....	82
2.7.4 - Os inibidores de corrosão.....	83
2.7.4.1 - Classificação de Inibidores de Corrosão:.....	84
2.7.4.1.1 - Anódicos:.....	84
2.7.4.1.2 - Catódicos:.....	84
2.7.4.1.3 - Mistos:.....	85
2.7.4.1.4 - Adsorção:.....	85
2.7.5 - Modificação do Meio Corrosivo.....	85

2.7.5.1 - Desaeração.....	85
2.7.5.2 - Controle do pH.....	86
2.7.6 - Controle de Corrosão na Fase de Projeto.....	86
2.8 - REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS (TINTA).....	88
2.8.1 - Resistência Mecânica e Química.....	89
2.8.2 - Mecanismos da degradação de uma tinta.....	90
2.8.2.1 - Empolamento:.....	90
2.8.2.1.1 - Ocasionado pela absorção de água:.....	90
2.8.2.1.2 - Causado pela inclusão ou formação de gases.....	91
2.8.2.1.3 - Eletroendosmótico.....	91
2.8.2.1.4 - Osmótico.....	91
2.8.2.1.5 - Causado pela separação de fases durante a formação do filme...	91
2.8.2.2 - Delaminação:.....	92
2.8.2.2.1 - Anódica.....	92
2.8.2.2.2 - Catódica.....	92
2.8.2.3 - Corrosão filiforme.....	93
2.8.3 - Tintas para proteção anticorrosiva.....	93
2.8.3.1 - Mecanismos de proteção anticorrosiva de uma tinta.....	93
2.8.3.1.1 - Proteção por barreira física.....	93
2.8.3.1.2 - Proteção por inibição.....	93
2.8.3.1.3 - Proteção catódica.....	94
2.8.3.2 - Propriedades das tintas.....	94
2.9 - CONSTITUINTES DE UMA TINTA.....	94
2.9.1 - Pigmentos.....	95
2.9.2 - Cargas.....	97
2.9.3 - Ligantes.....	98
2.9.4 - Solventes.....	99
2.9.5 - Aditivos.....	99
2.10 - SECAGEM POR COALESCÊNCIA.....	101
2.10.1 – Sequência da secagem por coalescência:.....	101
2.10.1.1 - Concentração da dispersão:.....	101
2.10.1.2 - Empacotamento das partículas:.....	101
2.10.1.3 - Deformação das partículas:.....	101
2.10.1.4 - Interdifusão do polímero:.....	102

2.11 - PROPORÇÃO ENTRE SÓLIDOS E LÍQUIDOS DE DUAS TINTAS.....	102
2.12 - PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES.....	104
2.13 - APLICAÇÃO DA PINTURA:.....	105
2.14 - GALVANIZAÇÃO A FOGO.....	106
2.15 - PINTURAS EM GALVANIZADOS.....	107
2.16 - LIGAÇÕES.....	108
2.16.1 - Ligações parafusadas.....	108
2.16.1.1 - Categorias de ruínas por (CASTRO, 1999):.....	109
2.16.1.1.1 - Cisalhamento do fuste do parafuso:.....	109
2.16.1.1.2 - Rasgamento da chapa junto ao parafuso:.....	109
2.16.1.1.3 - Esmagamento/estriccionamento do fuste do parafuso:.....	109
2.16.1.1.4 - Esmagamento da chapa:.....	109
2.16.1.1.5 - Tensionamento axial do fuste do parafuso:.....	109
2.16.1.1.6 - Dobramento do parafuso:.....	110
2.16.1.1.7 - Rasgamento global da chapa na ligação:.....	110
2.16.1.2 - Corrosão em ligações parafusadas.....	110
2.16.1.3 - Detalhamento inadequado em projeto.....	111
2.16.1.3.1 - Dificuldade de realização de aperto.....	111
2.16.1.3.2 - Gabarito errado.....	112
2.16.1.3.3 - Erro de cálculo do comprimento das peças.....	113
2.16.1.3.4 - Parafuso incompatível com a ligação.....	114
2.16.1.3.5 - Erros na locação dos furos durante a fabricação.....	114
2.16.1.3.6 - Falta de aperto do parafuso.....	114
2.16.1.4 - Tipos de ruptura da ligação parafusada em peças tracionadas:.....	115
2.16.1.4.1 - Insuficiência de material na separação no buraco.....	115
2.16.1.4.2 - Cisalhamento entre os parafusos.....	115
2.16.1.4.3 - Falha na seção transversal.....	115
2.16.1.4.4 - Cisalhamento no parafuso.....	116
2.16.2 - Ligações soldadas.....	116
2.16.2.1 - Descontinuidades estruturais.....	119
2.16.2.2 - Propriedades inadequadas.....	122
2.17 - ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....	122
2.17.1 - Inspeção visual.....	123
2.17.1.1 - Processo Executivo.....	124

2.17.1.2 - Equipamentos.....	128
2.17.2 - Líquidos penetrantes.....	129
2.17.2.1 - Processo Executivo.....	129
2.17.2.1.1 - Preparação da superfície - Limpeza inicial.....	129
2.17.2.1.2 - Aplicação do Líquido Penetrante:.....	129
2.17.2.1.3 - Remoção do excesso de penetrante.....	130
2.17.2.1.4 - Revelação.....	130
2.17.2.1.5 - Avaliação e Inspeção.....	130
2.17.2.1.6 - Limpeza pós ensaio.....	130
2.17.3 - Partículas magnéticas.....	131
2.17.3.1 - Processo Executivo.....	132
2.17.3.1.1 - Preparação da inicial da peça.....	133
2.17.3.1.2 - Indução do campo magnético.....	133
2.17.3.1.3 - Aplicação das partículas magnéticas.....	133
2.17.3.1.4 - Avaliação e Registro dos Resultados.....	134
2.17.3.1.5 - Desmagnetização.....	134
2.17.3.1.6 - Equipamentos.....	135
2.17.4 - Radiográfica.....	135
2.17.4.1 - Processo Executivo.....	137
2.17.4.1.1 - Princípios Gerais de Radiografia.....	137
2.17.4.1.2 - Equipamento.....	139
2.17.5 - Ultrassom.....	139
2.17.5.1 - Processo Executivo.....	139
2.17.5.1.1 - Preparação da superfície.....	140
2.17.5.1.2 - Equipamentos.....	141
3 - PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	142
3.1 - INSPEÇÃO IN LOCO.....	143
3.2 - MEDIÇÃO DA ESPESSURA DE TINTA.....	143
3.3 - PROCEDIMENTO.....	143
4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	148
4.1 - ENSAIO.....	148
4.1.1 - Piloto.....	148
4.1.2 - Executado.....	154
4.1.2.1 - Blocos F e G da Área I.....	154

4.1.2.2 - Área 5 Bloco A e B.....	162
4.1.2.3 - Campus II, bloco S.....	168
4.1.2.4 - Campus II, quadra poliesportiva.....	174
4.1.2.5 - Passarela 1 - GO 060 com R. Barros Neto, Vila Regina.....	179
4.1.2.6 - Passarela 2 - GO 060 com R. Neto, Jardim Petrópolis.....	183
4.1.2.7 - Passarela 3 - GO 060 com R. Trindade, Santos Dumont.....	187
4.1.2.8 - Passarela 4 - GO 060 com Av. L. de Bulhões, Vera Cruz.....	191
5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	197
5.1 - EDIFICAÇÕES.....	197
5.1.1 - Problemas detectados na porcentagem espessura média <90%.....	198
5.1.1.1 - Subsolo 42,2% e escada interna 67,2% do bloco F (Tabela 5.1).....	198
5.3.1.1.2 - Subsolo 56,6% e escada interna 55,2% do bloco G (Tabela 7.2)	199
5.3.1.1.3 - Quadra Poliesportiva externa 43,33% (Tabela 5.6).....	200
5.2 - PASSARELAS.....	201
6 - CONCLUSÕES.....	203
6.1 - CHECK LIST.....	203
6.1.1 - Sugestões.....	203
6.2.1.2 – Sugestões Chek list.....	204
6.2.2.1 – Sugestões medições de espessuras de tinta.....	204
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	205

1 - INTRODUÇÃO

Uma obra tem por obrigação proporcionar segurança, conforto e condições de utilização para a finalidade para qual foi construída. No entanto, toda edificação tem uma vida útil e a falta de manutenção e uma péssima execução da construção podem causar prejuízos a um ou alguns destes aspectos essenciais de utilização, gerando perdas de toda ordem de grandeza aos usuários, principalmente no caso de obras.

Recentemente têm-se percebido que alguns edifícios construídos em estruturas de aço na Cidade de Goiânia, vêm mostrando um processo e progressivo de corrosão em seus sistemas estruturais, e em parte, como por exemplo: treliças, vigas, pilares etc. Tal sucessão foi percebida visualmente, devido às condições de agressividades ligadas primordialmente ao microambiente interno das edificações, chuva e fezes de animais.

A corrosão destes sistemas estruturais metálicos é igualmente beneficiada pela carência de manutenção dos edifícios; pela depreciação do patrimônio; pelos dejetos de aves, as quais se abrigam nas construções, que facilitam o aumento da velocidade da deterioração; por erro na execução de elementos estruturais, tais como, os sistemas de fechamento, que não obstruem a acumulação de água em peças da estrutura; pelo microambiente interno das obras que apresentam uma atmosfera interna bastante agressiva devido aos gases oriundos dos motores.

Contudo, apesar de quaisquer superioridades privativas, na estrutura de aço relacionado às outras convencionais, é essencial que se faça uma avaliação da situação e inspeção da durabilidade (estado limite de utilização) destas construções. E que se ofereçam soluções técnicas, para as possíveis manifestações patológicas achadas, fundadas em normas e pesquisas científicas, visto que, o fenômeno da corrosão e ação do vento, nestes sistemas, colocam em risco a integridade estrutura) destas edificações.

Segundo Pinho ([ca. 2011]), a vida útil das estruturas envolve uma análise abrangente de todas as etapas do processo construtivo, e os engenheiros hoje, que já pensam normalmente no ciclo de vida das estruturas, estão cada vez mais conscientes da necessidade de manutenção e, por isso, programam-se para fazer o monitoramento e a manutenção preventiva e corretiva das estruturas.

Presentemente, tem-se o conhecimento que cada sistema tem suas propriedades e suas precauções explícitas. A durabilidade das estruturas derivam fundamentalmente da responsabilidade com o detalhamento do projeto, da quantidade de exposição da estrutura e de uma proteção apropriada a agressividade do ambiente.

1.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1.1 - Monumentos em estruturas metálicas

Os monumentos de estruturas metálicas que foram inaugurados Ponte Hercílio Luz em 13 de maio de 1926, Estátua da Liberdade em 28 de outubro de 1886 e Torre Eiffel em 31 de março de 1889. Foram construídos, em estruturas metálicas, há mais de 60 anos, que é considerado a vida útil de projeto de uma construção e já passaram por restaurações e manutenções.



Figura 1.1 - Monumentos com estruturas metálicas Fonte: Ponte Hercílio Luz (THINA, 2009), Estátua da Liberdade (SCHMTT, 2013) e Torre Eiffel (TIRLONI, 2012)

1.1.1.1 - Torre Eiffel

O dia 28 de Janeiro de 1887 quando a estrutura da Torre Eiffel foi iniciada a

construção, para que fosse o arco de entrada da Exposição Universal, uma feira mundial organizada para comemoração do centenário da Revolução Francesa. (RAGNUS, 2015)

Os projetos de Eiffel eram tão meticulosos, proporcionando detalhes para mais de 18 mil peças de metal, que a torre foi levantada em pouco mais de dois anos. A marcante quantidade de 2,5 milhões de rebites que liga as peças e a torre pesa 7.300 toneladas. (JR, [200-?])

"Nós provavelmente nunca mais perceberemos a importância manutenção da pintura da Torre, que é o elemento essencial na conservação de obras de metal e o mais meticuloso trabalho de pintura, influenciará quanto mais no tempo que a Torre durará." Gustave Eiffel. «A 300 metros Torre» Lemercier - Paris 1900. (SITE OFICIAL DA TORRE EIFFEL, 2010)

A Torre Eiffel, de acordo com Martins (2009), já mudou de cor diversas vezes: do Vermelho Veneza de origem ao tom de bronze atual, a Torre Eiffel já foi pintada de laranja, amarelo-claro e Bordeaux. Ela normalmente é pintada em tons de degradê (mais escura na base e mais clara no topo) para garantir a percepção uniforme da cor em contraste com o céu de Paris.



Figura 1.2 - Detalhe do estado da pintura

Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009a)

Cada nova camada de tinta também apresenta uma oportunidade para verificar a estrutura e substituir peças metálicas corroídas, quando necessárias. (SITE OFICIAL DA TORRE EIFFEL, 2010)



Figura 1.3 - Detalhe de corrosão Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009d)

No artigo de Bavelier (2009), informa que das 60 toneladas de tinta que são usadas na 19ª Repintura da Torre Eiffel, apenas 15 toneladas permanecem aderidas à sua estrutura no final desse período, devido principalmente à ação do vento que vai aos poucos raspando a pintura. Estima-se que atualmente estejam sobre a Torre Eiffel 250 toneladas de tinta que foram acumuladas sobre ela ao longo das 18 etapas anteriores de pintura - aproximadamente 1/40 do seu peso. Se um dia for necessário retirar todas as camadas de tinta, “a Torre deverá permanecer fechada durante cinco anos”, disse ao jornal Le Figaro o presidente da Société d'Exploitation de la Tour Eiffel e assistente do prefeito de Paris responsável pelo turismo, Jean-Bernard Bros.



Figura 1.4 - Detalhes do descascamento

Fonte: (AGÊNCIA OLHARES,

2009b)

A pintura provou desempenhar um papel essencial na conservação da Torre Eiffel expressamente feita de ferro fundido e não em aço, mas o que estava disponível em 1889. Se a torre tivesse sido feita de aço, a sua manutenção teria sido muito mais complexa e onerosa. A Torre Eiffel foi construída em ferro fundido, com ferro de baixo teor de carbono que é considerado eterno, quando pintado regularmente! **No entanto, vários fatores são considerados capazes de colocar o monumento em perigo: oxidação, grande poluição da cidade e excrementos de pássaros** (grifo nosso). (SITE OFICIAL DA TORRE EIFFEL, 2010)



Figura 1.5 - Reforma na Torre Eiffel

Fonte: (AGÊNCIA OLHARES, 2009c)

1.1.1.2 - Estátua da Liberdade

O presidente norte-americano Grover Cleveland (1885 – 1889) inaugura em 28 de outubro de 1886 a estátua do escultor francês Frédéric Auguste Bartholdi "La liberté éclairant le monde" (A Liberdade Iluminando o Mundo), ou a Estátua da Liberdade, instalada na ilha Liberdade, em Nova York. A França a ofereceu aos Estados Unidos para celebrar a amizade franco-americana durante a guerra de independência. Construída com placas de cobre moldadas, ela é dotada de uma estrutura de ferro concebida por Gustavo Eiffel, o construtor da torre Eiffel. (ALTMAN, 2010)

A estátua mede 46,50 metros (92,99 m contando o pedestal). Apenas seu nariz mede 1,37 metro. O conjunto pesa um total de 24.635 t, das quais 28 t de cobre, 113 t de aço, e 24.493 t de cimento no pedestal. São 167 degraus de entrada até o topo do pedestal. Depois são mais 168 degraus até a cabeça. Por fim, outros

54 degraus levam à tocha. A coloração verde-azul é causada por reações químicas, o que produziu sais de cobre e criou a atual tonalidade.

Inicialmente os visitantes podiam subir por escadas até a tocha da estátua, entretanto em 1916, durante a Primeira Guerra Mundial, houve um ato de sabotagem coordenado pelo governo alemão que danificou a tocha e um pedaço do vestido da estátua. Após este episódio, que ficou conhecido como “explosão Black Tom”, não foi mais permitida a visitação da tocha. (APOIO ESCOLAR ON-LINE, [2014]).

A equipe de arquitetos franceses e americanos, engenheiros e conservadores se uniram para determinar o que era necessário para garantir a preservação da estátua para o próximo século. Em 1984, andaimes foi erguido em torno do exterior da estátua e começou a construção do interior. (SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE, [2013b])

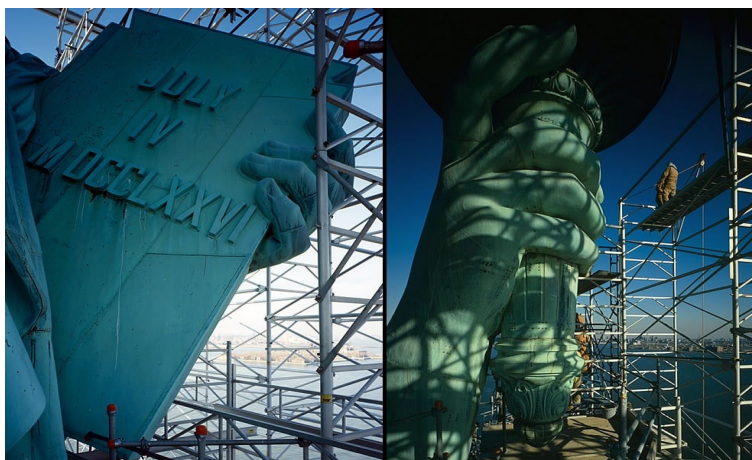


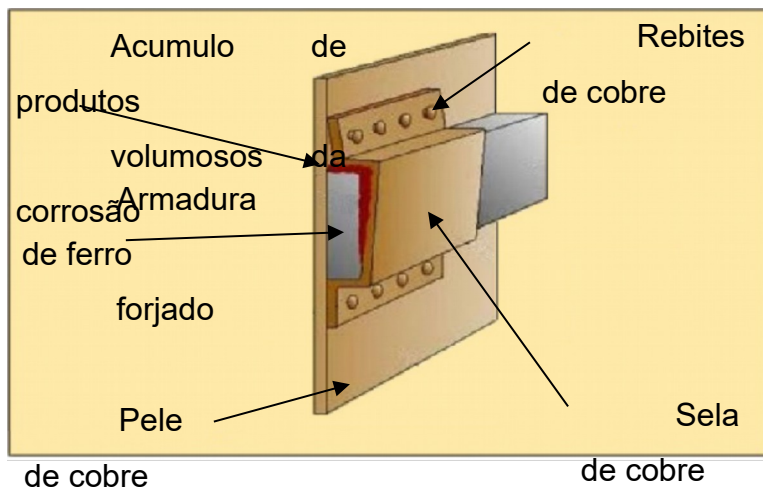
Figura 1.6 - Reforma na estátua da Liberdade Fonte: (FILHO, 2013)

Foram reparados pelos trabalhadores os orifícios na pele de cobre e foram removidas as camadas de tintas do interior da pele de cobre e do ferro estrutura interna. Eles substituíram as barras de armadura de ferro enferrujados (que aderiram na pele de cobre e a estrutura interna da estátua) com barras de aço inoxidável. (SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE, [2013b])

Figura 1.7 -
presilha
(FILHO, 2013)

A
chama e a
porção

superior da
sido



Detalhe da
Fonte:

tocha tinha
severamente

danificada pela água e foi substituído por uma réplica exata da tocha original de Bartholdi, que era dourada de acordo com os planos originais de Bartholdi. Em 5 de Julho de 1986, a estátua recém-restaurado reaberto ao público, na comemoração do seu centenário. (SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE, [2013b])

A exibição inclui a tocha original de 1886 e as muitas alterações da chama no saguão. Na varanda do segundo andar com vista para esta tocha é uma exposição sobre a história da tocha e da chama, explicando as várias alterações através de diagramas, fotografias, desenhos e caricaturas. (SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE, [2013a])

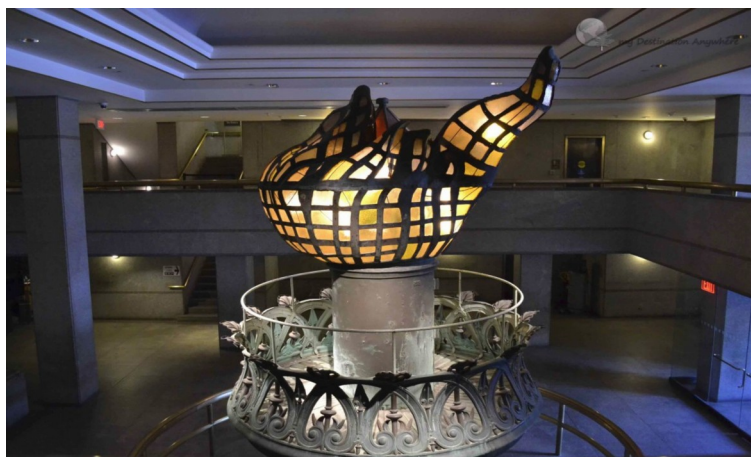


Figura 1.8 - A tocha original exposta

Fonte: (STENGRAT, 2014)

1.1.1.3 - Ponte Hercílio Luz

Inaugurada em 13 de maio de 1926, a ponte foi a única ligação entre a Ilha de Santa Catarina e a parte continental de Florianópolis até 1975, quando foi concluída

a obra da ponte Colombo Salles. (G1, 2015)

Foi originalmente construída para sustentar a pista de rolamento, uma via-férrea, uma passarela de pedestres e a adutora de abastecimento de água de Florianópolis, possibilitando o fluxo de transportes entre o Continente e a Ilha de Santa Catarina. O principal motivo da construção de tão esperada obra viária, deu-se pelo fato que a travessia entre a Ilha e o Continente era realizado por balsas e pequenas embarcações, o que dificultava o abastecimento da cidade e isolava a capital do resto da cidade. (TALUDE, 2004)

A Ponte Hercílio Luz tem extensão total de 821,005 metros, sendo formada pelos viadutos de acesso do Continente, com 222,504 metros, da ilha, com 259,080 metros, e pelo vão central pênsil com extensão de 339,471 metros, composta por 28 vãos no total, 2 torres principais e 12 torres secundárias. A altura das torres principais é de 74,210 metros. A altura do vão pênsil em relação ao nível de maré média é de 30,86 metros. A carga total nas cadeias de barras de olhal é de 4.000 toneladas-força. (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015])



Figura 1.9 – Panorâmica da ponte Hercílio Luz

Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015])

Além de ser uma Ponte em estrutura metálica pênsil, das quais existem muito poucas no Brasil, tem como característica marcante a sua suspensão formada por correntes de barras de olhal, totalizando 3500 metros cúbicos, na Ilha, e 5000 metros cúbicos, no Continente, sendo atualmente a única no mundo com parte das

barras compoendo a corda superior da treliça de rigidez. É a mais longa ponte pênsil com sistema de barras de olhal no mundo. O cabo principal da ponte é constituído de 4 correntes de barras de olhal termicamente tratadas. Este cabo suporta apenas o vão central através de pendurais verticais. Ressalta-se ainda as torres articuladas nas bases e ainda os blocos de ancoragem em concreto, na forma de “U” para o máximo de eficiência. (TALUDE, 2004)

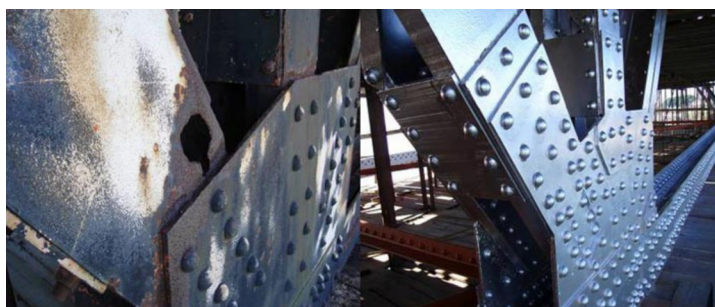


Figura 1.10 – Detalhe de uma peça corroída e o reparo Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015])

Ao longo dos primeiros 30 anos, a Ponte Hercílio Luz sofreu a falta de efetiva manutenção, tendo como consequências à corrosão superficial acentuada e deterioração dos aparelhos móveis das torres principais (torres maiores) e torres dos viadutos. A restauração iniciou nos meados da década de 60 e está sendo realizada até hoje com alguns intervalos de paralisação. (TALUDE, 2004)

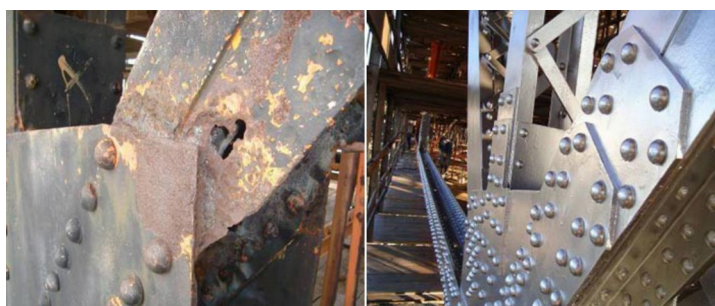


Figura 1.11 - Detalhe de uma peça corroída e o reparo Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015])

Desde que foi fechada, em 1982, por medida de segurança, a Ponte Hercílio Luz serviu apenas de cartão-postal, como ponto de referência e para embelezamento da cidade. Reaberta em 15 de março de 1988 somente ao tráfego de pedestres, bicicletas, motocicletas e veículos de tração animal, foi novamente

fechada por completo em 4 de julho de 1991, depois que um relatório de análise de viabilidade da reabertura do tráfego da ponte foi apresentado em fevereiro de 1990. (WIKIPÉDIA, [2013?])

Foi interditada totalmente ao tráfego em 22 de janeiro de 1982, quando ainda absorvia 43,8% do total do tráfego, ou seja, 27.345 veículos por dia, alcançando em horários de pico, a marca de 2.250 veículos por hora. O DER/SC, naquele dia, fechou a Ponte ao tráfego de veículos e pedestres devido às precárias condições em que se encontrava, decorrente de deterioração das barras de olhal, com base no laudo técnico nº 16.177 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S/A - IPT, em perícia realizada em 03/12/1981. Em 15 de março de 1988, a Ponte Hercílio Luz foi reaberta somente ao tráfego de pedestres, bicicletas, motocicletas e veículos de tração animal. Em fevereiro de 1990, foi apresentada pela Cerne Engenharia e Projetos e Construtora Roca Ltda. o Relatório da Primeira Etapa da Análise da Viabilidade da reabertura ao tráfego da Ponte Hercílio Luz. Em 4 de julho de 1991, a Ponte Hercílio Luz foi novamente interditada a qualquer tipo de tráfego e retirado o piso asfáltico do vão central, resultado num alívio de peso da ordem de 400 toneladas, não tendo sido mais aberta ao tráfego até os dias de hoje. Uma parceria entre o Governo Federal, Governo do Estado e a Prefeitura de Florianópolis em 2005 proporcionou o início das obras de restauração da ponte Hercílio Luz. O prazo máximo para a entrega da restauração era 13 de maio de 2012, quando a ponte completasse 86 anos. Mas a burocracia, aliada à mudança no comando do governo do estado, fez com que as obras atrasassem. O novo prazo de entrega é para a metade de 2013, o que também não se efetivou. (WIKIPÉDIA, [2013?]). Em 24 de março de 2005, na “Casa do Jornalista”, o Governador do Estado de Santa Catarina, Luiz Henrique da Silveira, em conjunto com sua equipe técnica, apresentou um resumo do Projeto de Reabilitação da Ponte Hercílio Luz, ocasião em que foi estabelecido um prazo para o lançamento do edital para a execução das obras de reabilitação da Ponte. (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, [2015])

De 2006 até 2014, foram investidos pelo menos R\$ 52 milhões na restauração, de acordo com o Departamento Estadual de Infraestrutura (Deinfra). Segundo a entidade, do período da primeira interdição, em 1982, até 2005 não foram realizadas obras de restauração no local, apenas manutenções. O Deinfra não

soube informar o valor investido no período. A previsão é que para concluir a restauração sejam investidos mais R\$ 150 milhões. (G1, 2015)



Figura 1.12 - Reforma da ponte Hercílio Luz Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPRENSA, 2015).

1.1.1.4 - Estátua do Bandeirante

A Prefeitura de Goiânia, [Entre 2008 e 2011], relata que no dia 9 de novembro de 1942 foi inaugurado o Monumento ao Bandeirante criado pelo artista plástico Armando Zago, atendendo solicitação do Centro Acadêmico XI de Agosto da Faculdade de Direito de São Paulo, para ser doado ao povo goiano. A escultura em bronze possui três metros e meio de altura e está localizada na praça Atílio Correia Lima, antiga Praça do Bandeirante, no cruzamento das avenidas Goiás e Anhanguera, setor Central (figura - 1.13). Ela busca retratar o bandeirante Bartolomeu Bueno da Silva em corpo inteiro, tendo nas mãos uma bacia e armado de bacamarte. Foi alcunhado pelo índio como O Anhanguera por haver colocado fogo em álcool, fazendo-os acreditar que colocaria fogo nos rios, caso o impedisse de levar as riquezas da terra.



Figura 1.13 - Estátua do Bandeirante Fonte: (NOGUEIRA, 2014)

1.1.1.5 - Obeliscos de praça

Segundo Mendonça (2008), três prismas de 56 metros, com estrutura tubular de aço revestida por chapas metálicas perfuradas, apontando para diferentes direções, compõem o monumento da praça Latif Sebbá, novo marco urbano de Goiânia (GO). O local é denominado vulgarmente como Praça do Ratinho, concepção do arquiteto goiano Marco Antônio Amaral integrado pelo monumento e uma passagem de nível para melhoria do trânsito, o viaduto do Latif Sebbá, prontos no fim de 2007. O monumento é uma referência aos primórdios da urbanização da cidade e suas pontas estão direcionadas para Leste, Oeste e Sul, as direções nas quais cresceu e cresce Goiânia. A escolha do aço possibilitou efeitos distintos, de acordo com o período do dia. Com sol, as faces refletem a claridade. À noite, doze refletores internos iluminam os prismas, chamando ainda mais a atenção das chapas perfuradas e com a luz de outros oito refletores externos. As torres, ou prismas por sua configuração triangular e pontiagudo, tem cerca de 20 toneladas de peso e se escoram entre si, no ponto de convergência, para assegurar o equilíbrio. Todo apoio foi reforçado com 18 parafusos a mais, com diâmetro de uma polegada.

O parâmetro histórico que suscitou Amaral, explanado por MENDONÇA (2008), vem do projeto urbanístico de Goiânia, criado pelo arquiteto Atilio Correia Lima (Itália, 1901 - Brasil, 1943) em 1933.

Consonante Amaral apud Mendonça (2008), Lima fixou, no lugar onde está a praça, três postes de madeira, que focalizavam para os mesmos sentidos que os prismas e serviram de rumo para o esboço dos bairros da cidade.

De acordo com Mendonça (2008) Lima é conhecido pelo plano piloto de Goiânia, pelo plano diretor de Niterói (RJ) e pelo projeto da cidade de Volta Redonda (RJ). Como paisagista, é considerado um dos pioneiros em integrar plantas tropicais a projetos de jardins no Brasil. Goiânia não foi feita rigorosamente de acordo com o projeto de Lima. O arquiteto Armando de Godói assumiu o projeto em 1936, reorganizando recomendações e redefinindo o traçado, que foi em 1942 oficialmente inaugurada.



Figura 1.14 - Obelisco da praça Latif Sebbá Fonte: Autor.



Figura 1.15 - Corrosão de placas do obelisco Fonte: Autor

1.1.1.6 - Remoção de passarelas em Anápolis

Duas passarelas se tornaram verdadeiras armadilhas para os pedestres que circulam na região do elevado Ayrton Senna, na confluência da BR-153 com as vias de acesso ao Bairro de Lourdes e Conjunto Filóstro Machado, em Anápolis. (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a).

A obra passou a ser criticada logo após a sua inauguração porque a movimentação de pedestres no local era muito pequena e, além disso, as pessoas não subiam nas passarelas. A passarela está com boa parte de sua estrutura metálica comprometida, com buracos provocados pela ferrugem em vários pontos, inclusive das escadas. A base de sustentação também está comprometida, conforme o laudo do Crea. (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015b)

Construídas em 1995, ambas têm, hoje, graves problemas. Uma delas, por exemplo, apresenta uma bifurcação que não chega ao solo, já que parte da estrutura foi retirada. Além disso, a ferrugem apodreceu boa parte dos degraus, chegando a formar buracos em algumas rampas, de forma que o pedestre que se arriscar a passar ali corre risco de despencar de uma altura de 6 metros. (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a)



Figura 1.16 - Péssimo estado da passarela Fonte: (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a)

Desde que foram instaladas, as passarelas não tiveram manutenção. Só receberam pequenos ajustes, um deles em 2009, quando os parafusos foram reapertados, conforme admite o chefe de gabinete da Secretaria Municipal de Obras, Gabriel Rebelo Júnior. E mesmo quando estavam em boas condições, elas já não eram utilizadas pelos pedestres porque foram construídas em locais cuja passagem de pessoas é rara. Depois disso, ele sobe 49 degraus, passa por duas rampas e finalmente desce 35 degraus. Para passar pela outra passarela, que teve parte retirada pela prefeitura, o pedestre precisa subir 24 degraus, seguir por mais duas rampas e finalizar a travessia em outra escada de 40 degraus. (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a).



Figura 1.17 - Estrutura foi construída em 1995 e há anos não é usada (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015b)

Fonte:

Em julho de 2013, o Relatório Técnico do Engenheiro Civil Rodolfo Rodrigues de Souza Borges, ligado à Diretoria de Obras da Secretaria, que avaliou as condições funcional e estrutural das passarelas. “Em diversos pontos é possível perceber que as seções de aço estão reduzidas e fragilizadas, não oferecendo a mínima segurança aos usuários”, acrescentando: “Foram identificadas, ainda, seções de pilares completamente comprometidas pela corrosão, de modo a colocar em risco a própria estabilidade global da estrutura, gerando o risco de a mesma vir ao colapso e pondo em risco até mesmo os veículos que diariamente transitam no local”. Com relação à condição funcional: “As passarelas objetivam a travessia dos pedestres de forma segura entre os lados de uma via movimentada. A sua funcionalidade se resume a atravessar o pedestre em uma pista, apenas, o que do ponto de vista do tráfego não se traduz em utilidade”. (BRITO, 2015)

Em junho de 2013, de posse de um parecer técnico do engenheiro Rodolfo Rodrigues de Souza Borges, que apontava uma série de perigos para os pedestres, a Prefeitura chegou a iniciar a desmontagem das passarelas, mas desistiu da ideia. A demolição não aconteceu e não houve nenhuma manutenção nem as passarelas foram interditadas. De acordo com a assessora da promotora Sandra Mara Garbeline, Juliane Alessa Santana do Vale, o Ministério Público foi consultado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano, por meios de um ofício com data de agosto de 2013, sobre a viabilidade de demolir as passarelas. No documento, o órgão levou em conta o parecer técnico do engenheiro Rodolfo Rodrigues. A promotoria se manifestou dizendo apenas que não se opunha à ação proposta. (GONÇALVES & DIOMÍCIO, 2015a)

Foram retratados em um relatório do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás (CREA-GO). Ao todo, nove irregularidades foram apontadas: piso quebrado, com erosões e perfis soltos; cobertura sem telhas e tela com furos; parte de uma das passarelas foi retirada; não há sinalização sobre a retirada; Estado de conservação precário; Não apresenta pontos de iluminação; Sem acessibilidade para deficientes físicos; Guarda corpo não tem peças adequadas e apresenta buracos. (NUNES, 2015)

As conclusões no relatório emitido pelo CREA-GO em relação à condições das passarelas e, da mesma forma, a conclusão foi de que a estrutura se encontra comprometida e apresenta riscos para quem passa pelo local. (BRITO, 2015)

Na audiência do dia 23 de junho, com a participação da promotora de Justiça Dr^a. Sandra Mara Garbelini; o procurador-geral do município de Anápolis, Dr. Edmar Silva; o secretário municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação, Leonardo Viana Silva; e o inspetor do Crea-GO em Anápolis, o Eng. Civ. Wesley Fraga, ficou acordado que o município de Anápolis deveria providenciar a retirada da passarela no prazo de 120 dias. (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS, 2015a)

Na reunião, também ficou acordado que o município de Anápolis deverá que, em caráter emergencial, em até 15 dias, a Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação, da Prefeitura de Anápolis, deverá reforçar os avisos com sinalização visual de interdição; e que a promotoria enviará ofício à Companhia Municipal de Trânsito e Transportes (CMTT), solicitando um estudo sobre o tráfego na região, especialmente quanto à travessia de pedestres. (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS, 2015b)



Figura 1.18 - Interdição da passarela

Fonte: (BRITO, 2015)

A prefeitura de Anápolis realizou, no fim de agosto, a retirada da passarela localizada ao lado do viaduto Ayrton Senna, na confluência da BR-153 com as vias de acesso ao Bairro de Lourdes e conjunto Filóstro Machado, na região leste da cidade. A retirada é resultado da decisão do Ministério Público do Estado de Goiás (MP-GO), tomada em audiência realizada no dia 23 de junho, e considerando o relatório de vistoria pelo Eng. Civ. Wesley Fraga, como essencial. (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS, 2015a)



Figura 1.19 - Retirada da passarela

Fonte: (CONSELHO REGIONAL DE

ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS, 2015a)

1.1.2 - Alguns agentes agressivos

1.1.2.1 - Excrementos de aves

Como foi dito pelo biólogo Murilo Citelli Dutra no jornal O Diário (2011), as aves não tem bexiga para facilitar o voo. Devido a isso, elas não urinam e sim excretam uma espécie de pasta semissólida, carregada de ácido úrico, e que mancha cruelmente a lataria dos veículos.

Dutra explicou ao jornal O Diário (2011) que as aves dejetam seus resíduos nitrogenados, basicamente na forma de ácido úrico. Este composto é menos tóxico que a ureia, é quase insolúvel em água, com isso origina uma massa semissólida que é expelida junto com as fezes.



Figura 1.20 - Excremento de uma ave Fonte: (SILVA, 2010)

A Volkswagen (2015) recomenda que a melhor proteção do automóvel contra os efeitos ambientais nocivos é a lavagem habitual e encerar como medida de conservação. Quanto mais expostos aos dejetos de insetos, resíduos de aves, partículas de fuligem, poeiras das estradas, resinas das árvores e industriais, manchas de asfalto e outros detritos agressivos continuarem aderidos à superfície do veículo, mais persistente será o seu efeito destruidor. Em temperaturas elevadas, devido, por exemplo, a uma exposição ao sol, o efeito corrosivo aumenta.

Na página da Breitkopf (2010) relata o alto poder de acidez das fezes dos pássaros são prejudiciais a pintura do carro, pois destroem o verniz, podendo manchar se não forem retirada na oportunidade mais breve possível. Depois de 12 horas a corrosão atinge a parte metálica.

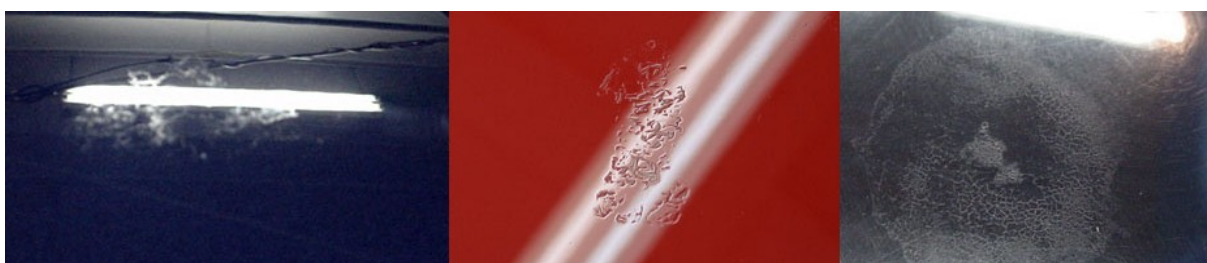


Figura 1.21 - Manchas na pintura de um veículo Fonte: (86JP, [2012])

Sal Santamaria, vice-presidente das Operações para o Controle de Pássaros em Paramus, New Jersey (EUA), comentou na página da PRAGAS ON-LINE ([ente 2008 e 2014]) que os dejetos dos pombos podem, além de causar problemas de saúde, danifica significativamente as estruturas como estradas, edifícios e pontes.

Santamaria retratou na PRAGAS ON-LINE ([ente 2008 e 2014]) que excrementos não limpos, aglomeram um sal, que a posteriori quando atingido por água, criam uma carga eletroquímica tornando-se dez vezes mais corrosivas do aço que no ambiente normal. Enquanto a estrutura não for limpa e repintada, a corrosão continuará agindo.

As fezes provocam a perda da cor de pinturas, corrosão de superfícies de alvenaria e metal, como a destruição de madeiras devido aos compostos químicos das secreções, como comentado por Borges (2007).

“Dentre os efeitos mais brandos, podemos citar os incômodos estéticos, causados pelo acúmulo de fezes em determinados locais, que também podem incomodar pelo cheiro que exalam. Importante ressaltar que muitas vezes o acúmulo de fezes está associado à disseminação de doenças, não tendo, nestes casos apenas efeitos estéticos. Outros efeitos negativos, relativamente brandos, são danos estruturais de pequena monta, como manchas e corrosão de estruturas metálicas, causados pela acidez das fezes das aves, e obstrução de sistemas de escoamento de água, como calhas em residências causadas geralmente pelo acúmulo de material utilizado pelas aves para a construção de ninhos. Estes efeitos também podem variar em grau de intensidade, e passarem a ser não tão brandos, e chegar a causar grandes prejuízos financeiros. No caso da construção de ninhos em forros de residências, pode ser causado um incômodo sonoro, que é relativamente brando, entretanto o acúmulo de fezes e de materiais para a construção dos ninhos nestes locais pode ter outras consequências.” (CMB, 2008).

1.1.2.2 - Chuva ácida

Explicado por Breilkopf (2010) em seu sítio que a chuva ácida é consequência consumo de combustíveis fósseis, mediante mistura de emissões poluentes com o vapor d'água, causando precipitações na forma de água com ácido nítrico. Seu pH é um dos mais baixos – entre 3 e 4, numa escala de 1 a 14, com o ácido de bateria está em torno de 1 a 2. Mancha a pintura e, no extremo, pode corroer o metal.



Figura 1.22 - Chuva ácida Fonte: (HOW STUFF WORKS, [2007]?)

As águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes, por isso a necessidade no controle do pH para que os carbonatos estejam equilibrados e não provoque nenhum dos dois resultados indesejados, conforme Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB apud Sandri (2010).

1.2 - JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

A degradação é um decurso natural e fatídico para todos os elementos constituintes de uma obra. O maior problema não é, portanto, que um material se estrague, mas quanto ele se desgasta e em que velocidade. A melhor maneira é quando a deterioração suceda em uma velocidade controlada, de modo que a estrutura conserve aceitável a funcionalidade da vida útil prevista, sem a necessidade de elevadas despesas de reparação. Caso a deterioração se acelere mais rápido do que a projetada para a estrutura necessitará de alguma forma de interferência para desempenhar a vida útil estimada.

Quanto mais cedo são detectados as falhas e defeitos das estruturas de aço,

menor será despesa de reparação. Por isso o monitoramento de inspeções preventivas são grandes auxiliares na vida útil da edificação. Verificando os problemas localizados na estrutura metálica e a urgência de se realizá-los, para priorizar os mais importantes para a edificação.

1.3 - OBJETIVOS

1.3.1 - Objetivo geral

Inspeccionar estruturas metálicas com a finalidade de determinar o estado de conservação das manifestações patológicas mais incipientes em apoios de fundações, pilares e vigas. Diagnosticar os problemas mais incidentes com a finalidade de propor diretrizes de projetos para evitar o aparecimento de manifestações patológicas nas edificações.

1.3.2 - Objetivo específico

Registrar com fotografias as manifestações patológicas mais incidentes. Comparar as especificações de projetos com o que foi realizado pelo autor da execução da obra. Ensaiar a espessura da camada de tinta das estruturas metálicas e propor, em caso de necessidade, o melhor sistema de revestimento para a proteção.

1.3.2.1 - Diagnóstico

Estudar a morfologia dos registros de corrosões aparentes e de fissuras de soldas por meio de fotografias para depois comparar com a bibliografia existente. Diagnosticar o estado das manifestações patológicas das estruturas metálicas em termos de corrosão metálica. Comparar as manifestações patológicas mais incidentes registradas com a bibliografia existente.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo o dicionário Aurélio antrópico significa: relativo ao ser humano ou à sua ação; que resulta de ação humana. Os ecologistas estão falando que esta era deveria se chamar antrópica, porque o homem globalizado está destruindo a natureza em uma escala nunca vista antes. Assim como a lei de Newton da ação e reação, a natureza devolve essa deterioração com produtos nocivos tanto à saúde do ser humano como para os bens produzidos, especialmente para as construções.

Inicialmente a destruição do ambiente pelo ser humano aconteceu por volta de três milhões de anos atrás. O homem pré-histórico, vivia em bandos e sobrevivia da caça e da coleta de plantas e frutas, desenvolveu uma nova forma de poluir o ar ao desenvolver como manusear o fogo. Mas, a partir da Revolução Industrial que o homem desencadeou uma deterioração mundial do meio ambiente.

A poluição proliferada nos centros urbanos atualmente são consequência, particularmente, da utilização de fontes fósseis tais como: carvão mineral e derivados do petróleo (gasolina e diesel). A combustão destas substâncias tem emanado uma enorme carga de monóxido e dióxido de carbono no meio ambiente. Estes dois combustíveis são fomentadores de produção de energia que abastece os âmbitos industrial, transportes e elétrico. Todos tendem a inflar-se com os desmedidos rumos econômicos mundiais.



Figura 2.1 - Poluição de uma fábrica

Fonte: (AMATO INSTITUTO DE MEDICINA AVANÇADA, 2012)



Figura 2.2 - Poluição de um veículo Fonte: (SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DA CIDADE DE MONTE ALTO, 2010)



Figura 2.3 - Poluição de um vulcão Fonte: (KIMURA, {2013?})

Os poluentes primários são os emitidos diretamente no meio ambiente pela causa que os originou (CO , CO_2 , SO_2 , NO , NO_2), a maioria dos hidrocarbonetos e a maioria dos materiais particulados) e os poluentes secundários são aqueles

compostos por reações químicas que ocorrem entre os poluentes primários e os componentes existentes no ar (SO_3 , H_2SO_4 , H_2O_2 , O_3 , PANs, NO^3 , SO_4^{2-} e a maioria dos sais). Figura 2.4 ilustrativa das emissões atmosféricas.

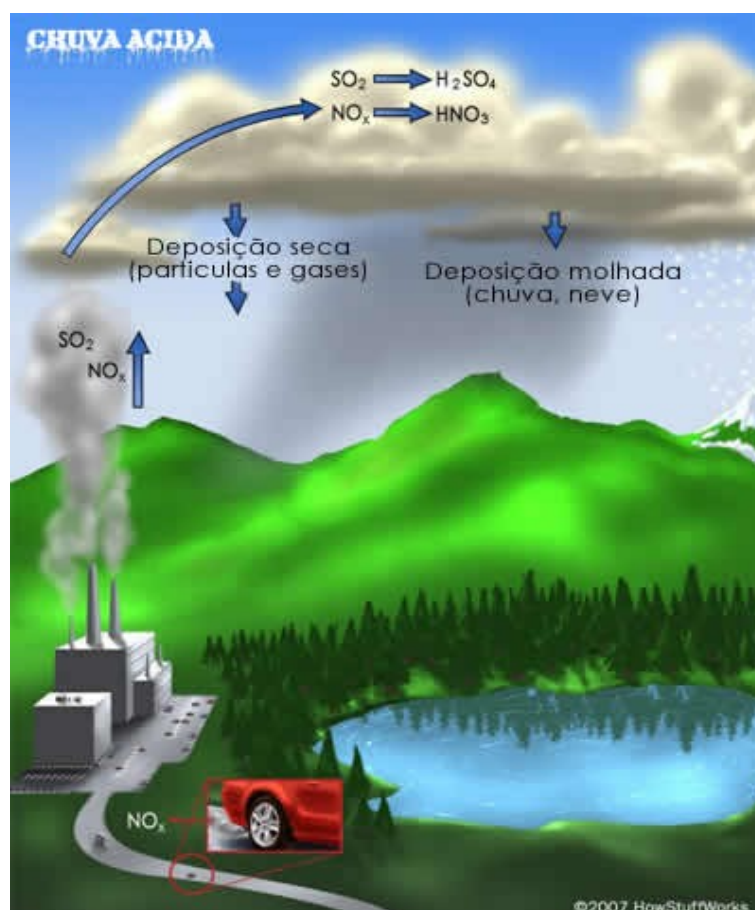


Figura 2.4 - As emissões na atmosfera Fonte: (HOW STUFF WORKS, [2007?])

A poluição natural são as emanações de gases acarretada por explosões vulcânicas, a putrefação de materiais orgânicos, o material particulado do solo levantado pelos ventos, a emanação de metano em lamaçais, os aerossóis marinhos, o surgimento de ozônio provocados por raios, os incêndios espontâneos em bosques e matas e os polens de plantas. Poluição do homem é produzido pela emissão de gases com materiais particulados por fábricas, veículos etc, lixo, radiação e outros tipos de ação do ser humano para atender as suas necessidades.

2.1 - POLUIÇÃO DE VEÍCULOS

Com os dados obtidos na página do DETRAN-GO foi feito um levantamento

da frota de veículos do município de Goiânia do ano de 1980 a 2014 e classificados por tipos de veículos, conforme tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Frota de veículos de Goiânia-GO Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS, 2014)

Tipo	1.980	1.985	1.990	1.995	2.000	2.005	2.014
Automóvel	3.855	51.897	81.441	120.626	182.064	255.167	604.535
Caminhão	210	3.848	5.534	8.511	12.083	15.743	27.389
Caminhão							
Trator	16	243	423	737	1.359	2.441	6.394
Caminhonete	223	4.060	7.543	17.094	26.274	37.011	98.173
Caminhoneta	289	4.731	6.914	6.521	8.408	11.635	36.695
Ciclomotor	4	30	48	65	154	626	5.068
Micro-ônibus	1	13	32	57	447	906	2.022
Motocicleta	331	11.089	21.172	37.582	64.376	100.840	223.199
Motoneta	146	1.881	2.500	3.068	8.648	18.119	48.903
Motor casa				2	5	9	37
Ônibus	115	855	1.165	1.565	2.160	3.072	6.314
Reboque	9	1.237	4.187	7.866	13.088	21.675	50.471
Semirreboque	19	962	1.573	2.189	3.008	4.768	9.752
Sidecar						6	11
Trator de rodas		3	4	7	8	8	66
Trator misto					1	1	2
Triciclo	2	21	29	27	33	98	302
Utilitário	1	10	13	27	83	328	9.086
Total geral	5.221	80.880	132.578	205.944	322.199	472.453	1.128.419

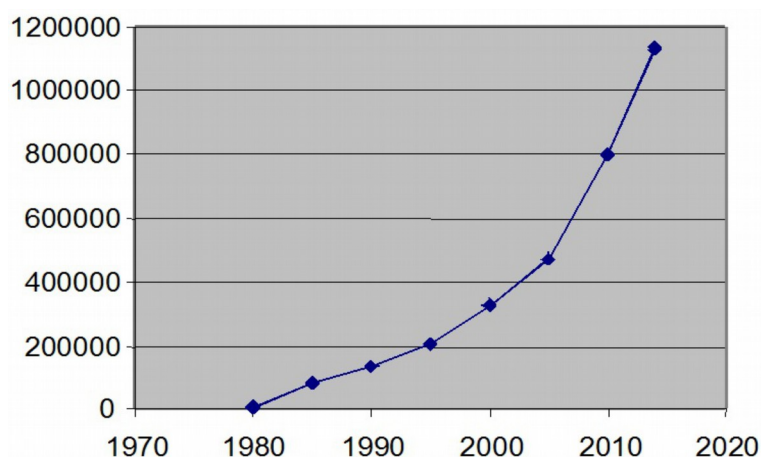


Figura 2.5 - Crescimento da frota em Goiânia Fonte: (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS, 2014)

2.1.1 - Fatores de Emissão

Dados obtidos por levantamentos e estatísticas realizadas pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, MCT, permitem auxiliar a obtenção aproximada de km e PMA de acordo com o ano de fabricação mostrado Tabela 4.2 que relaciona AF e PMA conforme os dados apresentados em seguida:

Tabela 2.2 - Relação entre AF (Ano de Fabricação) e PMA (Distância Anual Percorrida)

AF (Ano de Fabricação)	PMA (km)
Até 1979	8.000
1980 a 1988	10.000
1989 a 1991	13.500
1992 a 1996	15.800
1997 em diante	22.000

Tabela 2.3 - Fatores de Emissão Típicos com Base em Levantamentos do MCT

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO DE COMBUSTÍVEL g/teste
PRÉ - 80	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05	ND
80 - 83	Gasool	33	3	1,4	0,05	ND
	Álcool	18	1,6	1	0,16	ND
84 - 85	Gasool	28	2,4	1,6	0,05	23
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10
86 - 87	Gasool	22	2	1,9	0,04	23
	Álcool	16	1,6	1,8	0,11	10
88	Gasool	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10
89	Gasool	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (00%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-08%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasool	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (00%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasool	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
92	Gasool	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasool	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasool	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
95	Gasool	4,7(-83%)	0,6 (-75%)	0,6(-62%)	0,025(-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasool	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)

	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasool	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-89%)
98	Gasool	0,8 (-97%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,7 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,014 (-92%)	1,3 (-87%)
99	Gasool	0,7 (-98%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,6 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,013 (-93%)	1,6 (-84%)

(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção

(2) ND: não disponível

(%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.

(3) Gasool: 78% gasolina + 22% álcool.

2.1.2 - O inventário de emissões veiculares

Com os dados do inventário de emissão veicular do Ministério de Ciência e Tecnologia, MCT e os dados do DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS foram calculados segundo a seguinte equação:

$$E_p = F_{E_p} \times km \times N$$

Equação: 2.1

Onde, Murgel et al. (1987). apud Landmann ([ca. 2008]):

E_p = emissão do poluente considerado para a frota (ton/ano)

F_{E_p} = fator de emissão da frota para o poluente de interesse (g/km)

km = média geral da quilometragem rodada anualmente (km)

N = número de veículos da frota.

Tabela 2.4 - Simulação do inventário de emissões dos veículos

Tipo	1.980	1.985	1.990	1.995	2.000	2.005	2.014
Automóvel	3.855	51.897	81.441	120.626	182.064	255.167	604.535
Caminhão	210	3.848	5.534	8.511	12.083	15.743	27.389
Caminhão Trator	16	243	423	737	1.359	2.441	6.394
Caminhonete	223	4.060	7.543	17.094	26.274	37.011	98.173
Caminhoneta	289	4.731	6.914	6.521	8.408	11.635	36.695
Ciclomotor	4	30	48	65	154	626	5.068
Micro-ônibus	1	13	32	57	447	906	2.022
Motocicleta	331	11.089	21.172	37.582	64.376	100.840	223.199
Motoneta	146	1.881	2.500	3.068	8.648	18.119	48.903
Motor casa				2	5	9	37
Ônibus	115	855	1.165	1.565	2.160	3.072	6.314
Reboque	9	1.237	4.187	7.866	13.088	21.675	50.471
Semirreboque	19	962	1.573	2.189	3.008	4.768	9.752

Sidecar						6	11
Trator de rodas		3	4	7	8	8	66
Trator misto					1	1	2
Triciclo	2	21	29	27	33	98	302
Utilitário	1	10	13	27	83	328	9.086
Total geral	5.221	80.880	132.578	205.944	322.199	472.453	1.128.419

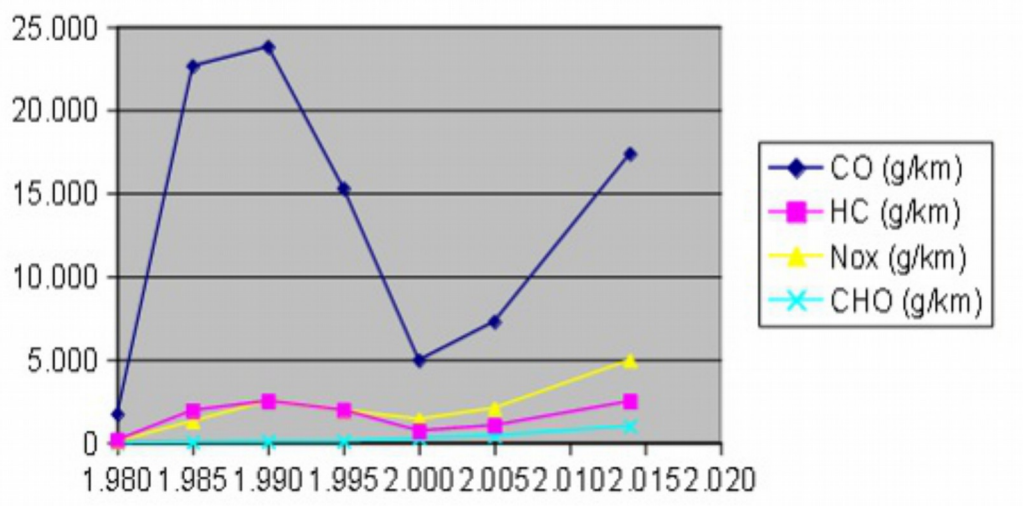


Figura 2.6 - Simulação do inventário de emissões dos veículos

Fonte: Autor

2.2 - PONTO DE ORVALHO

É a temperatura na qual a umidade existente no ar se concentra formando de pequenas gotas (chuva).

Caso a temperatura externa cair no decorrer da noite inferior ao ponto de orvalho indicará a possibilidade de orvalho ou geada. No caso de céu claro esta probabilidade aumenta, devido ao efeito de diminuição de temperatura motivado pela maior radiação em direção ao céu.



Figura 2.7 - Medição das temperaturas

Fonte: (BELLEI, 2006).

Fórmula de cálculo:

$$T_o = T - (14,55 + 0,114 \times T) \times [1 - (0,01 \times UR)] - \{(2,5 + 0,007 \times T) \times [1 - (0,01 \times UR)]\}^3 - (15,9 + 0,117 \times T) \times [1 - (0,01 \times UR)]^{14}$$

Equação: 2.2

T_o (°C): temperatura do ponto de orvalho

T (°C): Dada a Temperatura

UR (%): Umidade Relativa

Tabela 2.5 - Dados climatológicos para Goiânia

Mês	Dados climatológicos para Goiânia												Ano
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Temp. mx. Reg. (°C)	36,2	35,6	35,6	34,5	35,4	35,8	35,5	37,7	38,9	39,4	37,0	36,4	39,4
Temp. mx. Méd. (°C)	29,2	29,4	30,1	30,0	29,1	28,7	28,9	31,2	31,9	31,0	29,7	28,9	29,8
Temp. méd. (°C)	23,8	23,8	24,0	23,6	22,2	20,9	20,9	23,0	24,5	24,6	24,1	23,5	23,2
Temp. min. média (°C)	19,7	19,7	19,5	18,5	16,0	13,7	13,2	15,0	18,1	19,5	19,6	19,7	17,7
Temp. min. Reg. (°C)	9,1	14,7	14,0	11,2	5,7	3,5	2,6	6,1	10,4	12,1	14,4	12,9	2,6
Chuva (mm)	266,8	214,8	206,8	118,9	35,9	9,2	6,6	13,2	45,4	166,9	219,0	267,9	571,4
Dias c chuva (≥ 1 mm)	18,0	15,0	15,0	8,0	4,0	1,0	1,0	2,0	5,0	12,0	16,0	19,0	116,0
Umid. rel. (%)	75,0	76,0	74,0	71,0	65,0	60,0	53,0	47,0	53,0	65,0	73,0	76,0	65,7
Horas de sol	183,8	156,9	203,1	229,0	249,7	269,0	286,8	281,2	212,3	188,2	174,2	172,6	2 606,7
Pt. orv. (°C)	19,2	19,4	19,2	18,1	15,4	12,9	11,0	11,1	14,4	17,7	19,1	19,1	16,5

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia com adaptações

A figura 2.8 mostra o que acontece a um objeto que fica exposto ao ambiente durante um tempo prolongado do ciclo de molhagem e secagem. Durante o dia o material particulado sedimenta na superfície metálica formando uma camada de poeira, isso se não chover. À noite, quando atinge a temperatura de orvalho, o vapor de água que misturou aos gases poluentes condensa-se na face metálica formando o caldo primordial da corrosão.

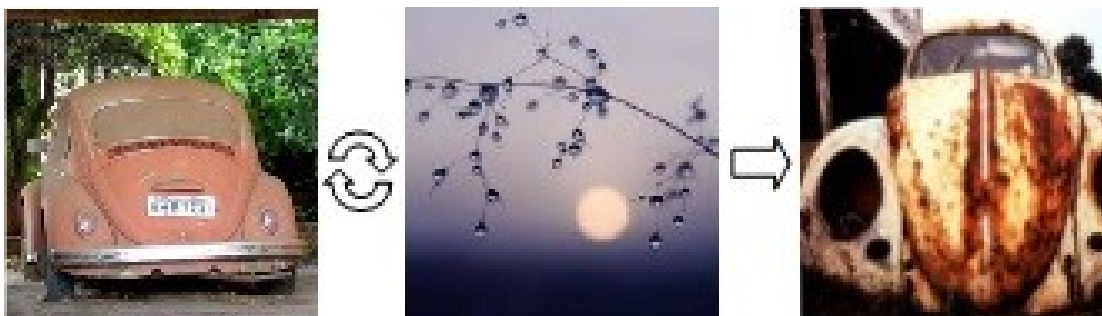


Figura 2.8 - Ciclo molhagem e secagem Fonte: Veículo empoeirado (IFRONTÉIRA, [201?]); Gotas de orvalho (RIBEIRO, 2010) e Veículo enferrujando

2.3 - INTERAÇÃO ATMOSFERA, UMIDADE E POLUIÇÃO

2.3.1 - Influência da Composição da Atmosfera no Processo de Corrosão

A corrosão atmosférica, explicado por Pannoni (2009) é a consequência da interação entre o metal e a atmosfera que o circunda. No momento nos quais são colocados à atmosfera e à temperatura ambiente, num local seco, a maioria dos metais inicia naturalmente um filme muito fino de óxidos sólidos. Caso o óxido é constante, o progresso de avanço interrompe depois de prazo delimitado, e o óxido alcança uma medida máxima de 1 a 5 nm. Todavia, as poluições atmosféricas podem transformar esta situação. Foi a pesquisa de Vernon que levou a corrosão atmosférica a ciência. Ele verificou que a rapidez da corrosão de vários multiplica drasticamente acima de um valor da umidade relativa – a chamada “umidade crítica”; Demonstrou também o efeito agilizador da mistura da umidade relativa com o SO₂ (dióxido de enxofre) sobre a aceleração da corrosão atmosférica de metais. Posteriormente outros ratificaram que os procedimentos eletroquímicos exercem função estrutural no metodologia; reverteu-se manifesto que a corrosão atmosférica dos metais abrange uma vasta quantidade de procedimentos eletroquímicos, químicos e físicos.

A umidade crítica é descrito por Kajimoto (1991) como a medida de umidade relativa acima da qual o metal principia a se deteriorar de forma notável. Em um certo ambiente, a umidade critica para um metal obedece das características higroscópicas dos efeitos da corrosão gerados. Diversas considerações mencionaram que tem um nexos fixado entre a agilidade de corrosão de um metal na

atmosfera e a frequência, no tempo, com que se chega essa umidade crítica. Este é o motivo pelo qual a corrosão é apressada em um clima úmido.

2.3.2 - A Atmosfera

Os constituintes da troposfera, dito por Pannoni (2009), é a porção da atmosfera mais perto do solo – são o o oxigênio (O_2), nitrogênio (N_2) e os gases raros (Kr, He, Ne e Xe). Estes gases abarcam mais de 99,9% em peso de todas as moléculas englobadas. No meio destes, o nitrogênio e os gases raros não denotam relevância na técnica de corrosão atmosférica, em virtude da sua inépcia em reagir com as áreas metálicas. O oxigênio é de basilar relevância, em virtude da sua integração na reação catódica e sua abrangência nas alterações químicas que acontecem na química da atmosfera. As demais ordens troposféricas que afetam no andamento da corrosão atmosférica são a água (H_2O) e o dióxido de carbono (CO_2).

Tabela 2.6 - Estimativa da quantidade de água existente sobre as superfícies metálicas.

Condição	Quantidade de água, g.m ²
Umidade relativa crítica	0,01
Umidade relativa de 100%	1
Coberta pelo orvalho	10
Molhada pela chuva	100

Fonte: (PANNONI, 2009)

A umidade relativa do ar determina de acordo Pannoni (2009) com a percentagem de umidade a partir da qual ocorrerá o fenômeno de condensação, necessária à formação de uma película de eletrólito sobre a superfície metálica. Esta condensação ocorre, a princípio, em umidades relativas de 100%, mas pode, sob certas condições, se manifestar sobre a superfície metálica a umidades inferiores. Isto ocorre particularmente quando a temperatura do metal é menor do que a temperatura do ar ambiente, quando a superfície é porosa (causada pelo fenômeno da tensão superficial, que abaixa a pressão de saturação dentro do poro), ou quando a superfície contém depósitos de sais.

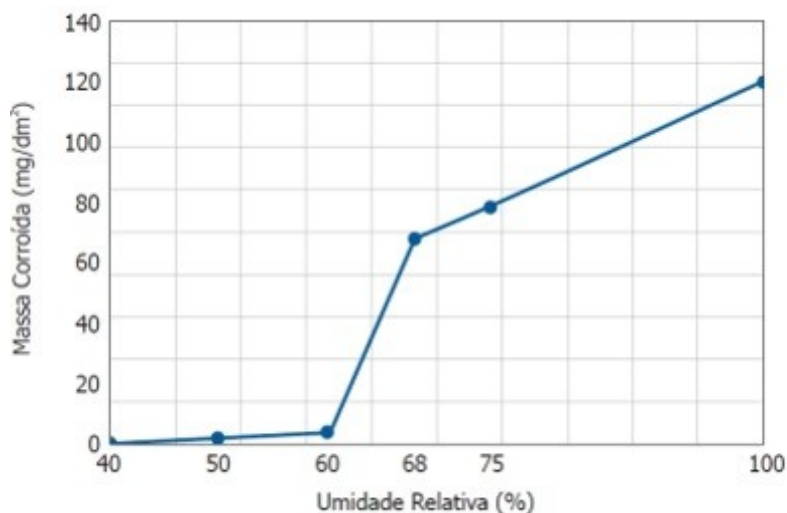


Figura 2.9 - Umidade relativa e a corrosão atmosférica Fonte: (PANNONI, 2009)

Os outros constituintes de importância na corrosão atmosférica estão presentes na forma de gases, de modo geral em concentrações menores do que 10 ppm; estes incluem O_3 , SO_2 , H_2S , NO_2 , HNO_3 , NH_3 , HCl e $HCOOH$ (PANNONI, 2009).

2.3.3 - Camadas condensadas

2.3.3.1 - Orvalho.

O surgimento de orvalho acontece na ocasião em que a temperatura da superfície metálica está inferior ao ponto de orvalho da atmosfera. Isto pode acontecer em locais externos, no decorso de uma noite, quando a temperatura da superfície pode diminuir através da transmissão de calor entre a estrutura metálica e o ambiente. Outro argumento para a indução do orvalho pode ser localizada no aparecimento das manhãs, no momento em que a temperatura do ar sobe com mais agilidade que a temperatura do metal. O orvalho é considerado uma causa muito importante da corrosão, especialmente sob condições de abrigo. A quantidade de água sobre uma superfície coberta pelo orvalho é de aproximadamente 10 g.m^2 , que é consideravelmente maior do que aquela observada em camadas de adsorção. Os períodos de orvalho são considerados muito agressivos, pois o efeito benéfico da

lavagem da superfície, ocasionada pela chuva, em geral, não acontece (PANNONI, 2009). O orvalho igualmente pode se constituir no decorrer da armazenagem em lugares fechados, mais quente do que o exterior (frio) permanecer ao longo do transporte. Um fator que contribui à alta corrosividade do orvalho pode ser a grande quantidade de contaminantes atmosféricos nele presentes; orvalhos muito ácidos ($\text{pH} < 3$) tem sido encontrados em atmosferas industriais muito poluídas. Explicado por Pannoni (2009).

2.3.3.2 - Chuva

Segundo Pannoni (2009), a chuva produz filmes ainda mais grossos que aqueles criados pelo orvalho. A precipitação na forma de chuva afeta a corrosão através da deposição de uma camada macroscópica de água sobre a superfície e também pela adição de agentes estimuladores solúveis, como o SO_2 . Em oposição, a chuva lava os poluentes depositados durante a fase seca anterior – o que diminui a velocidade do ataque. É fato relativamente comum observarmos, em corpos de prova submetidos à atmosfera, que o lado voltado à atmosfera se encontra em condições muito melhores do que a face voltada para o solo – onde a lavagem pelas águas de chuva não acontece.

2.3.4 - Medida do Tempo de Umedecimento.

O tempo de umedecimento assemelha ao prazo ao longo do qual a superfície metálica está espalhada por um filme de água, oportunizando o seguimento da corrosão. Este parâmetro varia com as circunstâncias climáticas locais (duração e frequência das chuvas, orvalho, neblina, umidade relativa da atmosfera, temperatura do ar e da superfície metálica, velocidade dos ventos, horas de insolação, etc.). Para fins práticos, o tempo de umedecimento é determinado com base em medidas meteorológicas de temperatura e de umidade relativa. Ele corresponde ao período de tempo transcorrido anualmente (em horas), em que a umidade relativa é $> 80\%$, e a temperatura é $> 0\text{ }^\circ\text{C}$. Citado por Pannoni (2009).

2.4 - A NATUREZA ELETROQUÍMICA DA CORROSÃO EM MEIO AQUOSO.

Uma de suas experiências clássicas, que ilustra de forma bem clara as reações eletroquímicas envolvidas no processo de corrosão do aço carbono, é a da gota salina. Nesta experiência, uma gota de uma solução NaCl 3% é vertida sobre uma superfície finamente lixada de aço carbono. A solução também contém uma pequena quantidade do indicador ferricianeto de potássio, que se torna azul em presença de íons ferrosos (azul da Prússia), e do indicador fenolftaleína, que se torna rosa na presença de hidroxilas (OH^-). Olhando a gota por cima, observa-se, no início, o aparecimento de pequenas áreas tanto de coloração azul como rosa, distribuídas ao acaso sobre a superfície do aço (distribuição primária). A figura 2.10, descrita abaixo, ilustra o fenômeno. Passado certo tempo, no entanto, a distribuição dessas áreas altera-se, ficando a área rosa na periferia da gota, a área azul no centro e, aparecendo entre as duas áreas, um precipitado de coloração marrom (distribuição secundária). Relatado por Pannoni (2009)

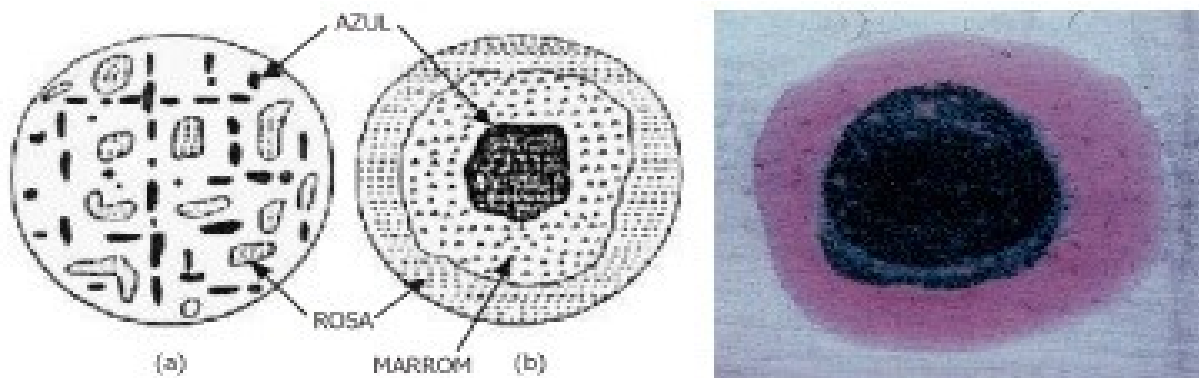


Figura 2.10 - Experiência da gota salina colorida (GENTIL, 2014)

Fonte: Preto e branco (PANNONI, 2009) e

2.5 - CORROSÃO

Num aspecto muito difundido e aceito universalmente definido por Gentil (2014) corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação de química ou eletroquímica do meio ambiente associado ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis sofridas pelo

material, tais como o desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso.

Tendo como exemplo a ferrugem, substância de cor marrom-avermelhada que surge em superfícies que tem o ferro como constituinte. Essas corrosões fazem partes direta ou indiretamente no cotidiano, pois podem ocorrer em grades, automóveis, eletrodomésticos e instalações industriais.

As corrosões causam grandes prejuízos financeiros, pois danificam às pontes, estruturas de edifícios, carros, navios, etc, destruindo a utilidade de tais bens e desta maneira, cria a necessidade da indústria produção de mais desses metais para a reposição dos que foram avariados. Ainda fomentam desastres e perecimento de pessoas provocadas por poluição e diminuição de segurança dos dispositivos.

Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins que se destinam. No seu uso esse fenômeno assume uma importância transcendental na vida moderna, que não pode prescindir dos metais e suas ligas (GENTIL, 2014).

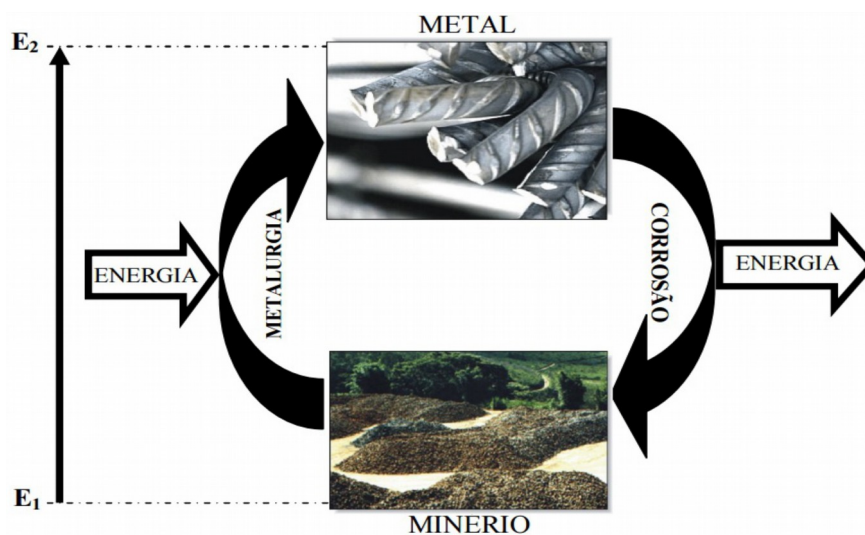


Figura 2.11 - Representação genérica do ciclo dos metais Fonte: (MOURA, 2009).

Lopes (2009) declara que a formação de corrosão desenvolve-se na superfície e interfaces do material, uma vez que é esta parte do material que está

exposta ao meio. Para ocorrerem as reações de corrosão é necessário que o meio seja suficiente oxidante. O material ao sofrer reações de corrosão transforma-se em óxidos, atuando alguns desses óxidos como uma barreira, retardando o avanço da corrosão para o restante material. Esta barreira é denominada de camada de passivação.

2.5.1 - Corrosão eletroquímica

As reações de corrosão são na sua maioria de natureza eletroquímica, ocorrendo simultaneamente e de forma espontânea duas ou mais reações diferentes. Nas reações eletroquímicas ocorre uma transferência de elétrons, estes são cedidos em determinada região e recebidos noutra. No conjunto das reações eletroquímicas existe pelo menos uma de natureza anódica (oxidação) e outra de natureza catódica (redução). Na reação anódica o metal cede elétrons que serão consumidos na reação catódica. Contado por Lopes (2009).

A primeira pilha que surgiu, narrado por Fogaça ([20--?]), foi concebida por Alessandro Volta (1745-1827) em 1800. Como se pode ver na figura 2.12, ela era organizada por placas metálicas de zinco e de cobre entremeadas e afastadas por um algodão contendo uma solução eletrolítica que carregava a corrente elétrica entre as placas, isto é, orientava os elétrons cedidos pelo zinco até o cobre. Toda placa era um eletrodo e cada composição de duas lâminas alternadas e o algodão era denominado de célula ou cela eletrolítica.

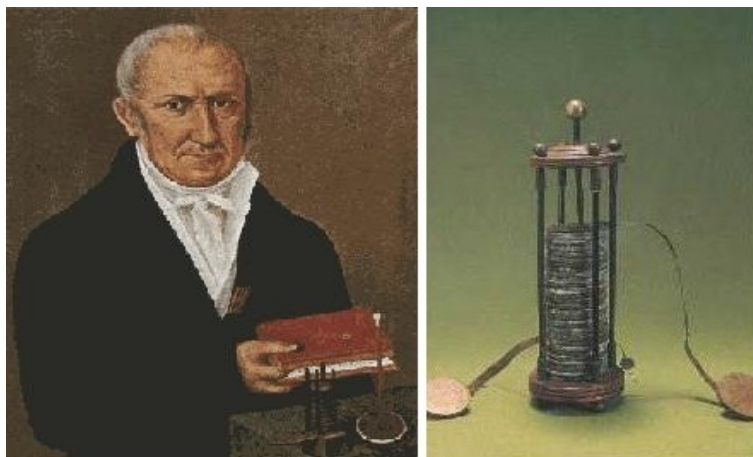


Figura 2.12 - Pilha de Alessandro Volta

Fonte: (HERMINI, [20--?])

A primeira pilha, contada, por Fontes et al (2012), apta de conservar a corrente elétrica constante num tempo suficientemente extenso, foi desenvolvida 1836 por John Frederic Daniell (1790 – 1845), a pilha de Daniell (figura 2.13) era composição de uma reservatório permeável de barro comportando uma solução de sulfato de zinco mergulhado em um receptáculo de vidro acomodando uma solução de sulfato de cobre uma lâmina de zinco é mergulhada na solução do seu sal correspondente, o mesmo é feito com uma placa de cobre, fios são ligados aos metais, este sistema é nomeado célula.



Figura 2.13 - A pilha de Daniell Fonte: (FONTES et al, 2012)

Nicolini e Stona (2010), explicam que embora os elétrons não tivessem ainda sido descobertos. Daniell teve a percepção de que poderia arranjar a reação para realizar trabalho, fazendo a separação das semi-reações de oxidação e de redução em sua célula. A reação química é a mesma, mas os reagentes estão separados por uma vasilha porosa. Para que os elétrons passem dos átomos de zinco para os íons Cu^{2+} , eles devem passar através de um circuito externo (o fio e a lâmpada); e à medida que eles vão de um eletrodo ao outro, podem ser usados para realizar trabalho acendendo a lâmpada. Na célula de Daniel, as soluções de sulfato de zinco e de sulfato de cobre II se encontram dentro da barreira porosa para completar o circuito. Entretanto, quando íons diferentes misturam-se, isto afeta a voltagem medida de variadas maneiras, que são difíceis de medir. Para prevenir a mistura das soluções, os químicos usam ponte salina para unir os dois compartimentos de eletrodo e completam assim o circuito elétrico. Uma ponte salina típica consiste de um gel contendo uma solução salina aquosa concentrada em tubo em forma de

ponte. A ponte permite o fluxo de íons, e assim completa o circuito elétrico, mas são íons que não afetam a reação da célula (KCl).

A pilha de corrosão eletroquímica constitui-se de quatro elementos fundamentais, conforme mostrado na Figura 2.14: área anódica: superfície onde ocorre o desgaste (reações de oxidação); área catódica: superfície onde não há desgaste (reações de redução); Eletrólito: solução condutora que envolve simultaneamente as áreas anódicas e catódicas; Ligação elétrica: entre as áreas anódicas e catódicas.

Na figura 2.14 foram considerados dois metais distintos. Entretanto, quando se por exemplo, nota-se que, mesmo sem estar ligada a outro material mais nobre, ela sofre corrosão. Este fenômeno é devido à presença de pilhas localizadas de corrosão na superfície do aço (DUTRA & NUNES, 1991).

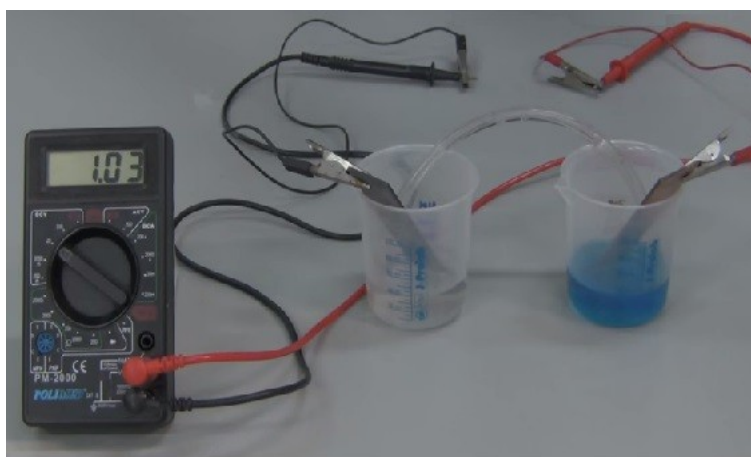


Figura 2.14 - Pilha de corrosão eletroquímica Fonte: (VIEIRA, 2012)

Na maioria dos casos, a corrosão dá-se num ambiente úmido (UR superior a 60%), sendo os produtos da corrosão solúveis. A destruição pode ser concentrada em áreas adjacentes a um metal mais nobre, ou em pontos onde há menos oxigênio. Esta corrosão é eletroquímica: o metal imerso num líquido condutor tem áreas de maior resistência elétrica que outras (célula de corrosão) (NEVES & SILVA, [ca. 2006]).

O aparecimento destas pilhas de corrosão está diretamente ligado a fatores pertinentes ao metal e a fatores pertinentes ao eletrólito. Todos esses fatores traduzem heterogeneidades no sistema. Dentre as heterogeneidades ligadas à superfície do material metálico, capazes de gerar pilhas de corrosão, destacam-se: variações na composição química, presença de inclusões, concentração de tensões,

variação na temperatura, contornos de grãos e variações no tamanho de grão . As principais heterogeneidades do eletrólito responsáveis por estas pilhas são: variações na concentração, variações no grau de aeração, variações na temperatura, variações no grau de agitação e variações na resistividade elétrica (DUTRA & NUNES, 1991).

A distância que a corrente elétrica percorre numa reação eletroquímica pode variar bastante, desde uma dimensão da ordem de um tamanho de grão (mícrons), como no caso da dissolução de um metal em solução ácida, até quilômetros de distância, como no caso da corrosão por correntes de fuga de tubulações enterradas nas vizinhanças de uma estrada de ferro eletrificada (WOLINEC, 2013).

As pilhas de corrosão podem ser grupadas em macropilhas, geralmente associadas às heterogeneidades do eletrólito e micropilhas, em geral associadas às heterogeneidades da superfície metálica (DUTRA & NUNES, 1991).

Pilhas de ação local: estas pilhas são provavelmente as mais frequentes na natureza, elas aparecem em um mesmo metal devido a heterogeneidades diversas, decorrentes de composição química, textura do material, tensões internas, dentre outras. As causas determinantes da pilha de ação local são:

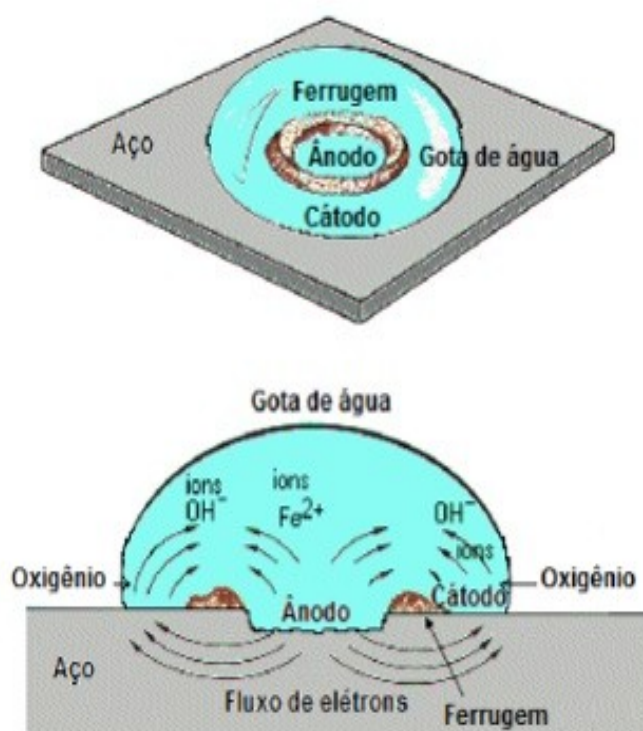
2.5.1.1 - Diferenças de concentração

Ocorre devido à diferenças de concentração de íons em solução ou gases dissolvidos. Pode ocorrer para um mesmo material ou peça sujeito, por exemplo, a aeração diferencial. (CASTRO, 1999). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução diluída e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais concentrada.

Pilha de corrosão formada pelo mesmo material e mesmo eletrólito, porém com teores de gases dissolvidos diferentes (pilha de concentração), É também chamada de corrosão por aeração diferenciada. Observa-se que quando o oxigênio do ar tem acesso à superfície úmida do metal a corrosão aumenta, sendo MAIS INTENSA NA PARTE COM DEFICIÊNCIA EM OXIGÊNIO (região anódica). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução com menos oxigenação e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais aerada.



Figura 2.15 – Exemplos de aeração [2015?]



Fonte: pregos (SALES, 2003); gota (ENGLAND, [2015?])

2.5.1.2 - Materiais de diferentes épocas de fabricação

Com o passar dos anos novas tecnologias e produtos metálicos vão surgindo, de modo que as características destes produtos se tornam diferentes das de seus antecessores. Portanto os potenciais destes novos produtos, por vários motivos, são diferentes, ocasionando então uma ddp entre eles. (CASTRO, 1999). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO o material que tiver a fabricação mais nova e CATODO o material que tiver a fabricação mais antiga.

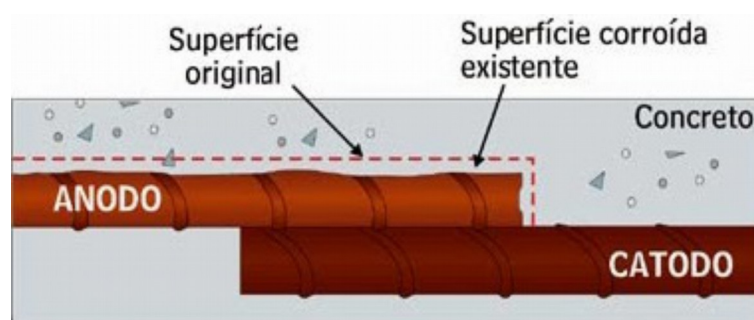


Figura 2.16- Corrosão de aço novo em contato com aço velho (FERREIRA, 2013)

Fonte : (FERREIRA, 2013)

2.5.1.3 - Tubulação Nova e Tubulação Velha

Uma condição bastante semelhante à da corrosão de metais dissimilares ocorre quando uma nova tubulação de aço é inserida numa tubulação velha - usualmente em decorrência de substituição por corrosão. O novo trecho de tubulação é exposto às mesmas condições de solo (de corrosão); assim, seria lógico supor que o trecho de tubulação nova deveria ter uma vida útil igual à da tubulação antiga. Entretanto, esta nova tubulação falhará muito antes que o esperado. Uma conclusão comum do instalador é que “Não se fabricam mais tubulações como antigamente”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]) Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: tubulação nova e CATODO: tubulação velha.

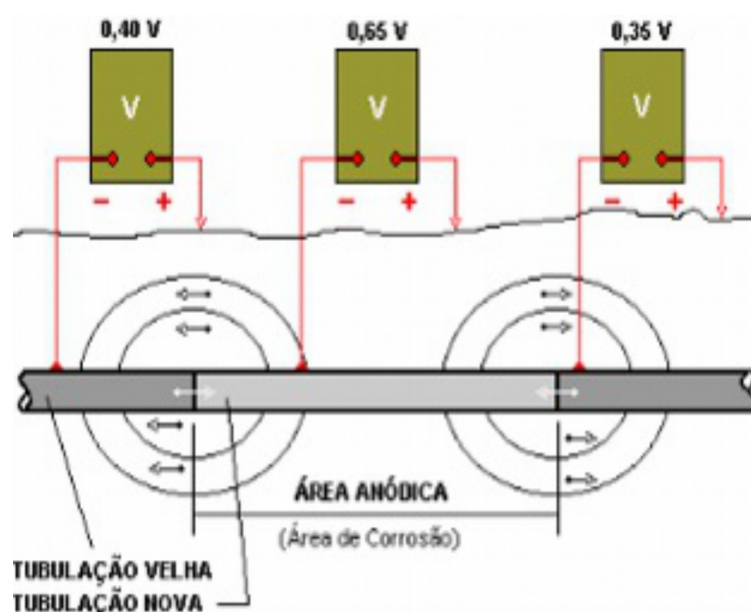


Figura 2.17 - Corrosão de aço novo em contato com aço velho Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013])

Na realidade, o caso é uma simples aplicação da tabela de série galvânica prática da Tabela 2.7, que mostra que o potencial de uma tubulação nova é diferente do de uma tubulação velha e enferrujada. Logo, o aço novo é anódico e é corroído (Figura 2.16). Uma condição corrosiva semelhante ocorre durante trabalhos de manutenção num sistema de tubulação existente, quando ferramentas podem cortar

e expor uma área tubulação ficando esta no estado de “metal branco”. Estas áreas “limpas” serão anódicas e podem resultar numa corrosão agravada em solos de baixa resistividade. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013])

Tabela 2.7 - Série Galvânica Prática Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013])

METAL	VOLTS(*)
Magnésio comercial puro	-1.75
Liga de Magnésio (6% Al, 3% Zn, 0.15% Mn)	-1.60
Zinco	-1.10
Liga de Alumínio (5% Zn)	-1.05
Alumínio comercial puro	-0.80
Aço acalmado (limpo e brilhante)	-0.5 a -0.8
Aço acalmado (enferrujado)	-0.4 a -0.55
Aço fundido (não grafitado)	-0.50
Chumbo	-0.50
Aço acalmado em concreto	-0.20
Cobre, Latão e Bronze	-0.20
Camada Moída sobre aço	-0.20

2.5.1.4 - Corrosão devido a contato com material absorvente

Este é um tipo de especial de corrosão localizada, que ocorre devido a efeitos de aeração artificial, geralmente, quando um material absorvente como papel, tecido, madeira e outro se está em contato com uma superfície metálica que se torna periodicamente umedecida. Nenhuma corrosão é observada quando o sistema inteiro está seco ou completamente molhado. Entretanto, quando o sistema é molhado e então atravessa um estágio de secagem, devido a aeração diferencial ocorre a formação de pites (RAMANATHAN, [ca. 2001]). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução diluída e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais concentrada.

2.5.1.5 - Corrosão resultante de Solos Dissimilares

De forma muito similar como as células de corrosão podem se estabelecer em metais heterogêneos, uma tubulação de aço atravessando solos heterogêneos pode estabelecer células de corrosão (Figura 4.17). O potencial "natural" (ou meia-célula) de um metal em relação ao seu ambiente, pode variar com as diferenças na composição do eletrólito. Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução diluída e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais concentrada.

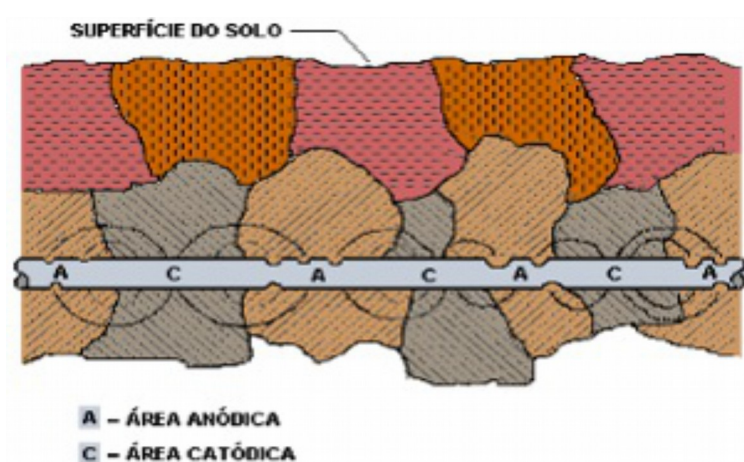


Figura 2.18 - Corrosão causada pela mistura de diversos solos. Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013])

2.5.1.6 - Corrosão do aço em contato com o concreto

Um caso clássico de solos dissimilares envolve aço no solo versus aço no concreto (Figura 2.19). O ambiente eletrolítico do concreto (usualmente umidade e alto pH) é totalmente diferente do ambiente do solo usual circunvizinho, resultando em diferenças significativas no aço em relação ao potencial do ambiente. Em regra teremos o aço no solo como anódico em relação ao aço embutido no concreto. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013]). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução diluída e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais concentrada.

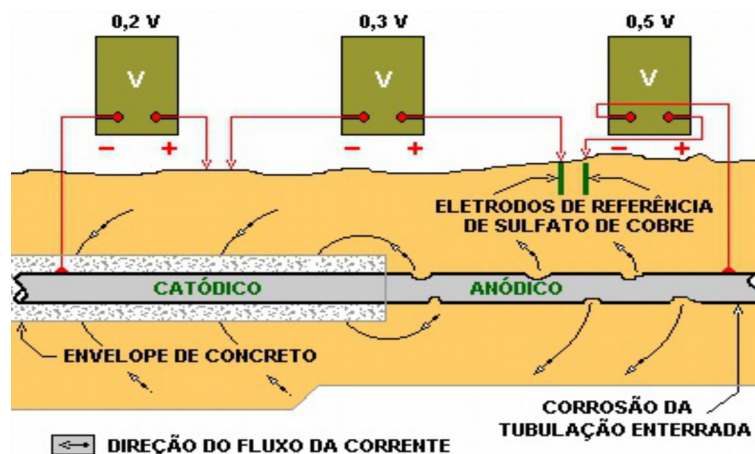


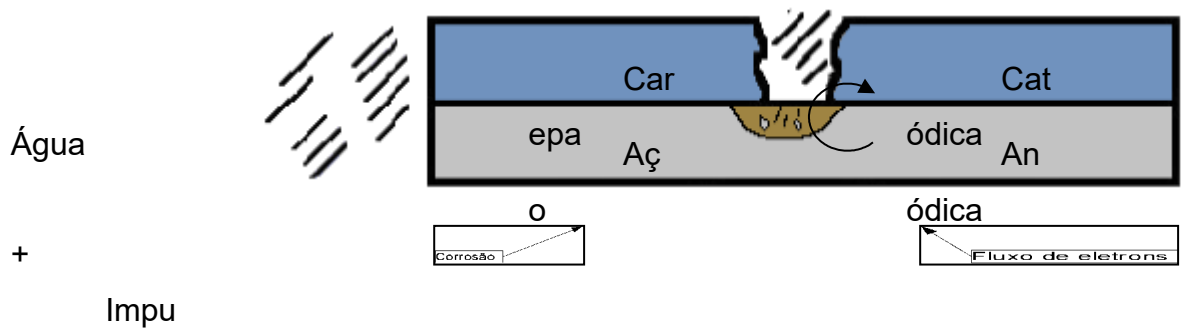
Figura 2.19 - Corrosão do aço em contato com o concreto. Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2013])

No caso de tubulações galvanizadas, temos o zinco conectado eletricamente ao aço no eletrólito solo. Se o revestimento de zinco for danificado, deixando o aço exposto ao eletrólito solo, a Tabela 2.7 nos mostra que o zinco, o metal mais ativo, irá atuar como anodo e que será corroído e consumido enquanto o aço (catodo) se mantém livre da corrosão durante o tempo em que o zinco permanecer atuando como anodo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [201?]). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução diluída e CATODO: o material mais ativo na solução menos ativo.

2.5.1.7 - Inclusões, segregações, bolhas e trincas

Compostos normalmente presentes em metais comerciais e impurezas que surgem por ocasião do resfriamento funcionam como microcátodos no retículo cristalino, provocando corrosão localizada nos pontos de incrustação. (CASTRO, 1999) Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver mais impurezas e CATODO: o material que tiver mais metal puro.

Bolhas e trincas, pelo fato de poderem armazenar água em seu interior, criam condições para o surgimento de corrosão por concentração ou aeração diferencial. Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver imerso na solução com menos oxigenação e CATODO: o material que tiver imerso na solução mais aerada. (CASTRO, 1999)



rezas
Figura 2.20 - Bolhas e trincas Fonte: (NEVES & SILVA, [ca. 2006])

2.5.1.8 - Diferença no tamanho e no contorno dos grãos

Durante sua fabricação, ao se solidificar, o metal forma agrupamentos cristalinos chamados grãos. Estes grãos podem possuir diversos tamanhos e orientações que influem no potencial de cada um. Grãos menores funcionam como ânodos enquanto que os maiores como cátodos. Já a região de contorno dos grãos apresenta imperfeições no retículo cristalino em relação ao interior do grão. Geralmente esta região funciona como ânodo em relação ao interior do grão. (CASTRO, 1999). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver mais grãos pequenos e CATODO: o material que tiver mais grãos maiores.

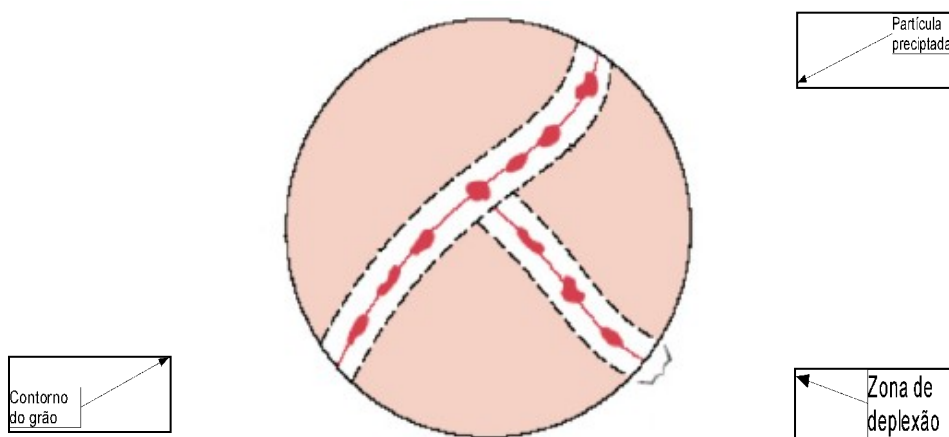


Figura 2.21 - Corrosão Intergranular Fonte: (Pinto, 2013)

2.5.1.9 - Tratamentos térmicos diferentes

Se um metal sofre um processo de aquecimento localizado, tal como solda ou

cutagem por maçarico, aquela região aquecida pode apresentar potencial diferente do resto. (CASTRO, 1999)

Normalmente a região aquecida passa a funcionar como ânodo enquanto que o resto do metal como cátodo. Na solda, a região que funciona como ânodo não é a do cordão e sim a do entorno do cordão, conhecida como zona termicamente afetada (ZTA), já que o metal de solda normalmente é mais nobre do que o metal base. (Alvisi, 2007). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material em torno do cordão da solda e CATODO: o resto do material do metal.

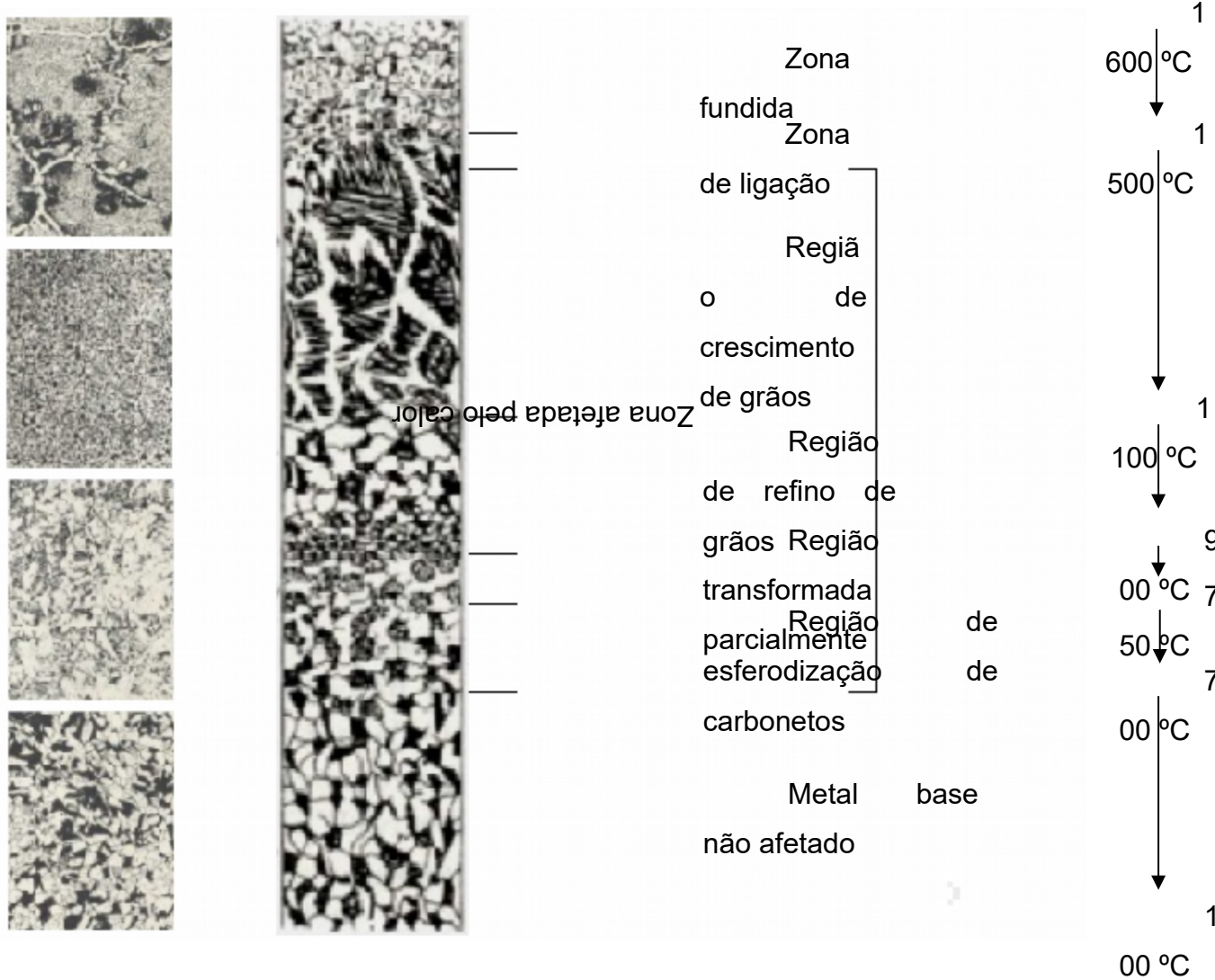


Figura 2.22 - Zona termicamente alterada – ZTA

Fonte: (ALVISI, 2007)

2.5.1.10 - Polimento diferencial

Metais com diferença de rugosidade em sua superfície apresentam também diferentes potenciais. Quanto maior o polimento, maior será o seu potencial, funcionando a superfície mais rugosa como ânodo. (CASTRO, 1999)

Cordões de solda desuniformes e lixamento ou jateamento muito pesado resultarão em superfícies rugosas. Uma superfície rugosa coleta depósitos mais facilmente, dessa forma aumentando o risco tanto da corrosão como da contaminação do produto. Lixamento pesado também introduz fadiga de alta-tensão, o que aumenta o risco de quebra de corrosão por fadiga e corrosão por pitting. Há um máximo permitido de rugosidade de superfície (valor-Ra) para muitas aplicações, e métodos de fabricação que resultam em superfícies rugosas devem geralmente serem evitados (MORELLATO, [ca. 2009]). Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver a superfície mais rugosa e CATODO: o material que tiver a superfície mais lisa.

A Figura 2.23 mostra que uma sucessão de vales e picos de aproximadamente 4 μm de tamanho esconde com sucesso contaminação por bactéria, as quais são tipicamente 0,5 μm - 1 μm de diâmetro. Este perfil seria comparável àquele encontrado em uma superfície de aço inox não polida. Por comparação, o perfil de uma superfície eletropolida de aço inox com um Ra menor que 0,2 μm permitiria que a contaminação por bactéria fosse removida durante os ciclos de limpeza ou esterilização. (HUMMA, [ca. 2008])

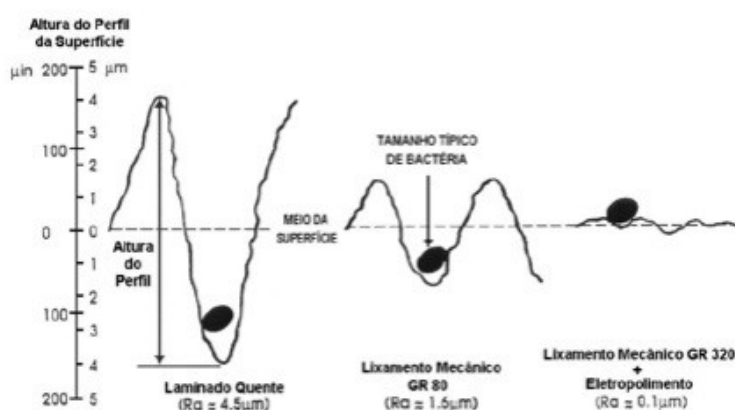


Figura 2.23 - Polimento diferencial Fonte: (HUMMA, [ca. 2008])

2.5.1.11 - Estados diferentes de tensões

As regiões tensionadas do metal apresentam um potencial diferente das demais, funcionando normalmente como ânodo em relação ao restante do elemento. (CASTRO, 1999) Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver a região mais tensionada e CATODO: o material que tiver a região menos tensionada.

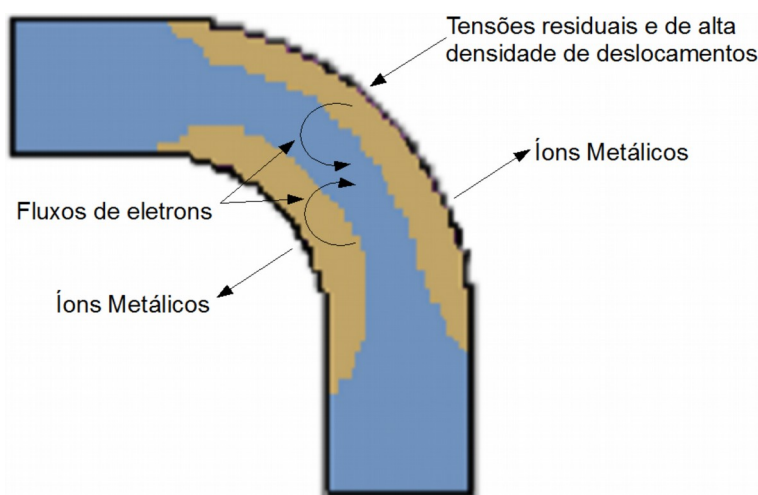


Figura 2.24 - Corrosão por tensão Fonte: (COSTA, [20--?])

2.5.1.12 - Diferenças de temperatura e de iluminação

Diferenças de temperatura podem provocar um tipo de pilha conhecida como termogalvânica. A região anódica se localiza onde a temperatura for mais alta, enquanto que a catódica na mais baixa. Normalmente esta diferença de temperatura surge devido à diferença de temperatura existente no próprio eletrólito. Já a iluminação faz com que a região iluminada funcione como cátodo, enquanto que a região de sombra como ânodo. (CASTRO, 1999) Dependendo das condições de trabalho, funcionará como: ANODO: o material que tiver a região mais quente e CATODO: o material que tiver a região mais fria.

2.5.1.13 - Agitação Diferencial

Quando um material metálico está em contato com solução eletrolítica com regiões diferentemente agitadas, podem ocorrer correntes de corrosão. Se o oxigênio estiver presente, a agitação intensifica seu contato com a superfície metálica. No ferro e alumínio prevalece o efeito de aeração diferencial, pois manifestam como áreas anódicas as que estão em contato com o líquido não agitado. O cobre comporta-se inversamente. (UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA, [entre 2002 e 2013])

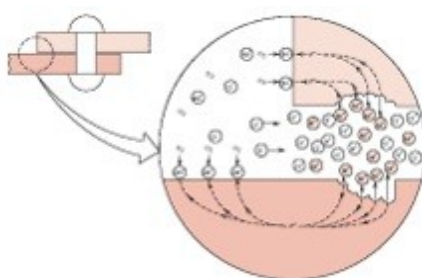


Figura 2.25 - Corrosão em Frestas (diferença de concentração)

Fonte: (Pinto, 2013)

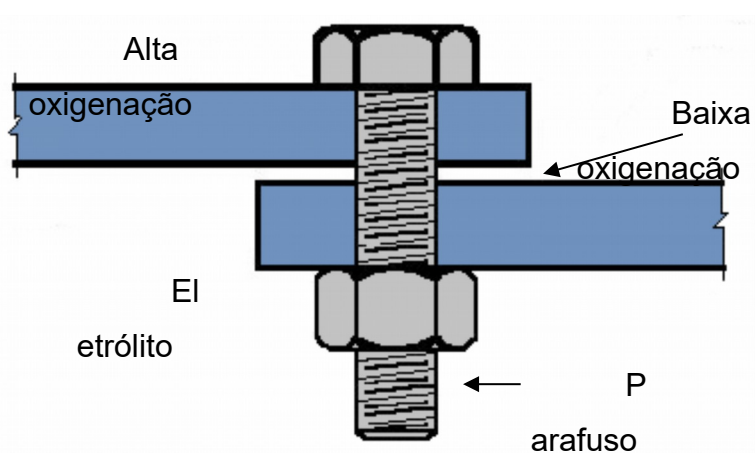


Figura 2.26 - Corrosão por frestas

Fonte: (NEVES & SILVA, [ca. 2006])

2.6 - ALGUNS CASOS ESPECIAIS DE CORROSÃO

2.6.1 - Os danos à edificação

Segundo ZAPLA et al (2008) nas edificações que permitem a instalação de estruturas metálicas para suporte de publicidade nas suas empenas e fachadas, sem nenhum detalhamento construtivo que assegure o não comprometimento das partes da edificação utilizada para tal finalidade. Propiciam por este procedimento

desde a fissuração em volta do parafuso de ancoragem até soltar o revestimento reboco/emboço por consequência de infiltrações que enfraquece o concreto, devido a dissolução da pasta de cimento portland, variação térmica e/ou a separação do concreto devido à atividade dos produtos de corrosão originados no interior da estrutura superficial que serve na maioria das vezes, de fixação do parafuso de sustentação da estrutura metálica, figura 2.27.

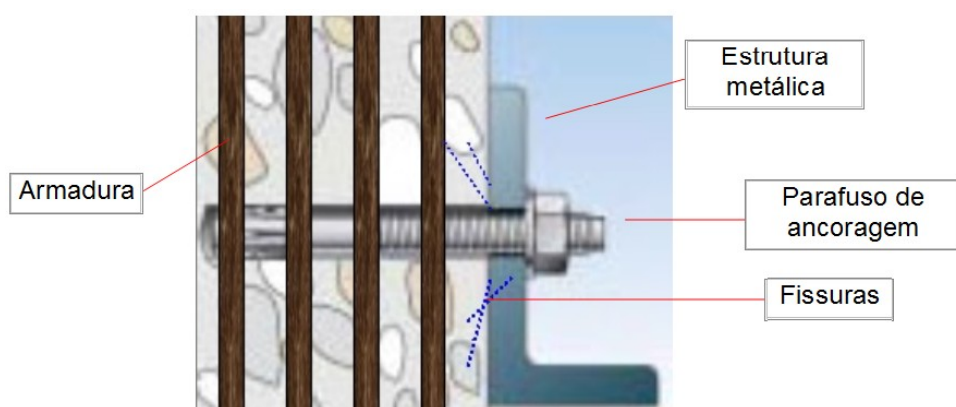


Figura 2.27 -

Esquema ancoragem estrutura Fonte: (ZAPLA et al, 2008)



Figura 2.28 - Empena, após a remoção da publicidade com vários pites de corrosão Fonte: (ZAPLA et al, 2008)

2.6.2 - Biofilmes

DREESZEN (2003) declara que biofilmes são um agrupamento de micro-organismos envoltos pela lama que expelem ácidos, associados tanto em uma superfície inerte como viva. Está em todo lugar que a superfície entra em contato com água tal como a placa em seu dente, o lodo escorregadio em pedras de rios, e o filme como gel dentro de vasos de flores que ficaram durante uma semana.

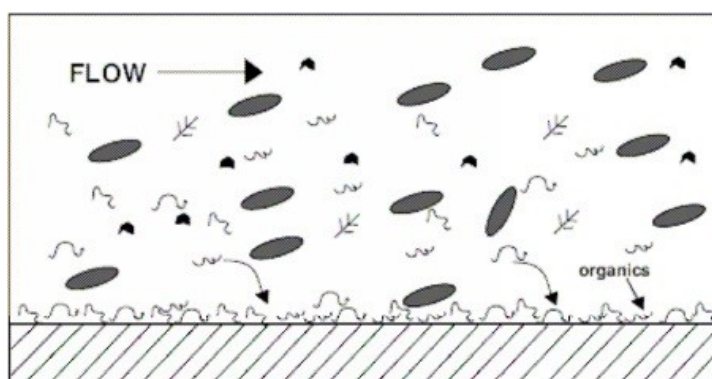


Figura 2.29 - Adsorção de moléculas orgânicas Fonte: Characklis apud DREESZEN (2003)

2.6.3 - “Célula de Lasanha”

Conforme WIKIPEDIA ([2014?]), uma “célula de lasanha” é casualmente gerada no momento em que os alimentos salgados, por exemplo a lasanha, são mantidos em uma assadeira de aço e é coberto com papel-alumínio. Após algumas horas evoluem, na folha, pequenos orifícios onde toca a lasanha, e a superfície dos mantimentos cobre-se de diminutas manchas, composta de resíduos da corrosão do alumínio. Assim a comida salgada é o eletrólito, a folha de alumínio o ânodo e o cátodo o recipiente de aço. Se a folha de alumínio somente encosta no eletrólito em reduzidas áreas, a corrosão galvânica é concentrada e corrosão pode ocorrer muito rápido.



Figura 2.30 - Corrosão pela “célula de lasanha” Fonte: (TOM ARTHUR, 2008)

2.6.4 - Corrosão galvânica da Estátua da Liberdade.

Uma corrosão galvânica aconteceu na Estátua da Liberdade, durante os procedimentos de manutenção na década de 1980, revelou que a corrosão tinha ocorrido entre a pele de cobre externa e a estrutura do suporte de ferro forjado. Apesar do problema tenha sido previsto quando foi construída por Gustave Eiffel para o projeto de Frédéric Bartholdi na década de 1880, a camada de isolamento de goma-laca entre os dois metais tinham deteriorado ao longo do tempo e enferrujou o ferro. A renovação completa exigiu a desmontagem completa da estátua para substituir o isolamento original. A estrutura estava longe de ruir devido ao enorme número de conexões não afetadas, mas foi considerado como uma medida de precaução para o que é julgado um símbolo nacional dos Estados Unidos, relatado na página da WIKIPEDIA ([2014?])

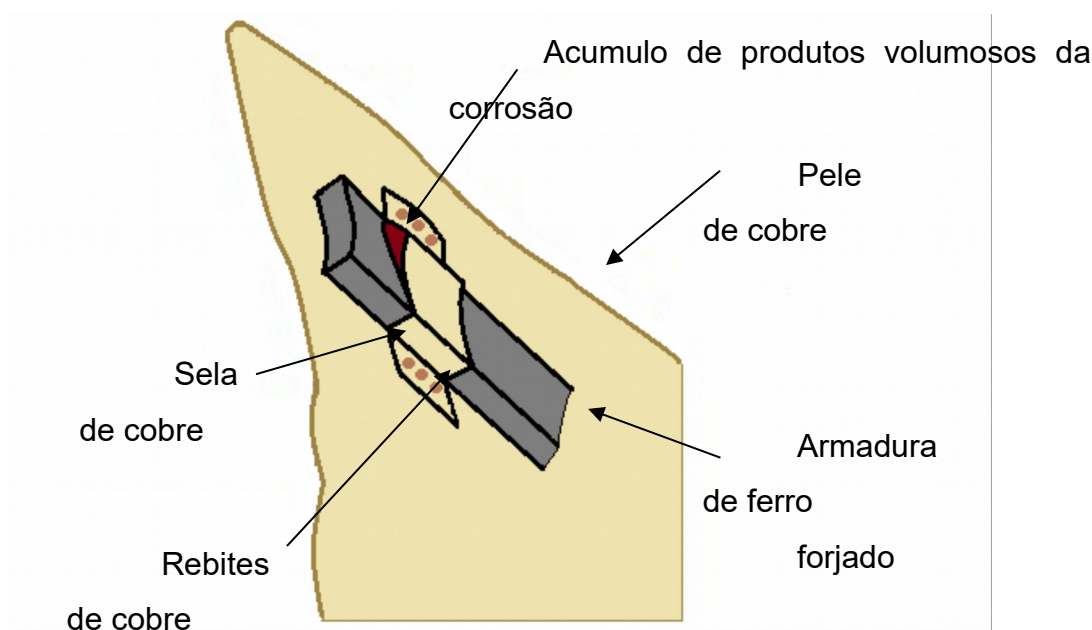


Figura 2.31 - Isolamento de proteção da estátua da Liberdade Fonte: (CORROSION DOCTORS, [2015?])

4.6.5 - Materiais de limpeza.

Oliveira [2014?] avalia a corrosão de diferentes metais como o zinco, ferro, alumínio, cobre, aço e ferro zincado expostos a diversos materiais de limpeza como desinfetante, Limpa alumínio, Limpa vidro e outros. Segue abaixo fotos tiradas da quarta semana de exposição dos metais aos produtos de limpeza:



Figura 2.32 - Arruela de ferro, prego de aço, prego de ferro, anel de latas de alumínio, zinco de pilhas alcalinas e pedaços de fio de cobre Fonte: (OLIVEIRA, [2014?])

Dos cinco metais submetidos aos produtos de limpeza, de acordo com Oliveira [2014?], o cobre foi o que mais corroeu devido ao seu alto potencial de redução (0,342 V). Tanto o zinco quanto o alumínio tendem a produzir uma camada que preserva da corrosão (camada de passivação) compostas por carbonato de zinco e óxido de alumínio. O aço (liga de ferro, carbono e cromo) não resistiu a corrosão quando exposto ao limpa alumínio. O ferro e o ferro zincado apresentaram a mesma característica.

2.7 - MÉTODOS DE CONTROLE DA CORROSÃO

A corrosão é um infundável desafio ao homem, pois quanto mais a conhecimento progride ampliando a tecnologia, mais ela encontra dimensão e jeitos de se estar presente.

Consoante Pimenta [entre 2003 e 2013] alguns materiais de grande uso industrial possuem pequena resistência a corrosão na preponderância dos meios. Esta resistência pode ser aperfeiçoada, acrescentado ou até mesmo conseguida no seu mais nobre grau, empregando proteção anticorrosiva que impulsiona a passivação ou a polarização do material.

De vez em quando, o custo de um produto recente que sucederá o anterior é de 20 a 50 vezes mais elevado, o que torna viável a troca. Devido a isso, na maioria das vezes, é preciso o uso de uma técnica anticorrosiva. Os processos mais utilizados para a prevenção da corrosão são a proteção catódica e anódica, os revestimentos e os inibidores de corrosão, em conformidade com exposto por Guimarães et al (2004).

Considerado pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO [ca. 2011] como compreendidas as condições que ocasionam corrosão, as técnicas aplicadas para verificação da corrosão podem ser melhor percebidas.

Os métodos para minoração da corrosão eletrolítica de metais são os seguintes:

2.7.1 - Isolamento Elétrico

O primeiro passo na monitorização da corrosão, em conformidade com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2011], é o de isolar estruturas metálicas diferentes. Uma estrutura metálica estranha pode ser materiais diversos ao da estrutura, a mais comum, aço de concreto. O aço em concreto será catódico em relação à superfície galvanizada e o aço acalmado, resultando na produção de uma célula de corrosão e acentuando a corrosão da superfície de metais em contato com o solo.

O isolamento elétrico não impedirá que células de corrosão identificados nos metais. O isolamento elétrico minora a complicação da inspeção da corrosão em comparação às consequências do meio sobre o metal.

2.7.2 - Proteção Galvânica

2.7.2.1 - Proteção Catódica

A proteção catódica, descrita pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2011] como numa forma bem elementar, é o uso de eletricidade de uma fonte externa, em oposição da corrente de descarga da corrosão de áreas anódicas que estarão naturalmente presentes. Quando um sistema de proteção

catódica eficaz é instalado, todas as partes da corrente coletada da estrutura protegida do eletrólito circunvizinho e toda a superfície exposta se tornam uma única área catódica.

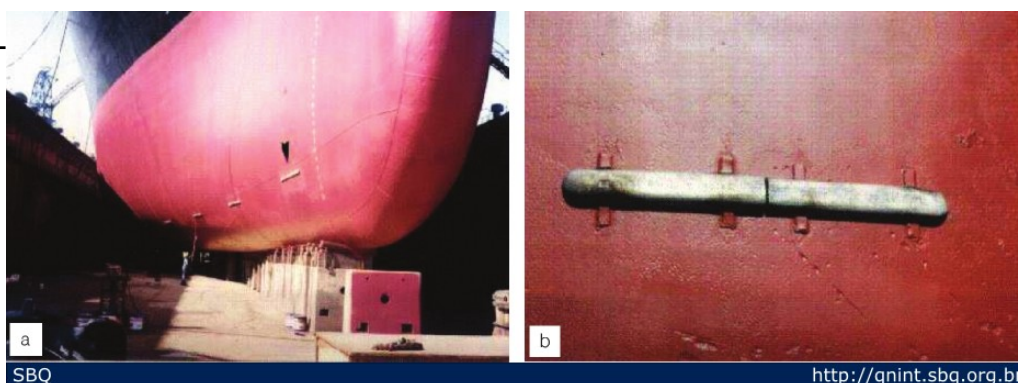
Em concordância com Dutra e Nunes (1987) a proteção catódica é o método que modifica a estrutura metálica que se pretende proteger em uma pilha artificial, impedir, assim, que a estrutura se deteriore. Em razão da proteção catódica que tubulações enterradas para o transporte de água, petróleo e gás, e grandes estruturas portuárias e plataformas marítimas executam com segurança. A proteção catódica de estruturas metálicas é baseada na injeção de corrente elétrica por meio de duas técnicas: a proteção por anodos galvânicos (espontânea) e a proteção por corrente impressa (não-espontânea), de acordo com o relatado por GUIMARÃES et al (2004).

2.7.2.1.1 - Proteção por anodos galvânicos (espontânea)

A galvanização tem um passado histórico, como narrado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2011], na utilização de redução da corrosão em tubulações. A galvanização é, com efeito, um sistema de proteção catódica, utilizando o zinco, dispersado sobre a superfície da tubulação, como material de anodo de sacrifício.

A Figura 2.33 indica uma amostra de proteção catódica, descrita por GUIMARÃES et al (2004), por anodos de zinco, em navios, onde há a geração de uma pilha na qual, em função de seu alto potencial de oxidação, o zinco age como anodo e protege o ferro do casco do navio.

Figura 2.33 -



Proteção catódica por anodo de zinco em casco de navio: (a) vista inferior do navio em

dique seco; (b) fixação do anodo de zinco no casco do navio. Fonte: (GUIMARÃES et al, 2004)

2.7.2.1.2 - Proteção por corrente impressa (não-espontânea)

2.7.2.1.3 - Proteção Anódica

A proteção anódica fundamenta-se na formação de um filme protetor nos materiais metálicos por emprego de corrente anódica externa, ocasionando a passivação do metal. Apesar desse processo ser eficiente, apresenta uso limitado pois precisa de circunstâncias específicas, detalhado por Gentil (2003).

A proteção dos materiais metálicos, segundo Frauches-Santos et al (2013), pode ser executada por meio da aplicação de corrente anódica ou bloqueio a difusão de oxigênio mediante processo catódico. Em 1954, Edeleanu, sugeriu a possibilidade da utilização da proteção anódica que, de modo simples, respalda-se na construção de uma camada protetora, nos materiais metálicos, por utilização de corrente anódica externa. Essa corrente causa polarização anódica, que concretiza a passivação do material metálico.

Os protetores anódicos, exposto por Frauches-Santos et al (2013), são aqueles que agem nas reações anódicas, ou seja, aqueles que mudam para a superfície anódica, gerando passivação em presença de oxigênio. Este modelo de protetor reage com o produto formado da corrosão, originando uma película aderente e altamente insolúvel em sua superfície, culminando na sua proteção.

A proteção anódica é usada com êxito unicamente para os metais e ligas geradoras de filmes protetores, especificamente o titânio, o cromo, ligas de ferrocromo e ligas de ferro-cromo-níquel. O seu uso concentra no grande interesse para eletrólitos de alta agressividade (eletrólitos fortes), exemplificando, um tanque metálico para depósito de ácidos. A proteção anódica não só possibilita a produção da camada protetora, mas principalmente, mantém estável a película. A utilização de proteção anódica é ainda muito reduzido no Brasil, porém, é muito adotado em outros países na indústria química e petroquímica, descrito por Frauches-Santos et al, (2013).

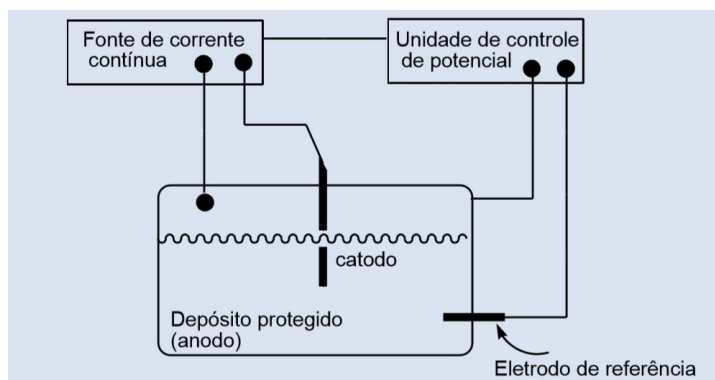


Figura 2.34 - Processo de proteção anódica Fonte: (FRAUCHES-SANTOS et al, 2013).

2.7.3 - Revestimentos

Os revestimentos, explicados por Pimenta [entre 2003 e 2013], constituem-se em camadas intercaladas entre o metal e o meio corrosivo, aumentando a resistência a corrosão do material metálico. Esta película pode dar ao material uma característica mais elevada, como é o caso dos filmes metálicos mais catódicas que o metal de base, ou protegê-lo por ação galvânica, ou ainda, se constituem num obstáculo entre o metal e o meio e desta forma aumentar a dificuldades de contato das áreas anódicas e catódicas das pilhas de corrosão. Os revestimentos podem ser: metálicos, não metálicos inorgânicos ou orgânicos e a sua utilização pode ser no incremento da resistência à corrosão atmosférica, na imersão e na corrosão pelo solo.

Os revestimentos protetores comumente são usados sobre superfícies metálicas na produção uma barreira entre o metal e o meio corrosivo e, conseqüentemente, detido ou minorando o processo de corrosão. As tintas, como as epoxídicas e o zarcão, são revestimentos muito aplicados na proteção de tubulações industriais, grades e portões. A galvanização é um método que consiste na superposição de um metal menos nobre sobre o metal que será protegido. É um processo muito utilizado, como no caso de parafusos de ferro galvanizados com zinco, conforme retratado por Guimarães et al (2004)

De acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, [ca. 2011] os revestimentos normalmente têm a finalidade de criar uma película contínua, constituído de material isolante, sobre uma superfície metálica que se pretende isolar. Um revestimento será um meio eficaz de bloqueio de corrosão se: o material de revestimento for um efetivo isolante elétrico; puder ser aplicado sem interrupções

ou descontinuidades, e resistir íntegro durante o transporte, instalação e operação de enterramento; o revestimento prover inicialmente uma película quase perfeita e assim permanecer ao longo do tempo.

A tinta é amplamente utilizada, visto ser o revestimento de grande facilidade de aplicação e de baixo custo, estudado em Lopes (2009).

As condições primordiais de um revestimento, narrado por Frauches-Santos et al (2013), são: resistência química ao meio agressivo, pouca permeabilidade, dilatação térmica compatível com o substrato, propriedades físicas pertinentes aos exageros que sofrerá por flexão, tráfego, abrasão, impacto, etc. Suas propriedades são: não ter emendas, não possibilitar infiltrações, aplicação fácil e rápida, possibilidade remota de surgimento de trincas ou fissuras, admitir reparos localizados, equipamentos de apoio simples e baixo custo.

2.7.4 - Os inibidores de corrosão

A elevação da resistência à corrosão pela aplicação dos inibidores de corrosão organiza-se, conforme Pimenta [entre 2003 e 2013], em um método muito empregado, posto que, o ambiente corrosivo é líquido e funciona em circuito fechado.

São materiais inorgânicos ou orgânicos que, inseridas ao meio corrosivo, visam impossibilitar, precaver ou obstruir a progressão das reações de corrosão, sejam elas no estado gasoso, aquoso ou oleoso, segundo Guimarães et al (2004).

Os inibidores são compostos químicos adicionados ao meio que promovem polarização anódica ou catódica, ou são formadores de película que aumentam a resistência de contato das áreas anódicas e catódicas das pilhas de corrosão (PIMENTA, [entre 2003 e 2013]).

As técnicas ou métodos de proteção anticorrosiva, usadas em alguns materiais de extensivo uso industrial envolvem, de maneira geral, a passivação ou a polarização do material, incluem os revestimentos, os inibidores de corrosão, as técnicas de modificação do meio, a proteção catódica e anódica. (FRAUCHES-SANTOS et al, 2013).

Por isso mais resistentes ao ataque dos ácidos em meios não aerados como, por exemplo, o estanho, chumbo, zinco e cádmio. (FRAUCHES-SANTOS et al,

2013).

2.7.4.1 - Classificação de Inibidores de Corrosão:

2.7.4.1.1 - Anódicos:

Fundamentados na polarização das regiões anódicas do metal, devido à formação de uma película insolúvel, aderente, contínua e de alta resistividade elétrica sobre a superfície metálica, que aumenta o potencial do metal para valores mais nobres. Divide-se em duas classificações: os agentes oxidantes que impulsionam a passivação do metal, como, por exemplo, os cromatos, nitratos, molibdatos e sais férricos, e os formadores de camada, que condensam em uma camada insolúvel sobre a região anódica, como por exemplo, os hidróxidos, fosfatos, silicatos e benzoatos. O uso dos inibidores anódicos deve ser feita com precaução, pois sua concentração na solução não pode ser menor que a concentração crítica (concentração mínima essencial para acontecer a inibição), o que formaria uma camada não contínua sobre o metal. A formação deste filme descontínuo provocaria uma corrente elevada nas regiões anódicas não protegidas, agilizando a corrosão nestes pontos, com igualdade em Colares (2009).

2.7.4.1.2 - Catódicos:

Polarizam as regiões catódicas do substrato metálico, diminuindo o fluxo de elétrons nestas regiões, transferindo o potencial para quantidades mais negativas. Em soluções neutras, estes inibidores formam uma camada insolúvel sobre a região catódica, resultando uma reação entre a hidroxila e íons metálicos procedentes do inibidor, ou pela condensação de compostos insolúveis no ambiente alcalino do cátodo, impedindo ou restringindo a diminuição do oxigênio nestas regiões. Como amostras destes inibidores podem ser apontados os sulfetos de zinco, magnésio e níquel, polifosfatos, fosfonatos e sais de cálcio, etc. Já em soluções ácidas, os inibidores catódicos atuam desacelerando a propagação dos íons hidrogênio ou acentuando a sobretensão de hidrogênio. Como modelos os óxidos e sais de antimônio, arsênio e bismuto, que se sedimentam sobre as regiões catódicas, de natureza igual em Colares, 2009.

2.7.4.1.3 - Mistos:

Formados por misturas de inibidores anódicos e catódicos, formando um efeito sinérgico com a constituição de uma película protetora tanto nas regiões catódicas quanto anódicas da superfície metálica.

2.7.4.1.4 - Adsorção:

Composição de uma camada protetora sobre as regiões catódicas e anódicas da superfície metálica por obra do método de adsorção entre o inibidor e o metal. Trata-se de um procedimento de adsorção, elementos como a concentração do inibidor, a composição, a velocidade e o tempo de contato entre o metal e o inibidor, a natureza da superfície metálica e a temperatura do fluido do sistema, são condições que determinam a eficiência do inibidor, que está diretamente ligada a sua capacidade de formar e manter um filme estável sobre o substrato metálica. Os inibidores de adsorção são compostos orgânicos possuintes de insaturações e/ou arranjos firmemente polares abrangendo nitrogênio, oxigênio ou enxofre, cuja constituição normalmente possui componentes hidrofóbicas e hidrofílicas ionizáveis. Estes devem ser solúveis ou naturalmente difundíveis no meio que envolve o metal. Como espécimes têm-se as aminas, aldeídos, mercaptanas, compostos heterocíclicos nitrogenados, constituídos de enxofre e de acetilênicos, do mesmo modo que em Colares, 2009.

2.7.5 - Modificação do Meio Corrosivo

Além dos inibidores que agem através do meio corrosivo, igualmente há outras técnicas importantes de modificação do meio, dentre elas vale destacar a desaeração e o controle do pH (PIMENTA, [entre 2003 e 2013]).

2.7.5.1 - Desaeração

A desaeração consiste na retirada de oxigênio do meio, sendo o oxigênio um agente despolarizante, com a sua retirada favorece-se a polarização catódica com a consequente diminuição da intensidade do processo corrosivo. (FERREIRA,

[1997?]).

Os métodos de remoção de oxigênio podem ser químicos ou mecânicos, segundo PIMENTA [entre 2003 e 2013]. O método químico é realizado pelos sequestradores de oxigênio, no tempo em que a retirada do método mecânico é feita em desaeração por carreamento do oxigênio por um outro gás, geralmente vapor, ou em câmara de vácuo onde a descompressão auxilia a saída de gases.

2.7.5.2 - Controle do pH

O controle de pH visa favorecer a passivação dos metais, que se tornam passivos com o pH ligeiramente básico. (FERREIRA, [1997?]).

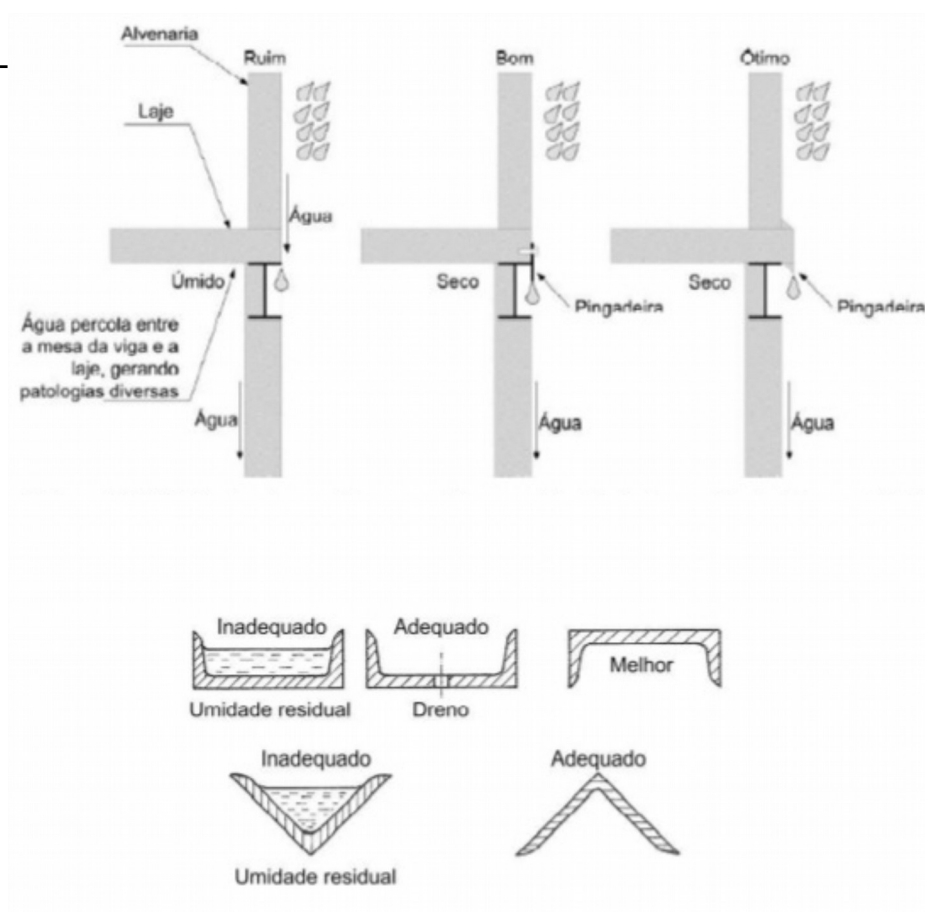
Destaca-se ainda, como métodos que reduzem as taxas de corrosão o controle de velocidade relativa metal/eletrólito e o controle de temperatura (PIMENTA, [entre 2003 e 2013]).

2.7.6 - Controle de Corrosão na Fase de Projeto

A ampliação da resistência à corrosão por meio de metodologias de proteção anticorrosivas previstas na fase de projeto, em conformidade com Pimenta [entre 2003 e 2013], é uma das mais importantes formas de controle de corrosão. Podendo ser conseguidos de duas maneiras, a primeira adotando práticas que minimizem os problemas de corrosão e a segunda utilizando as práticas de proteção anticorrosiva.

As peças de aço devem ser planejadas considerando a acessibilidade da estrutura, cuja finalidade é a manutenção, a aplicação e a inspeção. Deve-se prever no detalhamento, soluções que evitem o acúmulo de água e sujeira, elementos que podem ocasionar corrosão. Dentre estas soluções, estão previstas o distanciamento mínimo entre perfis, arranjos geométricos da estrutura que evitem o acúmulo de água, como também detalhes corretos de enrijecedores, o dimensionamento correto de juntas, dielétricos e materiais porosos e soluções que facilitem a drenagem da água (Figura 2.35).

Figura
2.35
-
Detalhes



construtivos Fonte: (GUARNIER, 2009)

A seguir serão apontadas algumas medidas preventivas para aplicação em projetos com estruturas metálicas. (SILVA, 2012).

2.7.6.1 - Medidas preventivas

Consequências em caso de negligência ou não atendimento

Necessidade de proteção contra corrosão (pintura / revestimento), de acordo com a classificação do ambiente onde se emprega a estrutura metálica.

A utilização de processos de pintura e revestimento devem fazer parte do escopo do projeto, de acordo com as normas técnicas vigentes. A falta de observação deste procedimento pode acarretar a baixa durabilidade da estrutura e ainda comprometer outros elementos de interface como vedações e lajes.

2.7.6.1.1 - Geometria dos componentes.

Superfícies planas ou lisas são desejáveis, geometrias curvas são preferíveis

às que apresentam ângulos, pois possibilitam melhor uniformização do revestimento.

2.7.6.1.2 - A união entre componentes.

A inspeção de uniões soldadas ou parafusadas é de primordial importância para a durabilidade das estruturas. O descuido com esta interface pode ocasionar desgastes desnecessários entre as peças ou ainda fissuras imperceptíveis a olho nu, mas que podem comprometer parte da estrutura ao longo do tempo.

2.7.6.1.3 - Proteção contra incêndio: materiais projetados, placas de gesso acartonado, lâ de rocha e tinta intumescente.

A estrutura de aço carrega o rótulo de que é menos resistente ao fogo quando comparada a estrutura de concreto. Ocorre que a estrutura metálica é mais leve, mais esbelta e melhor condutor térmica que o concreto armado, porém estes fatores não a tornam menos resistente em caso de incêndio quando existe a proteção adequada (e que faz parte do escopo do projeto e do custo da obra). Ambos sistemas estruturais (aço ou concreto) entram em ruína quando a temperatura do sinistro atinge 600°C aproximadamente.

2.7.6.2 - Manutenção.

A estrutura deve garantir ao longo do tempo as mesmas condições de uso para a qual foi projetada.

Todos os materiais têm uma vida útil que pode ser plena se devidamente cuidada, ou abreviada se deixada às agressões do tempo. Um projeto deve prever meios de execução de manutenção preventiva (limpeza, pintura, inspeções, etc).

Partes inacessíveis devem ser evitadas ou especialmente protegidas por ocasião da execução.

Pinturas e acabamentos devem ser adequados ao meio que a estrutura estará exposta e refeitos com periodicidade regular.

2.8 - REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS (TINTA)

De acordo com Matos (2008) a tinta é uma composição pigmentada líquida,

pastosa ou sólida que, no momento em que for empregada em camada fina sobre uma superfície na qualidade em que é oferecida ou depois da fusão, diluição ou dispersão em elementos voláteis, é conversível ao término de um tempo num filme opaco, sólido e colorido.

As tintas são revestimentos aproveitados numa enorme quantidade de superfícies, como a madeira, o metal, o concreto, etc. Lopes (2009).

Uma tinta é uma substância complexa da consequência da união de muitos elementos; das várias categorias possíveis, uma das mais comuns é a distribuição dos componentes em quatro grupos: ligantes, pigmentos, solventes e aditivos. O ligante é o primordial ingrediente de uma tinta e garante, após secagem, a aderência da tinta ao substrato, integra a base que une fisicamente todos os elementos entre si, formando uma camada contínua e seca. E é o propiciador das propriedades mais fundamentais de uma tinta: resistência química, à intempérie e à abrasão, elasticidade e impermeabilidade à água e aos gases. Em conformidade com Bastos (1999).

2.8.1 - Resistência Mecânica e Química.

Os processos precedentes têm vasta relevância na prevenção da corrosão, no entanto há outros fatores que são determinantes para as características de proteção de qualquer tinta, anticorrosiva ou não. Entre os mais importantes estão as propriedades mecânicas, como a dureza, flexibilidade e resistência à abrasão, sem as quais a película perde a sua coesão e integridade, deixando de ser funcional como filme protetor. Informado por Bastos (1999).

O desgaste ocorre naturalmente com o tempo na maioria das superfícies, explanado por Lopes, 2009; os motivos dessa degradação podem ser produzidos por aspectos ambientais ou pela exposição com outras substâncias. Os revestimentos de pintura são empregados com o propósito de impedir o surgimento da corrosão, apodrecimento, rachas, entre outras imperfeições na superfície do suporte. As tintas colaboram para a durabilidade das superfícies, para melhorar o aspecto visual, para melhorar determinadas condições ambientais (higiene e iluminação), para identificar, para avisar, etc.

Do mesmo modo, referido por Bastos (1999), a resistência química a

solventes orgânicos, ácidos e bases. A essencialidade desta resistência é relativa e depende do lugar no qual a tinta é usada, bem como dos elementos que efetivamente sujeitadas à camada. No caso das tintas submetidas ao meio natural, devem ter resistência à luz solar, onde a parte ultravioleta degrada os polímeros orgânicos. Para os revestimentos utilizados em superfícies expostos a altas temperaturas é necessário terem resistência à temperatura.

2.8.2 - Mecanismos da degradação de uma tinta

O desempenho de uma tinta é influenciada pela base no local onde ela é aplicada. G. W. Walter Apud Bastos (1999) investigou diversas pesquisas nas quais se examinaram tintas aplicadas em diversos suportes e constatou que as características do metal e as características produtos de corrosão formados influenciam na proteção dada pela tinta; a proteção é tanto melhor quanto maior for a resistência à corrosão do suporte metálico, sem proteção, sujeito ao mesmo meio. Substratos que formam óxidos insolúveis e muito aderentes, levam a um boa performance da tinta.

2.8.2.1 - Empolamento:

Os empolamentos ou bolhas, relatado por Bastos (1999), são lugares onde a tinta ficou sem a aderência ao suporte e nos quais se pode concentrar água e começa-se a corrosão. São um dos sinais da diminuição das características protetoras de uma tinta e podem frisar-se cinco mecanismos, produzidos em muitas circunstâncias, que descrevem a manifestação de empolamento.

2.8.2.1.1 - Ocasionado pela absorção de água:

Todas as tintas orgânicas absorvem água quando submetidas à água líquida ou eletrólitos aquosos (0,1 a 3 % são faixas frequentes entre as tintas utilizadas para proteção). A absorção de água acarreta um inchamento da tinta e quando este, por algum motivo, acontecer localmente, podem formar-se bolhas e juntar água na fronteira metal-tinta. Citado por Bastos (1999).

2.8.2.1.2 - Causado pela inclusão ou formação de gases

No decorrer da constituição da película, podem ficar introduzidas bolhas de ar ou de componentes voláteis que tornam áreas ocas depois de escaparem da película. Estes lugares não se delimitam à divisa metal-tinta, mas quando sobrevir podem ser usado como locais prenunciadores de corrosão. Detalhado por Bastos (1999).

2.8.2.1.3 - Eletroosmótico

A água move através de uma membrana ou de um sistema capilar sob a atuação de um gradiente de potencial. Gradientes de potencial instituídos por pares galvânicos na face metálica podem ser motivadores do estabelecimento de empolamento deste tipo. Segundo Bastos (1999).

2.8.2.1.4 - Osmótico.

Este é o padrão de empolamento mais genérico e deve-se a encontrar sais solúveis na zona interfacial; na ocasião em que a água infiltra na película e atinge o limite inferior da camada, com esses sais uma solução concentrada, originando uma pressão osmótica que impele que mais água adentre neste lugar, gerando uma bolha. Conforme Bastos (1999).

2.8.2.1.5 - Causado pela separação de fases durante a formação do filme

Este mecanismo pode ocorrer na formulação que contém dois solventes e o solvente de evaporação mais demorado tem qualidade hidrofílica. No momento em que este está em baixa concentração, a sua segmentação faz-se numa etapa tardia do desenvolvimento da camada, podendo deixar regiões vazias na película. A água pode disseminar no solvente hidrofílico ou nos espaços vazios e, se estes se situarem na delimitação metal-tinta, pode produzir uma bolha. Como em Bastos (1999).

Seja qual for os mecanismos de empolamento comentado por Bastos(1999) as bolhas promovem lugares junto ao exterior metálico onde a água se junta. O oxigênio penetra através da tinta e podem dissolver-se tipos iônicas no limite interfacial ou na matriz da camada, reunindo os requisitos básicos para que aconteça a corrosão eletroquímica. A fase restritiva vislumbra ser a permeabilidade da tinta comparativamente ao oxigênio, o qual é preciso para que suceda o processo catódico (consumo de O₂ com produção de OH⁻); o oxigênio é inclusive consumido nas reações de conversão de Fe(II) para Fe(III). A região catódica acha-se no contorno da bolha, onde a concentração de O₂ é mais alta, permanecendo a região anódica no centro. Os efeitos de corrosão com Fe(III) aglutinam-se no perímetro da calota onde a concentração de oxigênio é maior.

2.8.2.2 - Delaminação:

2.8.2.2.1 - Anódica

Nessa corrosão há segregação da tinta e do suporte nas zonas anódicas, por consequência do processo anódico. Este recurso é mais recorrente para o alumínio; na hipótese do aço, esta maneira de corrosão acontecerá no momento em que se atribui ao substrato, um potencial anódico. Citado por Bastos (1999).

2.8.2.2.2 - Catódica.

Nessa corrosão tipifica-se pela desagregação da tinta e do substrato nas zonas catódicas motivado pelo processo catódico, sendo rotineiro nas condições em que se associa a proteção catódica e o emprego de tintas, não obstante identicamente se constate na inexistência de qualquer potencial aplicado. Este meio deve-se ao alto pH constituído pela reação de redução e indícios práticos suscitam que o ambiente vigorosamente alcalino (pH entre 10 e 14) pode destruir a película de óxido interfacial ou o polímero acarretando uma ruptura na união instituída entre o suporte e a tinta. Informado por Bastos (1999).

2.8.2.3 - Corrosão filiforme

Observa-se em ambientes úmidos, quando a base (geralmente aço, alumínio ou magnésio), está afetado com tipos iônicas solúveis, e indica-se pelo surgimento de filamentos na interface tinta-substrato que aumentam a uma velocidade de 0,01 a 1 mm por dia. Dito por Bastos (1999).

2.8.3 - Tintas para proteção anticorrosiva

As tintas anticorrosivas são aplicadas com a função de evitar a corrosão, para tal elas adiam a acesso de agentes corrosivos para conter o evento de reações de corrosão no material a preservar (LOPES, 2009).

2.8.3.1 - Mecanismos de proteção anticorrosiva de uma tinta.

Nos revestimentos de pintura, para impedir a corrosão são empregados três métodos elementares: proteção por barreira física, proteção por inibição e proteção catódica. (LOPES, 2009).

2.8.3.1.1 - Proteção por barreira física

No primeiro método proteção por barreira: a tinta cria uma barreira que separa o metal do meio corrosivo. Para que o isolamento obtenha, com igualdade em LOPES (2009), um alto poder de ação é essencial que a tinta possua espessuras mais grossas. As tintas anticorrosivas que protegem por barreira devem constituir de ligantes com pouca permeabilidade e pigmentos lamelares.

2.8.3.1.2 - Proteção por inibição

De outra forma, em concordância com LOPES (2009), há a proteção por inibição que respalda em obstar o processo de corrosão. Este padrão de proteção vai interromper a reação catódica ou anódica. Na composição destas características de tintas são usados inibidores que intervem predominantemente na reação anódica.

2.8.3.1.3 - Proteção catódica

Por último existe a proteção catódica, que consiste, em conformidade com Lopes (2009) na formação de um revestimento de sacrifício. Por outras palavras, neste tipo de proteção é formado um revestimento com alto teor em zinco que fará com que o metal permaneça intacto.

2.8.3.2 - Propriedades das tintas

De acordo com LOPES (2009), para um bom desempenho é indispensável que as tintas anticorrosivas evidenciem as seguintes propriedades: aderência, impermeabilidade e flexibilidade. A importância de uma boa aderência sobre a base metálica, é porque, quando por imprevisto ou por uma ruptura o metal fica à mostra, a corrosão será evitada de alastrar sob a camada de tinta. Durante a vida útil de um material, este sofre alterações de dimensão ocasionada pelas retrações e expansões que são acarretadas pela mudança de temperatura do dia para a noite e do Inverno para o Verão. O revestimento de tinta deve ser bastante flexível para equiparar estas diferenças, na situação desfavorável poderá aparecer fissuração deixando o metal desprotegidos a agentes corrosivos. Por fim, os revestimentos anticorrosivos sejam impermeáveis, isto para evitar que os agentes corrosivos transponham o filme de tinta e entrem em contato com o metal, se estes forem conservados distantes, obsta-se o evento das reações de corrosão. Afora estas três particularidades é primordial que se execute convenientemente a superfície de metal a ser aplicada a tinta.

As tintas de proteção anticorrosiva possuem na sua composição pigmentos anticorrosivos. Este tipo de pigmentos é empregado com o propósito de alterar o agente agressivo, minorando sua agressividade. (LOPES, 2009).

2.9 - CONSTITUINTES DE UMA TINTA

Na fabricação de uma tinta existe uma porção líquida, que é composta pela resina e os solventes e uma porção sólida formada pelos pigmentos e as cargas. As

matérias-primas fundamentais para a elaboração de quase todas as espécies de tintas são compostas pelas resinas, pigmentos, aditivos e solventes. Bastos (2008).

2.9.1 - Pigmentos

Substância em forma de partículas finas, que é usado em virtude de seus atributos protetores, decorativos ou óticos. Esta matéria-prima é exigida porque é o único que tem a exclusividade de conceder opacidade possibilitando que a tinta cubra totalmente a base. (LOPES, 2009).

Os pigmentos são partículas sólidas, finamente divididas usados para se conseguir, entre demais intuídos, cor, opacidade, impermeabilidade, proteção anticorrosiva e melhoria das características físicas da película. (SILVA, 2011).

Os pigmentos são substâncias em geral pulverulentas adicionadas à tinta para dar cor, encorpar a película ou conferir propriedades anticorrosivas. (BASTOS, 2008).

Os pigmentos podem ser distribuídos conforme com a sua categoria química inorgânico e orgânico ou de acordo com o processo de produção natural e sintético. Podemos ainda separar os pigmentos consoante a cor. Foi constatado por Lopes (2009) que ainda que se pode dividir os pigmentos em concordância a sua função, ou seja, existem pigmentos com qualidades especiais. Os pigmentos não são empregados unicamente com a objetivo de dar opacidade e cor, este item similarmente é usado para intensificar algumas propriedades na tinta. Os pigmentos podem atuar para prevenir a corrosão.

Os pigmentos, agregados para conferir opacidade e cor à tinta, como detalhado por Bastos (1999), podem elevar a resistência à luz, à intempérie, ao calor e a alguns agentes químicos; outros são acrescidos com atribuições particulares como a resistência ao fogo e a ação anticorrosiva. Os pigmentos não opacificantes, denominados por cargas, são substâncias inorgânicas, com diminuta capacidade de dar cor, a princípios incorporados para ficar a tinta mais barata. atualmente foram detectadas outros benefícios que, sujeito as qualidades das cargas, podem ser: resistência à abrasão, resistência química e ao fogo, isolamento térmico e acústico, melhoria da aderência, ação antiderrapante e melhoria de características reológicas (viscosidade e diminuição da sedimentação das partículas sólidas).

Os pigmentos, comentados por Matos, (2008), são materiais sólidos finamente divididos e insolúveis. São utilizados para dar cor, opacidade, certas características de resistência e outros efeitos. São divididos em pigmentos ativos, que atribui cor e opacidade, e inertes as cargas, que atribui certas propriedades, tais como redução de brilho e expansão da consistência. Vários pigmentos são empregados tanto em tintas à base de água como à base de solventes. O dióxido de titânio (TiO_2), que se apresenta na figura 4.36, é o principal pigmento branco.

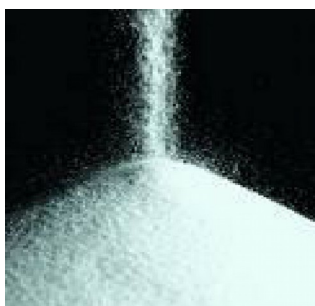


Figura 2.36 - Representação do TiO_2 .

Fonte: (MATOS, 2008)

Há duas espécies principais:

- Orgânicos: integram de cores mais brilhantes, alguns dos quais são cintilantes, resistentes na aplicação externa das edificações. Exemplos de pigmentos orgânicos são o azul ftalo e o amarelo. (MATOS, 2008)

- Inorgânicos: usualmente não são tão brilhantes quanto as cores orgânicas (diversas são descritas como cores terrosas), são os pigmentos exteriores mais duráveis. Espécimes de pigmentos inorgânicos são o óxido de ferro vermelho, o óxido de ferro marrom e o óxido de ferro amarelo. Os pigmentos coloridos são mesclados em dispersões líquidas chamadas corantes, que são inseridas, nas revendas, às bases de pigmentação. Na indústria, os pigmentos de cor são empregados no formato de pó seco ou líquido na manufatura de tintas pré-embaladas. Dito por Matos (2008). Alguns dos pigmentos orgânicos e inorgânicos são apresentados na figura 2.37.



Figura 2.37 - Pigmentos orgânicos à esquerda e inorgânicos à direita (MATOS, 2008)

Fonte: (MATOS, 2008)

Representação de pigmentos coloridos na figura 2.38, citados por Matos (2008), orgânicos (esquerda) e Inorgânicos (direita). Os pigmentos diminuem o brilho e a reflexão da tinta. Ao utilizar pigmentos com tamanhos e formatos diferentes e em quantidades superiores adquire-se os seguintes padrões de brilho: brilhante (menor quantidade de pigmento), semibrilho, acetinado e fosco (maior quantidade de pigmento). O brilho da pintura é determinado por um aparelho que mede a refletividade de diversos ângulos, geralmente 20° , 60° e 85° , a partir da vertical e aferindo com uma referência da indústria (vidro polido = 100).



Figura 2.38 - Medidor de brilho.

Fonte: (MATOS, 2008).

2.9.2 - Cargas

Produto granular ou em pó, praticamente insolúvel no veículo e utilizado como constituinte da tinta para modificação de determinadas propriedades físicas. Explica que as cargas, são empregadas para encorpar à tinta. Este componente pode auxiliar a fabricação e a elaboração de uma tinta, pode também aprimorar a característica, alargar a durabilidade e simplificar a manutenção da tinta. A impermeabilidade e a elasticidade da tinta podem ser elevadas com a inclusão de determinadas cargas. As cargas são agrupadas como naturais e artificiais, consoante a sua origem. (LOPES, 2009).

As cargas: proporcionam volume a um custo relativamente pequeno, explicado por Matos (2008). Conferem um poder de revestimento muito inferior do

que os pigmentos e afetam muitas propriedades, abarcando resistência à abrasão, brilho e retenção da cor em ambientes externos.

2.9.3 - Ligantes.

Ligante ou aglomerante das substâncias de pigmento é o agente da continuidade e constituição da camada de tinta, bem como pela aderência da tinta ao substrato. Geralmente é integrado por um ou mais variedades de resina, que em sua maioria são de natureza orgânica. Assim descrita por Silva (2011).

Os ligantes ou aglutinantes ou aglomerante podem ser classificados, por Bastos (1999), como óleos secativos, resinas naturais, artificiais e sintéticas. Até ao princípio do século utilizavam-se aglutinantes naturais (óleos vegetais basicamente os óleos de soja, linhaça, cânhamo, cártamo, e madeira da China, ou resinas de origem animais ou extraídas de plantas). As resinas artificiais são as resinas naturais modificadas quimicamente; as de maior emprego presente são resinas sintéticas, ou seja, polímeros industriais, tais como: resinas epoxídicas, vinílicas, acrílicas, alquídicas, silicones, melanina-formaldeído, ureia-formaldeído, poliuretanos e a borracha clorada, permitido para cada condição existirem várias diversidades. As resinas para tintas aquosas são de essências distintas: conquanto os polímeros sejam idênticos, mas são combinados de maneira a serem usados com a água como solvente. As resinas são agente da maioria das características físicas e químicas desta, pois determinam a secagem, a aderência, a resistência física e química etc. No início as tintas elaboradas usavam resinas de origem natural (principalmente vegetal). Na atualidade, com exclusão de obras artísticas, as resinas empregadas pelas fábricas de tintas são sintéticas e constituem componente de grande peso molecular.

O ligante é um ingrediente muito importante que afeta praticamente todas as características da tinta, precipuamente: na aderência, resistência ao surgimento de bolhas, rachaduras e deslocamento; calcinação e resistência à abrasão e ao descolorimento; espalhamento, nivelamento, estabelecimento da película e brilho. Verniz são os ligantes sem a presença de pigmentos produzem um acabamento transparente e brilhante. (MATOS, 2008)

2.9.4 - Solventes.

Para a grande parte das tintas à base de solvente, o elemento líquido é o solvente mais apropriada à tinta, regularmente constituído de hidrocarbonetos alifáticos. Para tintas de emulsão, o líquido é a água. (MATOS, 2008)

Solventes são matérias sem alterações usadas para contribuir na produção das tintas, na solubilização da resina e no monitoramento de viscosidade para favorecer a aplicação. (SILVA, 2011).

Os solventes e diluentes são, designados por Bastos (1999), como líquidos volátil. Os solventes normalmente tem baixo ponto de ebulição e são capazes de dissolver o aglomerante e diluentes aos fluídos parcialmente ou completamente miscíveis com o aglutinante, que são misturados à tinta no ensejo da pintura para moderar a viscosidade a fim de beneficiar o uso.

Este ingrediente volatiliza durante a secagem de uma tinta.(LOPES, 2009).

2.9.5 - Aditivos.

Lopes (2009) detalha que qualquer matéria inserida em pequenas concentrações a produtos de pintura para promover ou modificar uma ou mais propriedades. Existe uma variedade enorme de aditivos usados na indústria de tintas e vernizes, por exemplo: dispersantes, antiespumantes, insecticida, entre outros.

Os aditivos são compostos empregados, em reduzidas quantidades, nas fórmulas das tintas com vários intuitos, tais como: dispersante, antinata, etc. (SILVA, 2011).

Os aditivos são ingredientes que agregados às tintas, tal como em Bastos (2008), oportunizam peculiaridades invulgares às mesmas ou beneficiam nas suas qualidades. Empregados para favorecer nas muitas etapas de manufaturação e proporcionar atributos inerentes ao uso. Os aditivos são compostos que apresentam-se segundo interesses do desenvolvedor da tinta, com fim de aprimorar algumas características ou propriedades próprias.

Segundo Bastos (1999), os aditivos são elementos acrescentados em doses pequenas com a meta de atenuar defeitos ou suscitar características: muitos são aditados para majorar as qualidades da matriz polimérica (fomentadores de

aderência, espessantes, repelentes de água, etc), melhorar a disseminação de pigmentos no momento da produção (dispersantes, umectantes e antiespumantes), acomodar a tinta no decurso do armazenamento (antipeles, anti-sedimentantes e bactericidas), auxiliar a aplicação (agentes reológicos e agentes desespumantes) e estimular a aparecimento da camada (secantes, plastificantes, coalescentes e agentes corretores de defeitos da superfície).

Espessantes e modificadores de reologia, citado por Matos (2008): provem a viscosidade compatível, para que a tinta possa ser usada devidamente e determinam a espessura da película e sua fluidez quando empregado. Os recentes modificadores de reologia assistem as tintas à base de água a: diminuir os respingos quando utilizadas por um rolo; fluírem calmamente e aumentar a vida útil. Os espessantes anteriores, de origem natural são mais vulneráveis à degradação, moderam a viscosidade além de exalar cheiro ruim. Surfactantes: consolidam a tinta de modo que seus compostos não se desprendam ou que se fique grossa demais para ser aplicada; conserva os pigmentos dispersos para o máximo brilho e cobertura; possibilitam o umedecimento da extensão que será pintada para que a tinta não se mova ao ser empregada; asseguram afinidades entre corantes de jeito que a cor exata seja conseguida e não se modifique ao ser usada. Biocidas: denominados conservantes. Há duas espécies centrais que são utilizadas em tintas à base de água: bactericida para impossibilitar que micro-organismo prosperem sobre a pintura; (em particular nas tintas armazenadas em latas repetidamente abertas e fechadas, já que pode infectar; fungicida ou algicida, para impedir o surgimento de fungos e algas na superfície pintada. São empregados em produtos para exterior, e também em tintas indicadas para espaços molháveis como cozinhas e banheiros. Anti-espumas: arrebatam as bolhas de ar que se constituem quando a tinta é produzida ou é posta no misturador/agitador ou é movimentada ou é aplicada com o rolo. Co-solventes e coalescência: são líquidos inseridos além da água: os co-solventes protegem a tinta antes do uso para não causar avarias quando se depara com temperaturas muito pequenas; os co-solventes simplificam a pintura a trincha, o alastramento e o "tempo aberto" (o tempo em que a tinta pode ser utilizada e laborada, antes que inicie a secagem); os co-solventes são compostos orgânicos voláteis (COV's); os coalescentes propiciam a resina a formar uma boa camada quando aplicado até a temperatura mínima aconselhada.

2.10 - SECAGEM POR COALESCÊNCIA

Este modo de secagem sobrevêm em tintas com aglomerante de resinas de dispersão aquosa e pode ser sistematizado conforme a Figura 2.39. (MATOS, 2008)

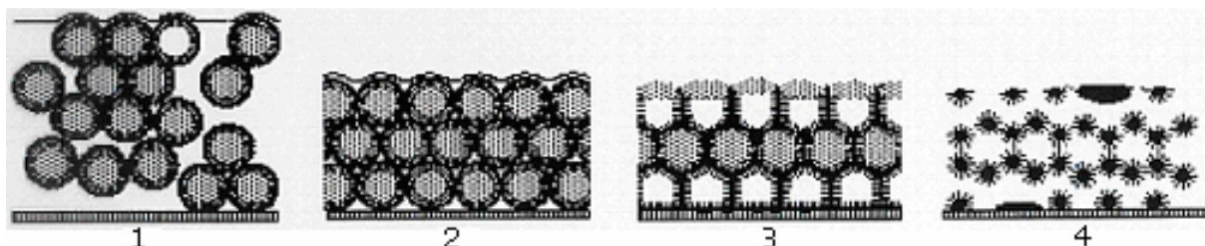


Figura 2.39 - Ordem do evento de secagem por coalescência. Fonte: (MATOS, 2008)

2.10.1 – Sequência da secagem por coalescência:

2.10.1.1 - Concentração da dispersão:

Depois da utilização de uma tinta de emulsão verifica uma redução do espaço entre as partículas esféricas de resina sintética em emulsão, por vaporização de uma parcela da água da superfície da tinta. (MATOS, 2008)

2.10.1.2 - Empacotamento das partículas:

Quando o decremento da água alcançar cerca de 66% do volume de água efetiva na película, sucede a coagulação da emulsão (MATOS, 2008). A emulsão transforma numa estrutura de gel, cuja a movimentação dos corpúsculos fica bem diminuída. (MELO, 2005).

2.10.1.3 - Deformação das partículas:

Devido à pressão superficial e às forças capilares, informado por Matos (2008), formam-se meniscos côncavos de água nas regiões interfaciais entre as partículas de polímero e a água. Estes espaços, designados como “canais de escape” são os lugares por onde a água remanescente sai, já que não pode

atravessar a superfície da película de emulsão, que é insolúvel em água.

2.10.1.4 - Interdifusão do polímero:

As forças capilares aumenta na proporção que os interstícios ficam menores, causando pressões demasiadamente altas. Estas pressões de efeito contrário às forças que se repulsão entre si, impelem os corpúsculos a aglutinarem-se reciprocamente, acabando com os locais existentes no meio das partículas de resina sintética. Os pigmentos e a resina são o que resta na superfície no momento que a tinta seca e a fração líquida evapora. Juntos, são chamados de pate sólida da tinta. Matos (2008).

2.11 - PROPORÇÃO ENTRE SÓLIDOS E LÍQUIDOS DE DUAS TINTAS

Quando uma tinta é empregado com uma medida de grossura, e após a secagem, é a proporção entre sólidos e líquidos que determina a espessura que o filme de tinta vai ter depois de seco; como se observa na figura 2.40.

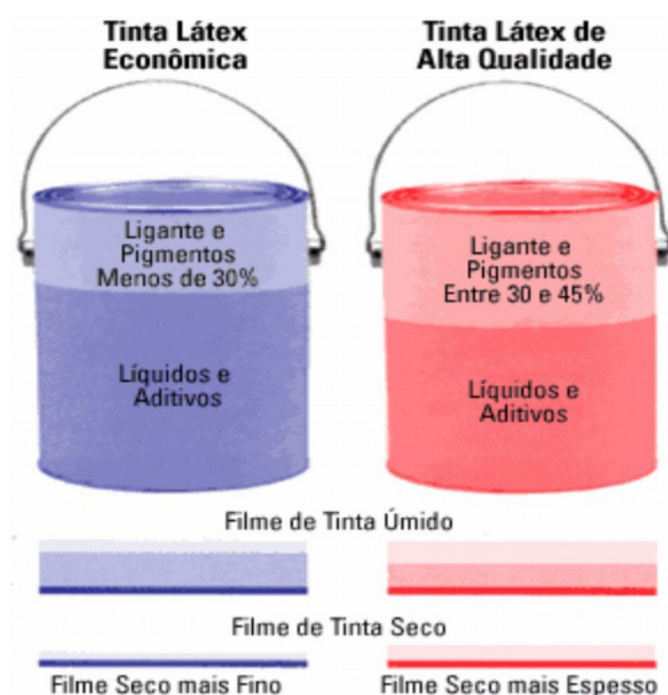


Figura 2.40 - Porcentagem de sólido em litros de látex

Fonte: (MATOS, 2008).

Conforme Matos (2008), quanto maior quantidade de sólidos na tinta, resulta uma camada de película seca mais espessa, que melhora a cobertura e a durabilidade. Por esse motivo, é proposto que as tintas não sejam diluídas acima do aconselhado pela indústria, já que isso diminui a quantidade de sólido por volume da tinta. O conteúdo sólido de uma tinta acha-se estabelecido no seu boletim técnico. O peso dos sólidos numa tinta é comumente maior do que o seu volume de sólidos, mas o volume de sólidos é um índice de melhor performance do que o peso dos sólidos. Os químicos que fabricam as tintas utilizam um índice intitulado PVC para detectar a taxa de pigmento em correspondente ao ligante na elaboração de uma tinta. O PVC é uma confrontação dos volumes relativos (não dos pesos) entre o total de pigmento e de ligante e é aferido da seguinte maneira:

$$\%PVC = \frac{\text{Volume de pigmento}}{\text{Volume total de tinta}} \quad \text{Equação 2.1}$$

Mesmo que diferem muito consoante com a espécie e tamanho do pigmento usado, as faixas mais correntes de PVC ligados com diversos valores de brilho de tinta são (tabela 2.8):

Tabela 2.8 – Classificação do PVC (MATOS, 2008)

Tipo de tinta	PVC
Brilhante	<20%
Semibrilho	30-35%
Acetinado	35-45%
Fosco	45-80%

Uma vasta oscilação de quantidade de pigmentação, segundo MATOS (2008), verifica-se na produção de tintas foscas. Tintas foscas de melhor atributo, tanto para interiores como para exteriores, têm um PVC's em torno de 38 e 50%. Normalmente essas tintas têm mais aglutinante acessível por porção de pigmento, terão durabilidade maior do que outras tintas foscas com elevado PVC, se as outras qualidades não alterarem, como resistência à abrasão e ao manchamento em interiores; fixação de cores, resistência a calcinação, resistência ao desenvolvimento de algas e fungos e durabilidade para destinação em exteriores. Pintores

profissionais reiteradamente optam por tintas foscas mais pigmentadas para interiores de edificações recém-construídas para disfarçar irregularidades na obra (particularmente as juntas das paredes) e pela harmonização dos arremates. Para aplicação externa das tintas foscas com maior PVC não são tão propícias quanto às de menor PVC, notadamente em climas muito frios ou para emprego sobre madeira.

2.12 - PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Antes de utilizar um sistema de pintura é fundamental que a região do material seja totalmente isento de sujeira, ou seja, descontaminado de oxidações ou substância diferentes que possam interromper ou intervir o desempenho de um sistema de pintura. Se a superfície do substrato conter uma rugosidade, a sua área de contato amplia o que fará com que a aderência da tinta eleve. As técnicas de preparação consistem da superfície a proteger e da seleção do esquema de tintas dependendo da agressividade do meio ambiente. No entanto deve-se considerar o custo de preparação, tempo e métodos disponíveis. A preparação de superfícies metálicas subordina-se à natureza do suporte, à sua espessura, ao esquema de pintura e às condições de serviço. As impurezas existentes na área de interação são: ferrugem, contaminantes e calamina (óleos, gorduras, poeiras e sais). Na preparação das superfícies são empregados alguns métodos de limpeza. Existe a limpeza química, que compreende na aplicação de produtos químicos para a remoção dos óleos, gorduras e sais e a limpeza por ação mecânica que utiliza métodos físicos para a retirada de ferrugem e calamina. Os primeiros métodos de limpeza deverão eliminar os óleos, as gorduras e os sais, só após é que será tirada a ferrugem e a calamina. Para remover os óleos e as gorduras procede-se o primeiro passo de limpeza, que consiste em exaurir do local com solventes ou detergentes e termina-se este passo com uma limpeza usando decapante. Em seguida são suprimidos os sais, para tal é empregado a hidrojateamento que consiste em jatos de água sob pressão. Por fim é excluída a ferrugem e a calamina, utilizando-se a decapagem com abrasivos. A decapagem com abrasivos constitui em arremessar, contra a face do substrato, abrasivos a grande velocidades. Os métodos usados para a preparação de superfícies são definidos por siglas. Estas siglas são seguidas de um número que indica o grau de preparação. As siglas utilizadas para

exemplificar o método utilizado podem ser, por exemplo, as referidas na norma ISO 8501-1:2007: (LOPES, 2009).

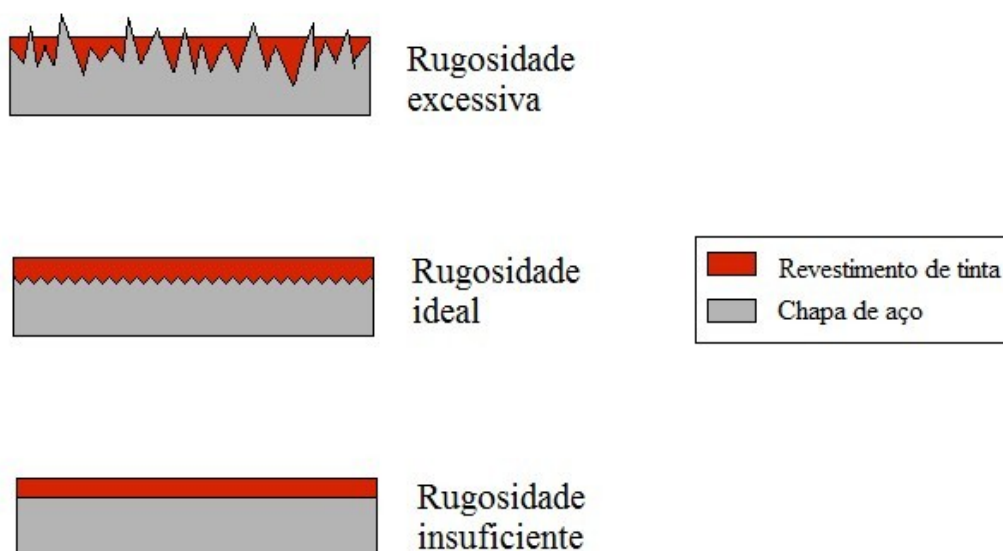


Figura 2.41 - Perfis de rugosidade Fonte: (LOPES, 2009)

2.13 - APLICAÇÃO DA PINTURA:

Para conservar os materiais contra deteriorações geradas por agressividades ambientais ou pelo contato de outros elementos são empregados envoltórios de tinta. Estes forros são fáceis de aplicar e o seu valor não é muito exagerado. Mas se a tinta não for bem utilizada a cobertura não suporta às circunstâncias externas e por decorrência não preserva o substrato. Um Sistema de pintura inteiro é estruturado por três camadas de várias tintas. A primeira camada de tinta é chamada de primária ou selante, e como está em contato com o suporte deve manifestar propriedades protetoras e uma boa aderência. Como função de proteção pertence às primárias, logo as tintas anticorrosivas são utilizadas nesta camada. Sobre os selantes é executada uma camada intermediária, que é formada por uma tinta que tem como fim engrossar o esquema e construir uma boa conexão entre a primária e o acabamento. Por fim é aplicado o acabamento que é motivador da aparência final (cor, brilho). Citado por Lopes (2009)

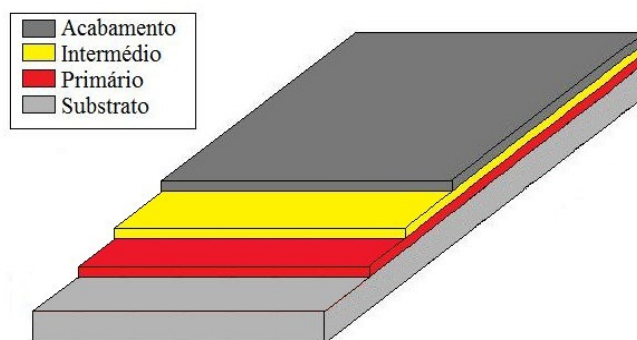


Figura 2.42 - Esquema completo de pintura Fonte: (LOPES, 2009).

2.14 - GALVANIZAÇÃO A FOGO

Galvanização a fogo ou zincagem por imersão a quente é a cobertura metálica que se adquire por mergulho do material metálico em um metal fundido. Quando uma exemplar de aço é submerso em um banho de zinco, há um ciclo inicial de segundos ou minutos, que é função das extensões da porção, em que o aço é conduzido até a temperatura da imersão. Ao completar esta temperatura, ou perto, constitui-se uma camada aderente de liga de zinco-ferro na superfície do aço (diverso do método eletrolítico, no qual a camada formada é composta por zinco puro) e, quando a peça é recolhida da submersão, nota-se sobre a camada de liga de zinco-ferro outra de zinco puro. Ambas as camadas contribuem para a eficiência da resistência a corrosão e para a durabilidade do revestimento utilizado. A figura 2.43 evidencia a ordenação das camadas agrupadas neste procedimento. (BASTOS, 2008).

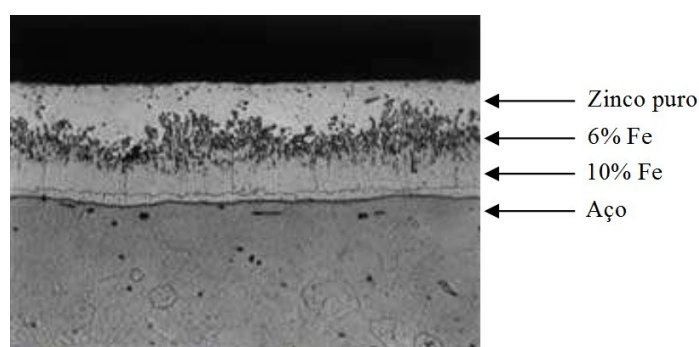


Figura 2.43 - Seção esquemática de uma cobertura galvanizada, mostrando as camadas entre metais. Fonte: (BASTOS, 2008).

2.15 - PINTURAS EM GALVANIZADOS

A pintura sobre as faces galvanizadas só é aconselhável quando a peça vai ser empregada em ambientes fortemente agressivos, bem como em BASTOS (2008). Uma camada de 85µm permite uma vida útil acima de 20 anos, até mesmo em ambientes semi-industriais. Contudo, se usada em lugares capazes de mitigar seriamente sua vida, então admitirá à aplicação de pintura, onde esta pode amplificar a durabilidade da camada para mais do dobro.

Na Austrália, a Australasian Zinc Development Association, realizou uma pesquisa onde constatou benefício de se pintar sobre a galvanização. Na Figura 2.44 está demonstrado o gráfico onde é visto uma síntese da investigação. Exposto por BASTOS (2008).



Figura 2.44 - Tempo para manutenção devido ao início da corrosão Fonte: (BASTOS, 2008)

No estudo realizado pela entidade australiana, citado por Bastos (2008), foi verificado que o aço pintado apresentou corrosão após três anos; o mesmo material, porém galvanizado, exposto a corrosão após quatro anos; e o aço galvanizado e pintado, perdurou mais de 10 anos. A elucidação para este recurso é a sinergia, entre os frutos da corrosão do aço são mais volumosos, conta com alta solubilidade e em três anos erguem e arruinam a tinta. Já os efeitos de zinco são menos volumosos, menos solúveis e após três anos ainda não lesionam a camada de tinta que prossegue preservando, mostrado na figura 2.45. A duração de 11 anos é superior do que a somatória dos tempos individuais ($3 + 4 = 7$). As tintas são idênticas, as espessuras das camadas de tintas são as mesmas, mas a sua vida útil sobre o zinco é maior.

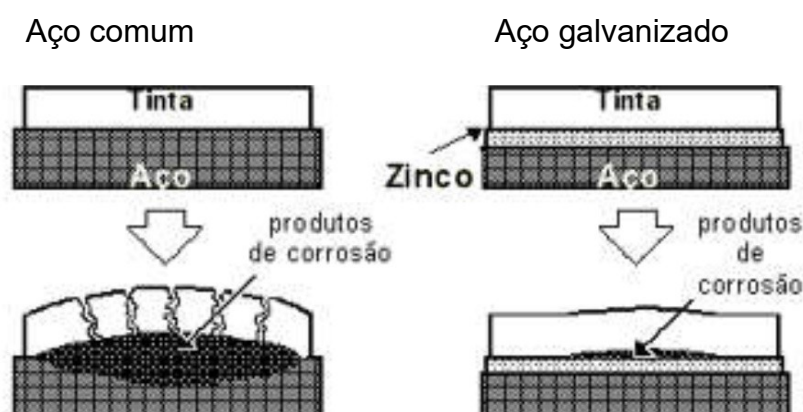


Figura 2.45 - Volume de corrosão do aço e do zinco. Fonte: (BASTOS, 2008).

2.16 - LIGAÇÕES

Os problemas geralmente se encontram nos elos de ligação que em estruturas metálicas são soldadas ou parafusadas.

2.16.1 - Ligações parafusadas

As ligações parafusadas, equitativamente em Milek & Scheer [20--?], são extensivamente empregadas na montagem final, já na edificação, quando a estrutura está perto de seu término. Por ocupar-se de uma ligação com grande grau de flexibilidade, há a obrigação de precauções específicas na sua realização para que o estado in situ da estrutura se aproxime das previsões de projeto. O uso de rebites substituíram as ligações parafusadas. Embora demandem da providência anterior de material (porcas e parafusos), da produção com dimensões precisas e do pleno supervisão das áreas líquidas para conter esmagamentos, carregam privilégios como: agilidade na execução das ligações, moderação no consumo de energia usada, requer qualificação baixa do trabalhador se confrontada à solda e maior resistência à fadiga.

Existem, segundo Castro apud Milek & Scheer [20--?], três categorias de falhas associadas às ligações parafusadas. São elas: o colapso da ligação, as corrosões e o detalhamento inadequado.

2.16.1.1 - Categorias de ruínas por (CASTRO, 1999):

2.16.1.1.1 - Cisalhamento do fuste do parafuso:

O parafuso parte devido à influência de uma tensão de cisalhamento acima da resistência de cálculo.

2.16.1.1.2 - Rasgamento da chapa junto ao parafuso:

Aparece devido a ineficácia no cálculo da chapa, habitualmente com medidas exíguas para o carregamento. A chapa pode ter seu orifício dilatado, o que ampliará a flexibilidade da estrutura, ou pode ter sua face despedaçada na direção da tensão.

2.16.1.1.3 - Esmagamento/estriccionamento do fuste do parafuso:

Procede identicamente ao cisalhamento do parafuso, provocando grande deficiência no parafuso e seu consecutivo escoamento. O resultado para a estrutura é que sofrerá grande deslocamento.

2.16.1.1.4 - Esmagamento da chapa:

É a possibilidade que a chapa não romper, porém o escoamento proporcionado na área do furo pode suscitar graves deslocamentos à estrutura.

2.16.1.1.5 - Tensionamento axial do fuste do parafuso:

Algumas ligações são calculadas com apenas a sua resistência axial do parafuso. Se a tensão exercida pela tração do parafuso seja maior que à resistência da haste, o parafuso pode escoar e romper, colapsando a estrutura.



Figura 2.46 - Parafuso torto numa ligação. Fonte: (CASTRO, 1999)

2.16.1.1.6 - Dobramento do parafuso:

Em parafusos grandes podem surgir momentos suficientes para torcer o parafuso. Na figura ao lado, temos um exemplar de parafuso dobrado, que também acontece na elaboração da estrutura, quando essa se destoa do projeto, com imperfeições nas medidas, vícios de implantação da construção ou erros no posicionamento dos orifícios.

2.16.1.1.7 - Rasgamento global da chapa na ligação:

Acontecendo que a tensão ordinária é maior que a tensão de escoamento da chapa, arrebatando-a não exclusivamente na área do parafuso, mas inteiramente na secção transversal da peça.

2.16.1.2 - Corrosão em ligações parafusadas

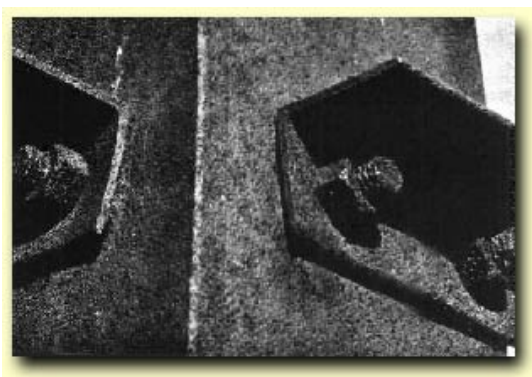


Figura 2.47 - Corrosão por frestas Fonte: (CASTRO, 1999)

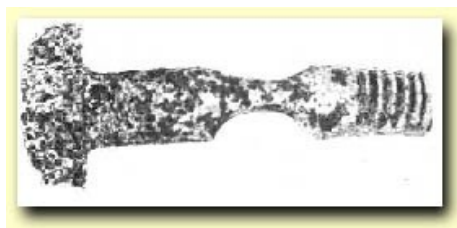


Figura 2.48 - Corrosão no parafuso Fonte: (CASTRO, 1999)

O processo de corrosão surge em virtude da presença de água nas frestas. O fato é minorado barrando-se o acesso de umidade com argamassa na hipótese de estruturas revestidas e quando não argamassada com pinturas anticorrosivas ou com mástiques na borda da fresta.

2.16.1.3 - Detalhamento inadequado em projeto

2.16.1.3.1 - Dificuldade de realização de aperto

Uma imensa dificuldade encontrada nas edificações é a frequência de lugares inatingível para atarraxar dos parafusos. Devem ser previstos no projeto áreas para simplificar a consumação da montagem. Deve-se recordar que para efetivar a ligação, é necessário inserir o parafuso no buraco, depois por na outra face a arruela e a porca e ainda ter espaço para a deslocamento da ferramenta de aperto e do braço do operário. Na figura ao lado, no destaque, podem ser percebidos dobramentos nos perfis para colocação dos parafusos, essa conduta pode ser prejudicial à estrutura.



Figura 2.49 - Amassamento em ligação para acesso ao furo Fonte: (CASTRO, 1999)

2.16.1.3.2 - Gabarito errado



Figura 2.50 - Falta de furo no pilar Fonte: (CASTRO, 1999)

Sobrevém quando o detalhamento é projetado de modo desigual as peças da mesma ligação. Há uma predisposição para a reprodução da falha em projetos com medidas de furação que se repetem diversas vezes. Outra causa que provoca esse defeito é a particularidades de partes que apesar de serem semelhantes, são fixadas diferentemente em cada lado. Comumente essa manifestação patológica aparece devido à não respeito das modificações de um projeto. Muitas vezes são realizadas alterações no projeto e não são repassadas para todos os níveis de execução, chegando na obra uma versão anterior, ao fabricante um exemplar atualizado e no escritório um protótipo com modificações sendo feitas. Milek & Scheer [20--?].

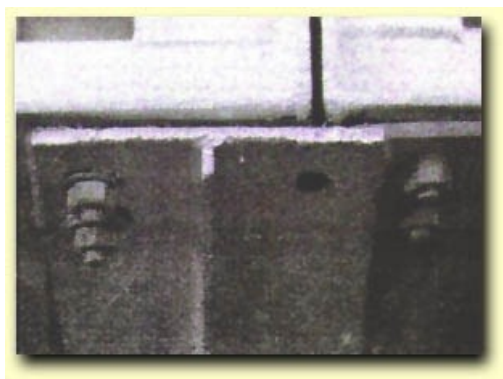


Figura 2.51 - Desalinhamento generalizado Fonte: (CASTRO, 1999)



Figura 2.52 - Parafusos fora da chapa Fonte: (CASTRO, 1999)

2.16.1.3.3 - Erro de cálculo do comprimento das peças

Imperfeições muito comum de encontrar e que denota a ausência de cautela durante o projeto. Ordinariamente desponta por lapsos de aferição pois envolve ângulos, distâncias e diminuições em razão da configuração retangular dos componentes em geral. Estorvam o prosseguimento da edificação pois abrangem retrabalho das partes como novos orifícios em razão do corte das extremidades ou soldas para integralizar o comprimento das peças. Também podem despontar inexatidões no cálculo das dimensões dos parafusos, de feito a procrastinar a montagem. Temos dois exemplos de vícios pertencente ao comprimento das partes. Na figura 2.53, um componente que teve de ser soldada por causa da insuficiência de comprimento na fabricação. Como pode ser observado, a estética da estrutura fica estragada e a porção contínua com buracos sem finalidade que diminuem sua resistência. Na figura 2.54, uma peça que fora produzida com o comprimento maior do que o pedido, esse caso é menos controverso que o anterior pois inclui unicamente o corte e nova furação, sendo desnecessária a solda. Referido por Milek & Scheer [20--?].



Figura 2.53 - Falha no detalhamento Fonte: (CASTRO, 1999)



Figura 2.54 - Falha no detalhamento Fonte: (CASTRO, 1999)

2.16.1.3.4 - Parafuso incompatível com a ligação

Existe o perigo da mistura de parafusos em montagens, colocando-se parafusos comuns na posição dos de alta resistência, especificados em projeto. Essa confusão pode ser trágica e acarreta em atenção na recepção e na estocagem dos materiais, bem como na reputação do fornecedor. Dito por Milek & Scheer [20--?].

2.16.1.3.5 - Erros na locação dos furos durante a fabricação

Muitas firmas não possuem um recurso automático de furação, cabendo à mão de obra marcar os furos com trenas e riscadores para efetivar manualmente. O componente todo é propenso à imprecisão, entrando na obra com medidas errôneas que emperram a montagem ou fazem o parafuso entrar de modo desalinhado com os orifícios, podendo dobrar quando carregado. Milek & Scheer [20--?].

2.16.1.3.6 - Falta de aperto do parafuso



Figura 2.55 - Espaço apertado Fonte: (CASTRO, 1999)

Em muitas construções, as estruturas metálicas são empreendidas de maneira acelerada, deixando para trás ligações inacabadas ou mal feitas. Os parafusos agem ou por atrito ou por contato, sendo prescrito o seu aperto pela NBR 8800/08. A supressão de aperto pode então incapacitar uma ligação, causando-lhe flexibilidade impensada e possibilidade de ruína por intensificar esforços em outros locais de ligação Milek & Scheer [20--?].

2.16.1.4 - Tipos de ruptura da ligação parafusada em peças tracionadas:

2.16.1.4.1 - Insuficiência de material na separação no buraco.

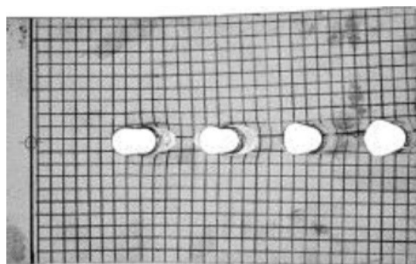


Figura 2.56 - Rasgamento da chapa Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013)

2.16.1.4.2 - Cisalhamento entre os parafusos.

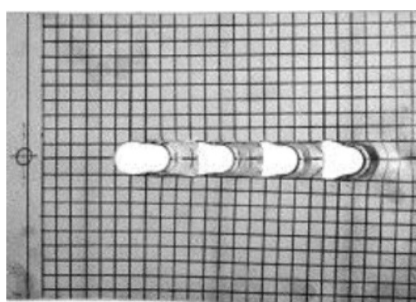


Figura 2.57 - Cisalhamento entre os parafusos Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013)

2.16.1.4.3 - Falha na seção transversal.

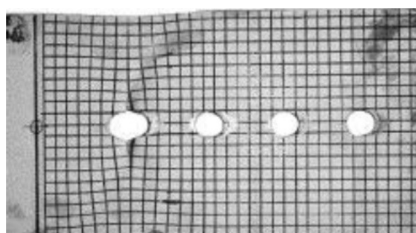


Figura 2.58 - Ruptura do material da chapa Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013)

2.16.1.4.4 - Cisalhamento no parafuso.

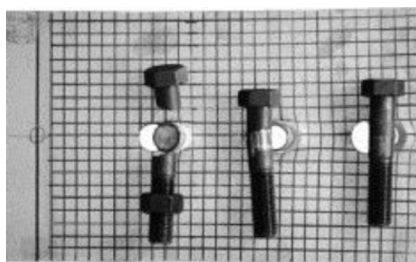


Figura 2.59 - Cisalhamento no parafuso Fonte: (MOZE apud LEÃO & ARAGÃO, 2013)

2.16.2 - Ligações soldadas

Os processos de soldagem empregados para fabricação e montagem de estruturas metálicas, podem apresentar muitos modos de descontinuidades, ou defeitos, que afetam a integridade, a performance, a competitividade e qualidade dos projetos e componentes. Esses processos que são usados frequentemente na produção e montagem de estruturas e conjuntos soldados, e as causas possíveis para minimizar e consertar as deformidades que aparecem são:

Defeito - é a deficiência ou agrupamento de irregularidades, que torna a ligação soldada ou parte, inapta de atender as condições mínimas de aceitação da sua norma de montagem.

Descontinuidade- É uma suspensão da estrutura típica da solda, como falta de uniformidade nos seus atributos mecânicos, metalúrgicos ou físicos. Uma descontinuidade não é forçosamente um defeito. Ela pode ser causada por uma trinca ou pela inserção de uma segunda substância: gás, inclusão de escória. As descontinuidades podem ser classificadas quanto à origem e a forma. No trabalho de Wendel Fernandes da Rocha apud Sanches (2010), afirma que é qualquer paralisação da estrutura natural ou esperada. Nesta direção pode se reputar como descontinuidade qualquer mutação na homogeneidade nas propriedades físicas, mecânicas ou metalúrgicas do material ou da solda.

As descontinuidades se dividem em três tipos: dimensional, estrutural, relacionadas com as propriedades indesejáveis da região da solda.

Dimensionais - Na fabricação de uma estrutura soldada é imperativo que tanto a estrutura como as suas soldas tenham dimensões e formas similares (obedecendo as tolerâncias permitidas) às estipuladas em desenhos, projetos ou contratos. Uma ligação que não acata esta imposição pode ser declarada

defeituosa, sendo urgente a sua reparação para aceitação final.

Exemplo um copo de vidro com pequenas bolhas de ar no interior de sua parede, formadas devido a imperfeições na de fabricação, pode ser usado sem prejuízo para o usuário. Essas imperfeições são denominadas como descontinuidades. Mas, caso essas mesmas bolhas fossem de face a face copo, de modo a possibilitar o extravasamento do líquido do interior para a parte externa, elas seriam nomeadas como defeitos, pois impediriam o uso do copo como mostrado na figura 2.60. (OLIVEIRA, 2013)

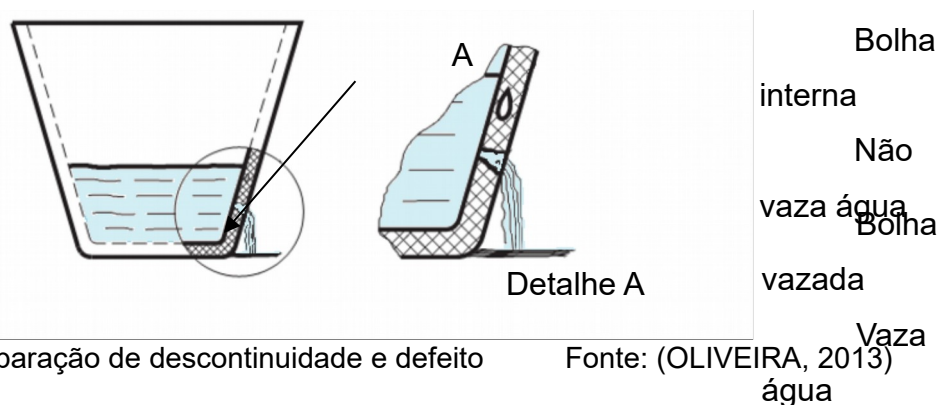


Figura 2.60: comparação de descontinuidade e defeito

Fonte: (OLIVEIRA, 2013)

As descontinuidades estruturais podem ser:

Distorção - É a mudança de forma da peça devido às deformações térmicas do material durante a soldagem, conforme a figura 4.61.

Preparação incorreta da junta - Inclui a falha ao produzir um chanfro com as dimensões ou forma fora das especificações, conforme a figura 4.62.

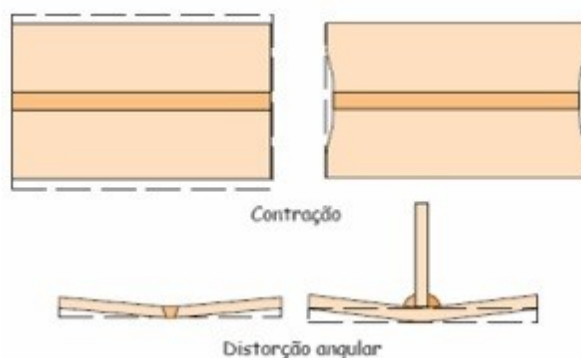


Figura 2.61 - Distorções

Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010)



Figura 2.62 - Juntas incorretas Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010)

A figura 2.63 apresenta esta falha detectada em campo, apresentando grosseira falha na preparação de uma junta entre duas peças a serem soldadas. (SANCHES, 2010)



Figura 2.63 - Verificação em campo de juntas incorretas Fonte: (SANCHES, 2010)

Dimensão incorreta da solda (perfil do cordão) - O tipo de cordão de solda é relevante pois alterações repentinas procedem como concentradores de tensão, facultando a manifestação de trincas viabilizando o aprisionamento de escórias. A figura 2.64 mostra algumas das múltiplas deformidades nas dimensões dos cordões de solda.

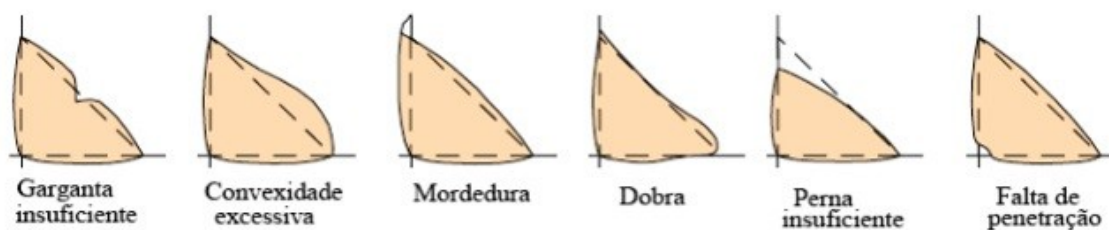


Figura 2.64 - Dimensões das juntas Fonte: (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS apud SANCHES, 2010)

2.16.2.1 - Descontinuidades estruturais

As principais descontinuidades são:

Porosidade: definida como um espaço vazio formado pelo aprisionamento de gás durante a solidificação. As causas da existência de porosidade estão relacionadas com as contaminações de sujeira, oxidação e umidade, na superfície do metal de base e consumíveis de soldagem. (SANCHES, 2010)

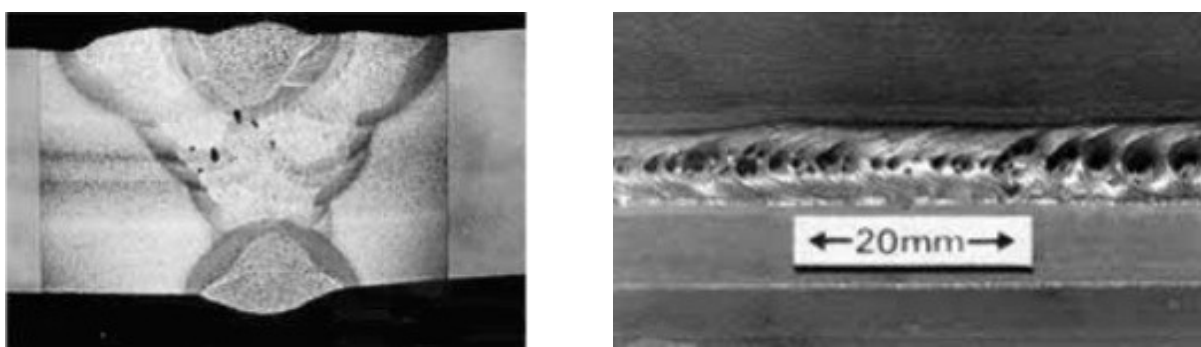


Figura 2.65 – Micrografia apresentando porosidade e porosidade superficial Fonte: NOVAIS (2010).

Falta de Fusão e Falta de Penetração: Distingue-se por uma inexistência de fusão, isto é, ausência da contiguidade entre o metal depositado e o metal base ou entre os dois cordões adjacentes. Correntemente desponha no local de fusão, entre os passes de solda ou na raiz da solda.



Figura 2.66 – Porosidade Fonte: (SANCHES, 2010)

Distingue-se por uma inexistência de fusão, isto é, ausência de contiguidade

entre o metal depositado e o metal base ou entre os dois cordões adjacentes. Correntemente desponta no local da linha de fusão, entre os passes de solda ou na raiz da solda. Detalhado por SANCHES (2010).



Figura 2.67 - Junta com Mordedura Falta de Fusão e Respingos. Fonte: (NOVAIS, 2010)



Figura 2.68 – Falta de fusão Fonte: (SANCHES, 2010)

Respingos: Partículas metálicas expelidas durante a soldagem por fusão e que não fazem parte da solda. Podem ficar aderidas nas adjacências da solda ou não.

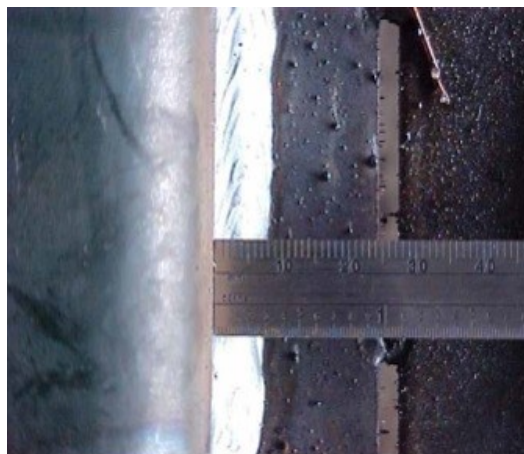


Figura 2.69 - Junta com Respingos Fonte: (NOVAIS, 2010)

Mordedura: É a formação de depressão ou entalhes no pé do cordão, isto é, entre a metade base do cordão de solda. Significam a diminuição da seção resistente e, conseqüentemente, um enfraquecimento da junta soldada.



Figura 2.70 - Junta com Cordão desalinhado e Mordedura Fonte: (SANCHES, 2010)

Trincas – São consideradas as descontinuidades mais graves em soldagem, fortes concentradores de tensão, podendo favorecer o início de fratura frágil na estrutura soldada.

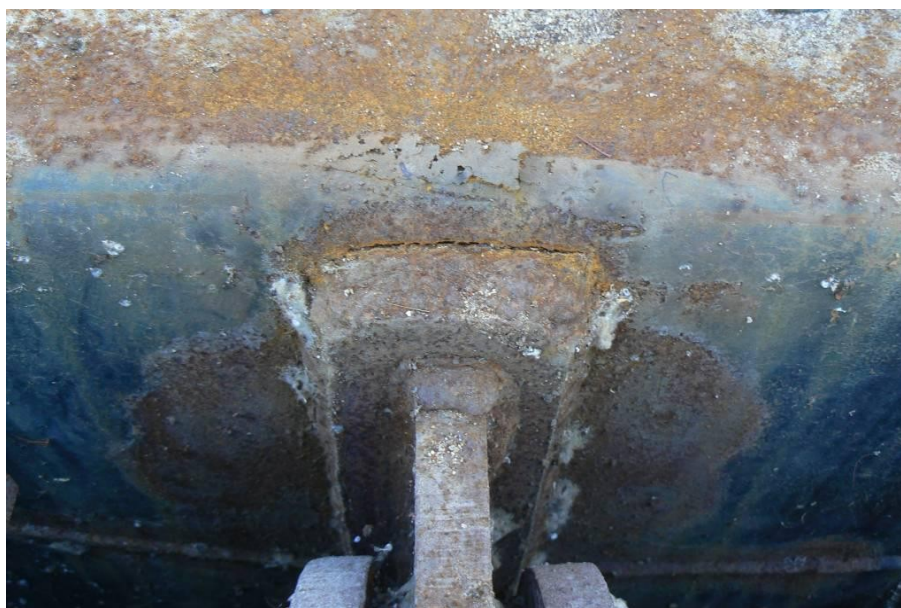


Figura 2.71 - Trinca na solda Fonte: (SANCHES, 2010)

Inclusões de escória - Segundo SANCHES (2010) , no decurso da fusão e solidificação da poça de fusão, advém diversas reações, que tem como resultante o surgimento de partículas de óxidos e outros sólidos não metálicos, confinado dentro dos passes de solda ou entre o metal de solda e o metal de base, embasados por componentes poucos solúveis.

2.16.2.2 - Propriedades inadequadas

As soldas depositadas em uma peça ou estrutura devem possuir qualidades (mecânicas, químicas etc.) equiparáveis para os usos requeridos. Estas características são usualmente minuciadas e verificadas em exames de classificação ou em exemplares retirados de um lote da fabricação. Os exames mecânicos são resistência, tração, escoamento, ductilidade e tenacidade da junta soldada. As análises químicas são relevantes e englobam a composição química e resistência a corrosão.

2.17 - ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Como dito por Silva (2013), os Ensaio Não Destrutivos (END) são

metodologias empregadas para vistoria de materiais, componentes ou sistemas sem danificar. São muito usados nas fábricas por economizarem tempo e dinheiro e por não avariarem o uso das peças inspecionadas. Têm diversas finalidades como: identificação, localização e dimensionamento de descontinuidades; detecção de fugas; caracterização estrutural e microestrutural; verificação de propriedades mecânicas e físicas; classificação de materiais e determinação de composições químicas.

São aplicados em qualquer etapa na produção ou no ciclo de vida de uma peça, de acordo com relato de Silva (2013). Por exemplo para auxiliar no desenvolvimento de um produto; para verificar e aprovar materiais recebidos; para monitorar, aperfeiçoar e controlar processos de fabricação; para averiguar os próprios processos como por exemplo o tratamento térmico; para investigar montagens; para conferir avarias acarretadas em serviço, dentre muitas outras. Os END fundamentam-se em princípios físicos nomeadamente ondas eletromagnéticas, ondas acústicas, emissão de radiação, entre outros. Os ensaios convencionais integram os ultrassons, magnetoscopia, líquidos penetrantes, correntes induzidas e radiografia.

2.17.1 - Inspeção visual

O ensaio de inspeção visual é o mais descomplicado dos métodos de inspeção não destrutiva que pode ser feito em uma soldagem. Comumente, pode-se afirmar que é um método para definir a aceitabilidade dos componentes fabricados por usinagem, soldagem, ou qualquer outro processo produtivo, que expressem como exigido um grau de qualidade, por mínimo que seja. No entanto, o expediente subordina quase que tão somente da avaliação individual de cada inspetor. Para existir uniformidade nas atividades, é preciso um procedimento de inspeção adotado e de inteiro conhecimento do profissional que fará o serviço. Além do procedimento, o inspetor deve estar acostumado com todos documentos usados à obra. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

O exame visual direto é efetuado de maneira corriqueira, quando da admissão visual, ao material em análise é satisfatório para que se possa estar a uma distância não superior a 600 mm, de conformidade com alguns códigos e normas, de um lugar

da superfície a ser investigada, precisando de um ângulo não menor a 30° , em relação à mesma superfície, conforme figura 2.72. Podem ser empregados espelhos para ampliar o ângulo visual, como também lentes de aumento. Explicitado por Sampaio (2009)

Figura 2.72 -



Disposição do observador para a peça examinada. Fonte: (SAMPAIO, 2009)

2.17.1.1 - Processo Executivo

O local onde se efetiva a prática de inspeção, consoante SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997) deve estar limpo, ordenado e satisfatoriamente claro, com iluminação artificial ou natural. Os lugares com dificuldade de visibilidade podem ser averiguado com ajuda de lentes ou espelhos ou boroscópio. Quando se usa luminosidade artificial, deve-se calcular a intensidade conveniente para impedir reflexos na face da peça, singularmente em materiais reflexivos como alumínio e aço inoxidável. Cordões inatingíveis em artefatos concluídos devem ser inspecionados ao londo das atividades.

O objeto, a inspecionar segundo a COMUNIDADE EUROPEIA (1999), é iluminado com uma fonte de luz e, em seguida, examinado pelo inspetor. Trata-se de um teste, no qual a preparação do inspetor que o executa é básico para que os efeitos atingidos sejam fidedignos. Sem dúvida, refere-se a um ensaio não destrutivo que deverá anteceder qualquer outro, na proporção que, assim, se possibilitará tirar e apurar questões de interpretação de resultados.

Inspeção da soldagem, detalhada por SERVIÇO NACIONAL DE

APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997), principia-se com as conferências antes da soldagem. O primeiro passo é a verificação da documentação que estarão envolvida na realização de soldagem. Essa papelada é a qualificação do procedimento de soldagem, o certificado de qualificação do soldador, a validade das amostras de produção, se especificadas no procedimento, e os certificados dos materiais envolvidos tanto material de base quanto no material de adição. Começada a soldagem, deve-se acompanhar para certificar se as exigências pré-especificadas na liberação dos serviços estão sendo preservadas. Este poderá ser contínuo, tomando as informações de cada cordão feito, ou momentâneo, vistoriando de tempos em tempos os requisitos das atividades. Terminada a soldagem, deve ser certificado no procedimento se há determinação para tratamento de pós-aquecimento. Em caso positivo o pós-aquecimento deve ser ativado logo após a soldagem e acesso à peça.

Em soldagens, conforme a COMUNIDADE EUROPEIA (1999), o ensaio por inspeção visual é operado constantemente na identificação de imperfeições, tais como: bordas queimadas, sobre-espessura dos cordões, forma das estrias de solidificação (ligado a velocidade de execução dos cordões, defeitos superficiais (crateras) e falta de penetração.

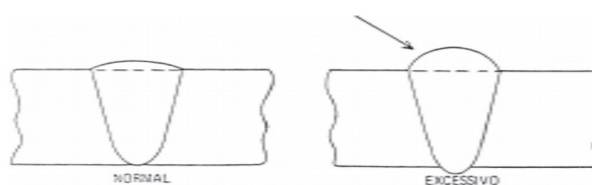


Figura 2.73 - Sobre-espessura de cordão de solda Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999)

Em seguida, de acordo SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997), inicia-se a comprovação dos demais pontos: conferência das dimensões da soldagem e do componente, inclusive distorções; nesta etapa observam-se, defeitos na marcação na unidade, as falhas de reforço excessivo e falta de deposição. Esses problemas devem ser sinalizados para análise, e se estiverem fora dos critérios de aceitação, deverão ser refeitos, uma vez que a falta de deposição é um local quebradiço na ligação soldada e reforço excessivo é um acumulador de tensões. A aceitabilidade da soldagem relacionados aos aspectos de aparência deve figurar: estado da superfície, presença ou não de respingos, etc.

Verificar a existência ou não de irregularidades de soldagem, tais como: trincas, mordeduras, poros, sobreposições e outros. Por fim, não aprazível mas indispensável, procurar indícios de disfarçamento de deformidades. Estes podem surgir como esmerilhamento exagerado e reforço de solda muito acentuado, entre outros.

Independentemente da expressão mais destacada ser defeito, é significativo ter o exato discernimento de que as informações é que vão identificar na primeira consideração. Após exame mais acurado, as falhas serão identificadas como descontinuidades ou não. Se for identificada como descontinuidade, esta, em relação aos critérios de aceitação das descontinuidades, pode ou não ser uma imperfeição. A marcação na peça deverá ser clara e facilmente visível, com uma cor bem distinta do equipamento, permanente pelo menos até o fim do reparo; deve ser feita fora da zona de soldagem, com produto que não contamine o material e facilmente removível. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

Segundo FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?] - FBTS, a mensuração das cotas para a localização das descontinuidades deve ter a origem na borda da chapa em que está definido o “ponto zero”, conforme mostrado na figura 2.74.

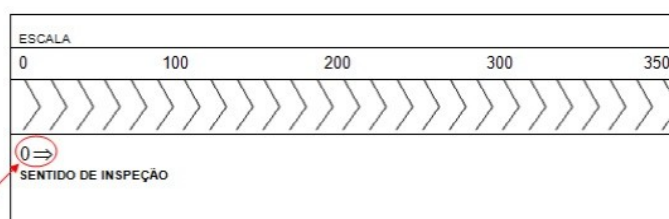


Figura 2.74 - Sentido do início da inspeção.

Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?])



Figura 2.75 - Sentido do início da inspeção.

Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE

TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?])

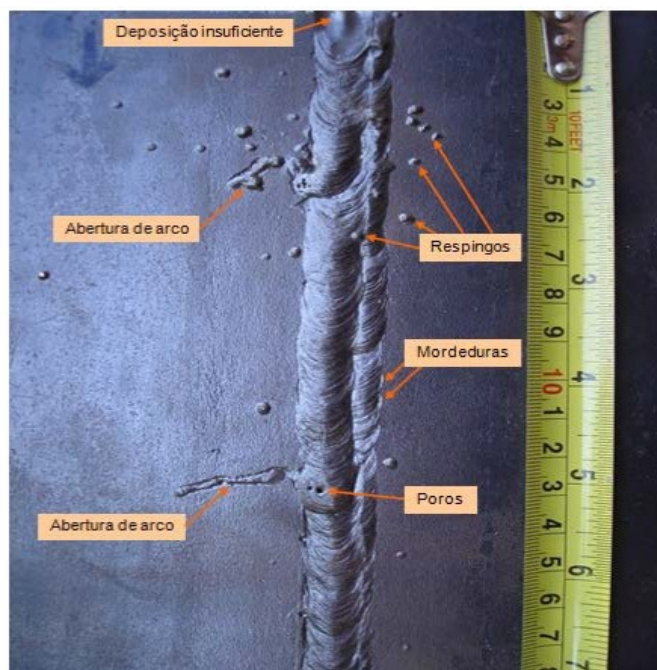


Figura 2.76 - Descontinuidades em uma junta de topo soldada (face).
(FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?])

Fonte:

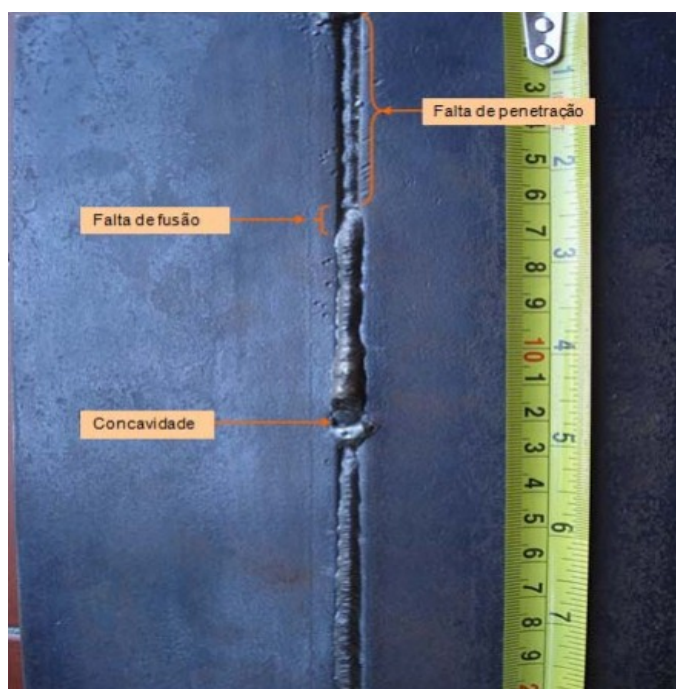


Figura 2.77 - Descontinuidades em uma junta de topo soldada (raiz). Fonte: (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, [20--?])

Os reparos, apontado por SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997), quando houver, deverão ser presenciado como se fossem

soldagem normal, exceto se no procedimento de soldagem for estabelecido um procedimento determinado para a reparação.

2.17.1.2 - Equipamentos

Para dimensionamento de descontinuidades, é essencial o uso de aparelhos compostos de auxílios visuais e instrumentos de medição. Auxílios visuais, como lentes de aumento, lupas e boroscópios. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 1997) Utilizam-se quando se pretende aumentar a dimensão das descontinuidades a observar. (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999)



Figura 2.78 - Microscópio. Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999)

O endoscópio, descrito pela COMUNIDADE EUROPEIA (1999), é um equipamento formado por um tubo, rígido ou flexível, com um sistema óptico anexado, o qual propicia inspecionar superfícies interiores, quando é instalado no componente através de um furo, que pode ter dimensões menores a 2 milímetros.

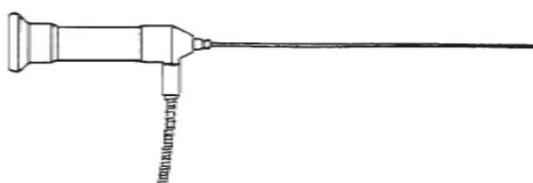


Figura 2.79 - Endoscópio. Fonte: (COMUNIDADE EUROPEIA, 1999)

Instrumentos de medição, régua, paquímetro, transferidor ou goniômetro e gabaritos de solda. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 1997)

2.17.2 - Líquidos penetrantes

O ensaio por líquidos penetrantes é uma técnica aprimorada para a localização de descontinuidades fundamentalmente superficiais, aberturas na face do material. O método principiou sendo empregado antes da primeira guerra mundial, basicamente pela indústria ferroviária na inspeção de eixos. Nessa fase, a metodologia compreendia a aplicação de querosene ou óleo sobre a face da peça e retirá-lo depois várias horas. Sem demora, era espalhada uma combinação de solvente com pó de giz sobre a superfície, que ao secar impregnava, sobre as trincas, com o querosene ou óleo colocado antecipadamente. Nitidamente, este processo facilitava apenas a apuração de grandes defeitos abertos sobre a área da peça. O ensaio por líquidos penetrantes constitui em fazer introduzir na abertura da descontinuidade um líquido; depois da remoção do excedente de líquido da superfície, faz-se o líquido confinado sair da descontinuidade por meio de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então estampada sobre a cobertura do revelador. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.2.1 - Processo Executivo

Pode-se referir o ensaio em fases que são a preparação e a limpeza da superfície, utilização do penetrante, tempo de infiltração, remoção do excedente de líquido penetrante, revelação, tempo de revelação, inspeção, avaliação dos efeitos e limpeza derradeira pós-ensaio. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997).

2.17.2.1.1 - Preparação da superfície - Limpeza inicial

Antes de se começar o ensaio, a superfície deve ser limpa e seca. Não devem conter água, óleo ou outro contaminante. Contaminantes ou exagero de rugosidade, ferrugem, etc, invalidam o teste. Informado por Andreucci (2013).

2.17.2.1.2 - Aplicação do Líquido Penetrante:

Constitui no espalhamento de um líquido penetrante, segundo Andreucci (2013), usualmente de cor vermelha, de tal modo que crie uma camada sobre a superfície e que por capilaridade adentre na descontinuidade. Esperar um certo tempo para que a infiltração se complete.

2.17.2.1.3 - Remoção do excesso de penetrante.

Consiste na retirada do excesso do penetrante da superfície, por meio de produtos apropriados, ajustado com a espécie de penetrantes usados, devendo a superfície ficar isenta de qualquer detrito. Referido por Andreucci (2013).

2.17.2.1.4 - Revelação

Baseia no emprego de uma camada uniforme de revelador sobre a superfície. O revelador é normalmente um pó finíssimo (talco) branco. Pode ser utilizado seco ou em suspensão. O revelador absorve o líquido penetrante das descontinuidades e expondo-as. Deve ser designado tempo de revelação suficiente para êxito do ensaio. Andreucci (2013).

2.17.2.1.5 - Avaliação e Inspeção

Depois da utilização do revelador os traços começam a serem vistos, por meio da mancha estimulado pela absorção do penetrante retido nas aberturas, e que serão alvos de avaliação. Comumente o período de registro das indicações é muito prolongado e confuso, quando a peça expõe diversas irregularidades. Portanto, o conserto o mais breve das soldas refugadas com subsequente reexame. Andreucci (2013).

2.17.2.1.6 - Limpeza pós ensaio

o último estágio, incessantemente vital, é a limpeza de todos os resquícios de produtos, que podem afetar uma fase futura de trabalho do componente (soldagem, usinagem, etc....). Abordado por Andreucci (2013).

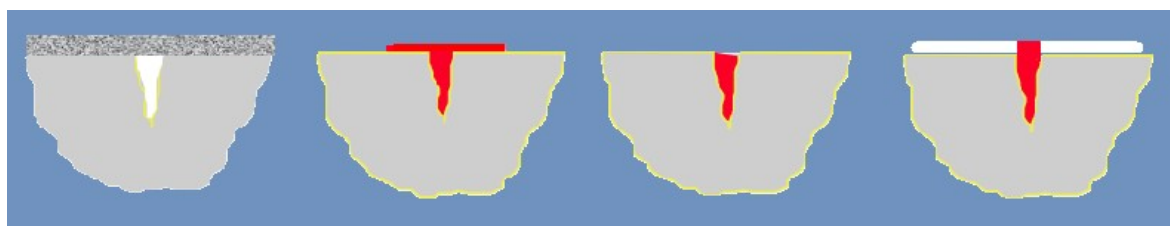


Figura 2.80 - sequência: preparação e limpeza inicial da superfície, tempo de penetração do líquido na abertura, remoção do excesso de líquido da superfície e aplicação do revelador e observação da indicação. Fonte: Adaptado de Andreucci, (2013).

2.17.3 - Partículas magnéticas

O ensaio por partículas magnéticas resume em sujeitar uma peça, ou parte dela, a um campo magnético. Na área magnetizada do componente, as descontinuidades existentes, ou seja, a falta de continuidade das propriedades magnéticas do material, causarão um campo de fuga do fluxo magnético. O uso das partículas ferromagnéticas promove a ajuntamento destas nos campos de fuga, uma vez que serão por eles atraídas em consequência do aparecimento de polos magnéticos. A aglomeração denuncia o contorno do campo de fuga, provendo a visualização da configuração e da dimensão da descontinuidade. Reproduzido (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 1997)

O ensaio opera do seguinte modo, consoante Silva (2013), uma substância ferromagnética é magnetizada com um campo magnético potente gerado por um ímã ou um aparelho equivalente. Se o material tiver uma descontinuidade, esta paralisa o fluxo de campo magnético e sobrevêm uma falha no campo intitulado campo de fuga.

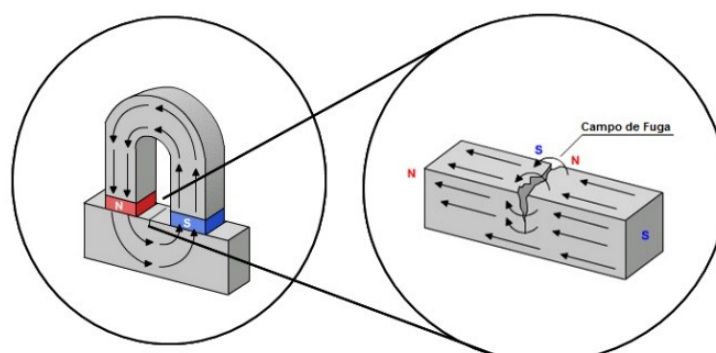


Figura 2.81 - Princípio do processo de Magnetoscopia Fonte: (SILVA, 2013)

Partículas de ferro moído com um pigmento, reportado por Silva (2013), denominado por pó magnético, são espalhadas no elemento, as quais vão ser puxadas para os campos de fuga para estabelecer um sinal sobre a descontinuidade. Esta marca pode ser percebida visualmente com luminosidade conveniente. Deste modo, poderia dizer-se que o ensaio por partículas magnéticas é um “localizador” de campos de fuga, que são “revelado” pela acumulação de partículas.

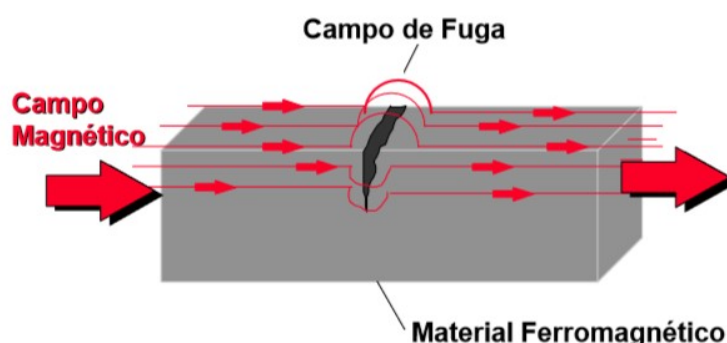


Figura 2.82 - Campo de fuga Fonte: (Andreucci, 2009)

A desorientação das linhas de força origina novos polos, promovendo o afastamento das linhas de fluxo magnético que principiam ao “Campo de Fuga”. A figura confirma como as linhas de força são transformadas pela aparição de uma descontinuidade dando formação ao campo de fuga. Explicado por Andreucci (2009).

O ensaio por partículas magnéticas é empregado para descobrir as descontinuidades superficiais e subsuperficiais em materiais ferromagnéticos. Pode ser usado ao longo dos ciclos de fabricação. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.3.1 - Processo Executivo

A execução do ensaio deve cumprir uma ordem medular, de acordo com SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997), que se regula dos seguintes passos: limpeza da superfície; seleção do dispositivo para magnetização e seleção das partículas ferromagnéticas; planejamento do ensaio; magnetização da

peça; aplicação das partículas; eliminação do excesso de partículas da superfície; observação das indicações e avaliação e registro dos resultados.

2.17.3.1.1 - Preparação da inicial da peça

A limpeza da face depende, conforme SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997), do tipo de unidade, tamanho e quantidade. As técnicas de limpeza são jato de granalha, escova de aço, solvente, panos secos ou umedecidos em solventes, limpeza química, vapor desengraxante e esmerilhamento. O propósito dos métodos de limpeza é remover da superfície em teste toda a sujeira, oxidação, carepas, respingos ou inclusões superficiais que perturbem o ensaio pela geração de pseudos campos de fuga, ou que corrompam a suspensão na eventualidade de o exame ser praticado por via úmida, ou que atrapalhem a locomoção das partículas sobre a face externa.

2.17.3.1.2 - Indução do campo magnético

A escolha do equipamento para magnetização e das características de partículas magnéticas submete ao tipo do artefato a ser experimentado, do lugar para execução do ensaio, da finalização superficial da parte e da especificação técnica para inspeção. O ensaio por partículas magnéticas deve ser sempre feito com fundamento em um procedimento qualificado e aprovado, com fim de estipular e consolidar as características variantes do teste. A proposição elementar para a segurança da qualidade é a calibração de todos os dispositivos de análise. Os miliamperímetros inseridos em alguns instrumentos devem estar regulados e os yokes devem ser checados por meio do teste de elevação de carga. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997).

2.17.3.1.3 - Aplicação das partículas magnéticas

O derramamento das partículas ferromagnéticas deve ser feita de jeito que toda a região de investigação seja revestida, seja por via seca ou úmida. A retirada do excedente das partículas sobre a área deve ser feita de modo a não suprimir as

indicações que as originaram. Se as partículas forem por via seca, basta assoprar levemente. Se as partículas forem por via úmida, o próprio meio propagador proporciona a remoção das sobras de partículas. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.3.1.4 - Avaliação e Registro dos Resultados

A observação e a avaliação das indicações são conferidas logo depois da aplicação da suspensão ou do pó e no decorrer da retirada do excesso; a razão disto é que a reação da mobilidade das partículas, sua disposição, contraste, etc., informam a precisão ou não de nova verificação da área. O estado da iluminação são primordiais para o triunfo desta etapa. Note-se que muitas vezes poderão surgir indicações falsas ou não relevantes, sendo recomendado ao inspetor muito cuidado na perfeita avaliação dos resultados obtidos. Como prescrição, sugere-se que seja execute uma descrição minuciosa de todos os aspectos e paradigmas do ensaio, tais como desenho e localização da parte examinada; zona de interesse; norma de aceitação; aparelho de magnetização; tipo e intensidade da corrente elétrica utilizada; tipo de pó magnético usado; veículo, se aplicável; concentração das partículas, se aplicável; esboço do componente e das indicações constatadas; assinatura e identificação do inspetor responsável. Uma das maneiras satisfatórias de registro das descontinuidades no acontecimento de soldagens, é esboçá-las em fita crepe ou, se houver maiores meios, utilizar fotografias. Desde que todas as imposições do teste sejam preenchidas, torna-se descomplicadas a avaliação das indicações. O inspetor deverá estar habituado com os requisitos ou critérios de aceitação recomendados pela norma. Extraído de SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997).

2.17.3.1.5 - Desmagnetização

Alguns materiais, por efeito de suas características magnéticas, são capazes de manter parte do magnetismo depois a suspensão da força magnetizante. De acordo com o uso subsequente desses materiais, o magnetismo residual ou restante poderá criar problemas, sendo imperativo a desmagnetização do artefato. Os argumentos para desmagnetizar um elemento são distorções nos processos de

usinagem, soldagem e instrumentos de medição. A desmagnetização é opcional em algumas condições, tal como, quando os materiais possuem baixa predisposição de retenção de magnetismo, quando os componentes forem magnetizadas outra vez e quando as partes forem sujeitas a tratamento térmico, pois ao alcançar a temperatura de 750°C, denominado ponto Curie, os elementos de aço magnetizadas perdem a magnetização. As práticas de desmagnetização são muitas e todas alicerçadas no princípio de que subjugando o artefato a um campo magnético que é incessantemente alternado e paulatinamente minorado até chegar a zero, depois de um tempo estipulado e número de períodos, o componente será desmagnetizada

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

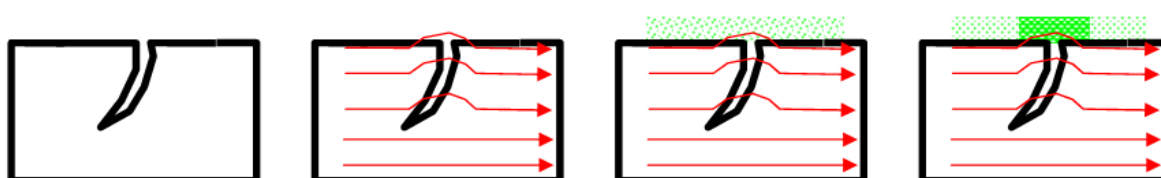


Figura 2.83 - Exemplificação do processo executivo por partículas magnéticas Fonte: (RODRIGUES, [20--?])

2.17.3.1.6 - Equipamentos

Os aparelhos predominantemente empregados no exame com partículas magnéticas têm por finalidade fornecer correntes elétricas e induzir campos magnéticos nas partes em teste, total ou localmente e podem ser portáteis ou estacionários, também são usados instrumentos para avaliação da sensibilidade e calibração, para luz adequada e para desmagnetização dos materiais experimentados. Contido em SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.4 - Radiográfica

A radiografia é um ensaio não-destrutivo que se respalda nas captações distintas da radiação impregnada no componente inspecionado. Em consequência das diversas densidades e variações de espessura do material, ou mesmo muitos tipos de absorção motivadas por variações na disposição do material, múltiplas

zonas de uma peça absorvem quantidades desiguais da radiação infiltrante. Essa concentração discrepante da radiação pode ser mostrada por meio de uma película, ou de uma tela ou mesmo medida por detectores eletrônicos de radiação. A variedade de quantidade de radiação incorpora aponta a existência de um defeito interno ou descontinuidade no material. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

Com a pesquisa dos Raios-X pelo físico W. C. Roentgen em 1895, rapidamente desencadearam-se os trabalhos sobre as emissões de partículas, procedentes de corpos radioativos, estudando suas propriedades e interpretando os efeitos. Na época, sobressaltaram-se dois cientistas, Pierre e Marie Curie, pela descoberta do polônio e o rádio e ainda deve-se a eles a designação “Radioatividade” (atributo de emissão de radiações por diferentes substâncias). No início do século XX, 1903, Rutherford, após intensos estudos elaborou conjecturas sobre as emissões radioativas, pois importa reforçar, que naquele tempo ainda não se entendia o átomo e os núcleos atômicos e coube a este cientista o desenvolvimento do primeiro modelo atômico criado e que até hoje permanecem suas características. O designativo “Radiação Penetrante” derivou da qualidade de certas tipos de energia radiante apresentam de permear materiais translúcidos. Podemos discernir dois jeitos de radiação penetrante aplicado em radiografia industrial: os Raios-X e os Raios Gama. Eles se diferem da luz visível por possuírem um comprimento de onda extremamente curto, o que lhes dá a aptidão de transporem materiais que assimilam ou refletem a luz visível. Os Raios-X e os Raios Gama possuem características compartilhadas com a luz no meio das quais podemos aludir: desfrutam da mesma velocidade de propagação (300.000 km/s), movem-se em linha reta, não são atingidos por campos elétricos ou magnéticos, tem a característica de sensibilizar emulsões fotográficas. Poderíamos referir outras propriedades básicas entre as radiações penetrantes e a luz visível. advém, sem embargo, que numerosos eventos que percebidos na luz, são bastantes intrincados de serem verificados. O fenômeno de refração, citando caso análogo, ocorre nas radiações penetrantes, mas numa escala tão pequena que são imprescindíveis aparelhos deveras sensíveis para identificá-lo. Isso elucidada porque a radiação penetrante não pode ser vista por meio de lentes, como acontece com a luz. Andreucci (2014)

2.17.4.1 - Processo Executivo

Na inspeção radiográfica as ondas das radiações empregadas são ondas curtas, como raios-X e raios Gama. Sempre que uma solda é submetida a alguma forma de radiação, nos lugares onde há alguma imperfeição, ela apresentará uma maior intensidade nos filmes fotográficos de captação, pois a radiação encontra uma menor resistência ao atravessar a solda. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

De acordo com Silva (2013), o ensaio de radiografia emprega a radiação penetrante que passa através do componente o qual assimila alguma da radiação. A quantidade de radiação captada depende da densidade do material e da espessura. Estas desproporções de absorção de radiação podem ser registradas em películas ou digitalmente.

2.17.4.1.1 - Princípios Gerais de Radiografia

No ensaio de radiografia, o elemento a inspecionar é posto entre o ponto de radiação e o filme. O artefato absorverá alguma radiação, as áreas mais densas e espessas vão reter quantidade maior. A parte escura da película (densidade) diferenciará com a quantidade de radiação que impacta a chapa sensível através do artefato. A energia de radiação influencia a penetração no material, para materiais mais grossos e mais concentrados é primordial um aumento energia. A fim de se conseguir uma imagem de boa qualidade da área de estudo da peça, devem-se limitar a duração da exposição e a energia de radiação. Silva (2013).

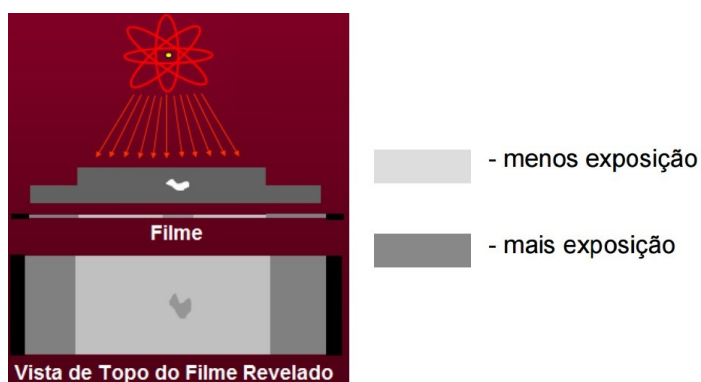


Figura 2.84 - Princípio da Radiografia Fonte:(SILVA, 2013)

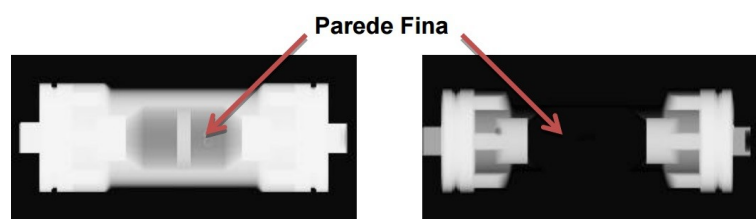


Figura 2.85 - (esquerda) Baixa energia de radiação; (direita) Alta energia de radiação
Fonte:(SILVA, 2013)

O ensaio de radiografia tem certas limitações relativamente à detecção de defeitos. (SILVA, 2013).

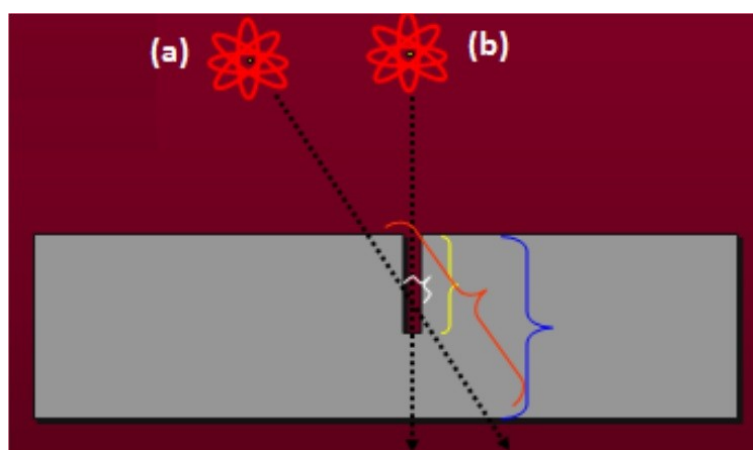


Figura 2.86 - Efeito da orientação dos defeitos: (a) ângulo errado; (b) ângulo ótimo
Fonte: (SILVA, 2013)

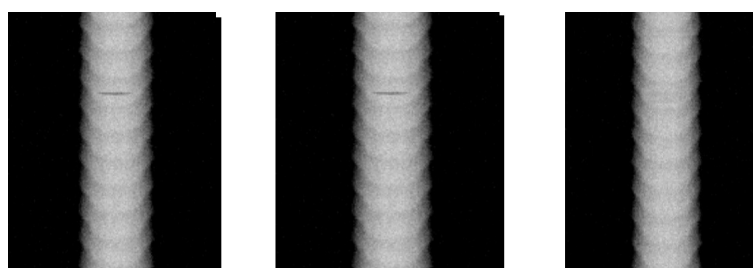


Figura 2.87 - falha na percepção das discontinuidades
Fonte:(SILVA, 2013)

Os raios-X e raios gama percebem uma descontinuidade como uma modificação de espessura e, quanto maior a alteração mais simples é a localização das irregularidades. Enquanto o percurso dos raios-X e dos raios gama não é equidistantes à descontinuidade, a mudança de espessura é menor e as imperfeições pode não ser visível. Conforme o ângulo entre o feixe de radiação e uma falha linear é tão importante, a orientação do defeito deve ser bem conhecida

se a radiografia for o exame a ser usado para fazer a inspeção. Defeitos volumétricos, como porosidades e inclusões de escória, também são encontrados pelo teste de radiografia. Reproduzido de Silva (2013).

2.17.4.1.2 - Equipamento

As fontes utilizadas em gamagrafia (radiografia com raios gama), reclamam empenhos próprios de segurança pois, uma vez acionadas, emanam radiação, incessantemente. Desta maneira, é indispensável um aparato que viabiliza uma blindagem, para a extinção das radiações expelidas da fonte quando a mesma não está sendo operada. De mesmo modo é impreterível prover essa proteção de um sistema que admita extração da fonte de seu interior, para que a radiografia seja executada. Esse aparelho nomeado de Irradiador. Andreucci (2014).

2.17.5 - Ultrassom

O teste ultrassônico de materiais é feito com o emprego de ondas mecânicas ou acústicas inserida no meio em inspeção, antagonicamente a técnica radiográfica, que utiliza ondas eletromagnéticas. O teste por ultrassom caracteriza-se por ser uma tecnologia não destrutiva com a finalidade de descobrir descontinuidades internas, presentes nos mais diversificados materiais ferrosos ou não ferrosos. As descontinuidades são particularizadas pelo processo de produção do artefato ou por componentes, tais como, bolhas de gás em fundidos, dupla laminação em laminados, micro-trincas em forjados, escórias em uniões soldadas e muitos outros. Em vista disso, o exame ultrassônico, bem como todo ensaio não destrutivo, tenciona minimizar o grau de indeterminação no uso de materiais ou peças de responsabilidade. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.5.1 - Processo Executivo

A inspeção de solda por ultrassom se envolve de enorme magnitude na verificação industrial de materiais, posto que é um aparelho fundamental para o controle da qualidade do produto final. A inspeção é significativa sobretudo em

ligações soldadas como as ligações de conexões ("groove welds") ou mesmo ligações de topo com grandes dimensões, pois a radiografia industrial não alcança boa exatidão na imagem. Os processos para inspeção de solda referidos pelas normas ou códigos de produção diferem em aplicação dos acertos de sensibilidade do teste, dimensionamento das orientações, critérios de aceitação das descontinuidades defrontadas e outras propriedades técnicas. O inspetor deve examinar o procedimento autorizado de sua empresa para o exame típico, ou na omissão deste, implementar uma metodologia consonante a norma adequada ao produto a ser ensaiado. A inspeção da solda se faz por meio da superfície do metal de base contíguo à solda, numa região próxima ao cordão de solda, designada de zona ou superfície de varredura. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.5.1.1 - Preparação da superfície

O resultado do ensaio por ultrassom advém da preparação das superfícies; destarte, é obrigatório retirar carepas, tintas, óxidos, pó, graxa e qualquer coisa que possa disfarçar ou bloquear o ingresso do feixe sônico no elemento em teste. A determinação da temperatura do artefato deve ser considerada e está ligada ao modelo e tipo do transdutor, pois em elevadas temperaturas (acima de 60°C) podem estragar os dispositivos. Especificado em Andreucci (2011)

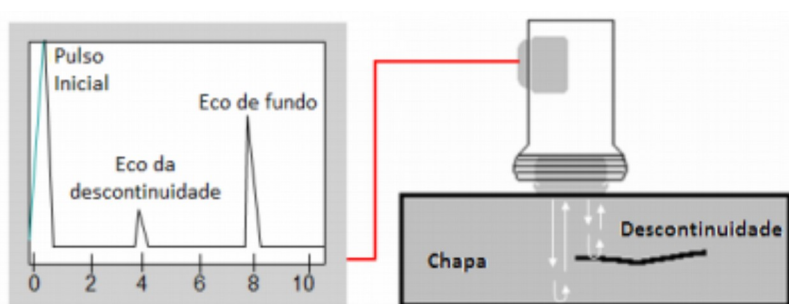


Figura 2.88 - Uso do ultrassom

Fonte: (SILVA, 2013)

Com o fim de que ocorra uma melhor passagem do feixe sônico do transdutor para a peça, utiliza-se de um líquido acoplante, selecionado em função do acabamento superficial do artefato, de exigências técnicas e da qualidade do elemento. Normalmente, emprega-se óleo, água ou soluções de metilcelulose.

Sugere-se fazer algumas medições no mesmo lugar, já que atributos como, a pressão do transdutor sobre a face, alterações de acabamento superficial e outros, podem diversificar os resultados. O transdutor deve ser movido com o feixe ultrassônico fazendo um ângulo reto com a superfície de exploração, assegurando assim que as ondas atravessem o interior da solda. Em que parte houver descontinuidade, desponta a reflexão da energia ultrassônica, retornando ao transdutor, e assim, acusando a falha. Através da posição do eco na tela do aparelho, o inspetor poderá analisar a dimensão da descontinuidade e determinar sua aceitabilidade. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (1997)

2.17.5.1.2 - Equipamentos

O aparelho de ultrassom é conjunto de circuitos eletrônicos, que enviam a um cristal piezelétrico um encadeamento de vibrações eletromagnéticas, mediante um cabo coaxial. Esses pulsos eletromagnéticos são transmudados em ondas ultrassônicas. Os sinais detectados no cristal são exibidos em forma de pulsos luminosos, designados ecos, na tela do instrumento. Esses sinais determinam as descontinuidades da peça analisada. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 1997)

3 - PROGRAMA EXPERIMENTAL

Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (2012) a análise regular das edificações, o local de maior pertinência na existência do humano moderno, tanto pelo enfoque dos bens quanto pelos dilemas ligados ao bem-estar e à comodidade, norteia o pesquisador à ideia de prevenção e, como resultado, ao tópico da prática, conservação e performance das edificações. Participantes do procedimento que se constata em desenvolvimento, mediante o qual altera de peculiaridade cultural vêm sendo aperfeiçoados, peritos acostumados a executar a edificação sob os múltiplos focos reconhecem a solidificação de nova atitude gerir evidenciada na proteção do patrimônio e do indivíduo.

A fotográfica permiti a consulta para tirar dúvidas relativas a pequenos aspectos que possam aparecer e para o diagnóstico das manifestações patológicas pois passa uma imagem do estado da estrutura identicamente em Meireles (2009).

Este projeto contempla a inspeção, meramente visual, sem o uso de aparelhagem técnica específica, apenas em obras em estruturas de aço na cidade de Goiânia. Com a finalidade de identificação de patologias, principalmente nas ligações soldadas e nas parafusadas, onde, normalmente, estas regiões são analisadas através de ensaios não destrutivos.

A inspeção foi feita seguindo um critério de análise, coletando-se primeiramente os dados gerais da obra, seguida de um diagnostico da situação em que se encontrou a estrutura, com sugestões para recuperação e reparos necessários.

As principais características observadas foram: comprimento e largura predominante; pé-direito; tipo de estrutura (espacial ou plana); tipo de material empregado (concreto, aço ou mista); tipo de cobertura; elementos de vedação; contraventamentos e miscelâneas. (Marinho et al, 2008)

A metodologia do desenvolvimento deste trabalho consiste numa análise detalhada de várias manifestações patológicas de estruturas metálicas de Goiânia. Para cada estrutura pesquisada serão desenvolvidos os seguintes tópicos: descrição da estrutura; descrição das manifestações patológicas; preenchimento da planilha de diagnóstico; como se poderia ter evitado a manifestação patológica. Propor

diretrizes de projetos para evitar o aparecimento de manifestações patológicas nas edificações.

3.1 - INSPEÇÃO IN LOCO

A Metodologia a ser empregada é o levantamento em campo dos dados e com registro fotográfico dos problemas das obras em estrutura metálica, tais como, manifestações patológicas do aço e pintura, locais de acúmulo de água etc. Com os dados obtidos, será preenchida a planilha, conforme o modelo sugerido por MORTARI (2008), da empresa IRONTEC, diretor da área de Inovação Tecnológica de Estruturas Metálicas do SINDUSCON-GO. (Marinho et al, 2008)

3.2 - MEDIÇÃO DA ESPESSURA DE TINTA

As medições de espessura de tinta dos elementos metálicos foram feitas in situ.



Figura 3.1 - Medidor de espessura de tinta CEM DT-156 Fonte: Manual do aparelho

Com efeito, utilizando um medidor de espessura de camada de tinta designado CEM DT-156, foram feitas 1 medição para cada pilar aparente (Figura 3.1). Com base nestas medições, foi calculada uma espessura média da película.

3.3 - PROCEDIMENTO

O primeiro passo foi confecção de ofícios solicitando a autorização para fazer a inspeção às entidades responsáveis pelas respectivas edificações.

Depois de conseguido a permissão dos proprietários, passou-se a fase de coleta de dados com registro fotográfico e micrográfico quando foi o caso, medição da espessura da tinta e cópias dos projetos estruturais que foram disponibilizados. Com informações dos documentos reunidos, foi preenchido Check lists sugerido por MORTARI (2008), segundo o modelo das tabelas 5.1 e 5.2, onde no final foram feitas as sugestões a serem implantadas para solucionar as manifestações patológicas.

Tabela 3.1 - Modelo de Check list do Mortari. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura Metálica		Data:	2/5/2008
Entidades apoiadoras:		UFG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS SINDUSCON - GO CREA - GO	
Alunos Executores:		AMANDA MARTINS MARINHO EMMELE GONELLA FONTENELLE FERNANDO MORALES CAMILO REIS	
Planilha de Dados Gerais:			
a	Dados do Prédio		
a.1	Nome do Prédio:	TERMINAL PADRE PELÁGIO	
a.2	Endereço:	SETOR SÃO FRANCISCO	
a.3	Zelador / Contato do Prédio:	-	
a.4	Proprietário:	PREFEITURA DE GOIÂNIA	
a.5	Telefone do Proprietário:	-	
a.6	Concessionário / Inquilino:	CMTC	
b	Características Gerais do Prédio:		
b.1	Largura Preponderante:	8 m	
b.2	Comprimento Preponderante:	100 m	
b.3	Pé Direito Preponderante:	4 m	
b.4	Área Construída:	COMPOSTO POR VÁRIAS ÁREAS COBERTAS E INDEPENDENTES	
b.5	Ano de Construção:	-	
b.6	Material dos Pilares:	concreto	metálico
c	Características Gerais da Estrutura Metálica:		
c.1	Área em Projeção:	-	m2
c.2	Pilares Metálicos:	sim	não
c.3	Vigas Metálicas:	sim	não
c.4	Lajes Metálicas:	sim	não
c.5	Cobertura Metálica:	sim	não
c.6	Tipo de Telha da Cobertura / Provável:	TELHA TIPO CANALETA DE CIMENTO AMIANTO	
c.7	Tipo de Telha do Fechamento Lateral/ Provável:	NÃO POSSUI FECHAMENTO LATERAL	
c.8	Tipo de Telhas Especiais / Prováveis:	-	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epoxi
c.10	Tipo de Material Empregado / Provável:	PROVAVALMENTE AÇO SAE 1008/1010 (NÃO ESTRUTURAL)	
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	-	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	-	
c.13	Tipo preponderante de Ligações:	Parafusada	SOLDADAS

(Marinho et al, 2008) Tabela 3.2 - Modelo de Check list do Mortari. Parte2 (Marinho et al, 2008)

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura Metálica		Data:	2/5/2008
Entidades apoladoras:		UFG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS SINDUSCON - GO CREA - GO	
Alunos Executores:		AMANDA MARTINS MARINHO EMMELE GONELLA FONTENELLE FERNANDO MORALES CAMILO REIS	
Planilha de Diagnóstico:			
a	Chumbadores dos Pilares:	-	
b	Sapata dos Pilares	-	
c	Pilares:	PILARES DE CONCRETO EM BOM ESTADO DE CONSERVAÇÃO	
d	Contraventamentos:	BARRAS SOLDADAS, EM ALGUNS PONTOS PODEMOS VERIFICAR QUE OS CONTRAVENTAMENTOS ESTÃO BAMBOS	
e	Vigas Intermediárias:	AS VIGAS DA ESTRUTURA DE COBERTURA ESTÃO EM ÓTIMO ESTADO COM POUCOS PONTOS APRESENTANDO INICIO DE PROCESSO CORROSIVO	
f	Lajes Metálicas:	-	
g	Tesouras / Pórticos Principais da Cobertura:	-	
h	Terças da Cobertura:	EM BOM ESTADO, COM APARENTE ESTADO BRANDO DE CORROSÃO	
i	Miscelâneas da Cobertura:	EM BOM ESTADO, COM APARENTE ESTADO BRANDO DE CORROSÃO	
j	Telhas de Cobertura:	TELHAS DA COBERTURA EM BOM ESTADO, PORÉM APRESENTANDO ALGUNS PONTOS DE VAZAMENTO DEVIDO A	
k	Telhas de Fechamento:	NÃO POSSUI FECHAMENTO LATERAL	
l	Outros Materiais de Fechamento	NÃO POSSUI FECHAMENTO LATERAL	
m	Outros Materiais de Cobertura	EM BOM ESTADO	
n	Escadas	-	
o	Totens	-	
p	Calhas	AS CALHAS APRESENTARAM ALGUNS PONTOS DE EMPOÇAMENTO DE ÁGUA PROVOCANDO A CORROSÃO DAS MESMAS E ALGUNS PONTOS COM INSTALAÇÕES ERRADAS SOBRECARRREGANDO AS TELHAS	
q	Vazamentos	ALGUNS PONTOS DE VAZAMENTO	
r	Estado Geral da Pintura	A PINTURA DA ESTRUTURA SE ENCONTRA EM BOM ESTADO, PORÉM SE ENCONTRA MUITO SUJA DE POEIRA E FULIGEM	
s	Estado Geral da Integridade dos Materiais	A INTEGRIDADE DOS MATERIAIS É ÓTIMA, NENHUMA PEÇA APRESENTOU AVARIA SIGNIFICATIVA E A ESTRUTURA EM GERAL NÃO POSSUI PONTOS DE CORROSÃO SIGNIFICATIVA	
t	Diagnóstico Final	TROCA DE ALGUMAS TELHAS DA COBERTURA, TROCA DO SISTEMA DE CALHAS EM ALGUNS PONTOS CRÍTICOS, TROCA DO SISTEMA DE CONTRAVENTAMENTO E LIMPEZA GERAL DA ESTRUTURA	

4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 - ENSAIO

O levantamento dos problemas in loco e fotografias devido aos processos de deterioração dos elementos estruturais que compõe a estrutura de aço que foi diagnosticada.

4.1.1 - Piloto

A passarela inspecionada foi a pista Sul em frente a universidade Católica de Brasília. Localizado na BR-251 ou DF-001, EPCT, QS 07, Águas Claras, Brasília, Distrito Federal, mostrada na figura 4.1.



Figura 4.1 - Vista lateral Fonte: Google

A construção foi feita antes 06/02/2002, executada em tubo circular, tela de arame, perfis, chapas dobradas e chapas de piso, com ligações soldadas. Composta de três vãos e em cada com duas rampas de acesso com patamar no meio da altura da passarela. Foram instalados posteriormente placas de trânsito e informativas sem a mínima preocupação com o tipo de material, soldagem e manutenção após a colocação das sinalizações. A fim de minimizar a ação da corrosão nos materiais metálicos da estrutura. Foi encontrado indícios de manutenção da pintura, pois a mesma estava em boas condições na maior parte da superfície metálica.

As partes mais baixas dos pilares de sustentação construídos de perfis metálicos, é que foram encontradas a cobertura de tinta em péssimas condições de

manutenção. Talvez por ação humana, como vandalismo, são jogados lixo, sentar, utilizar como mesa para alimentos que são vendidos próximos dali etc. e até mesmo de animais que comem os restos dos alimentos que caíram. (figura 6.2).



Figura 4.2 - Partes da estrutura sem pintura enferrujando Fonte: Autor

As chapas de piso foram soldadas ponteadas e não solda contínua que é a recomendada para evitar a corrosão. Aquelas acumulam pó, sujeira (poluição de material particulado), chuva ácida (poluição atmosférica) e aeração diferencial (diminui a oxigenação) ao longo do espaço criado entre as capas e pontos de solda. (figura 4.3).



Figura 4.3 - Solda não inteiriça. Ver item [2.5.1.13](#) Fonte: Autor

O contato de materiais metálicos dissimilares como o arame, o ferro de construção e tubo circular causam a corrosão. Ainda tem a solda do ferro de

construção, que queimou a pintura. A corrosão por tratamentos térmicos diferentes altera microscopicamente a estrutura aquecida (figura 4.4).

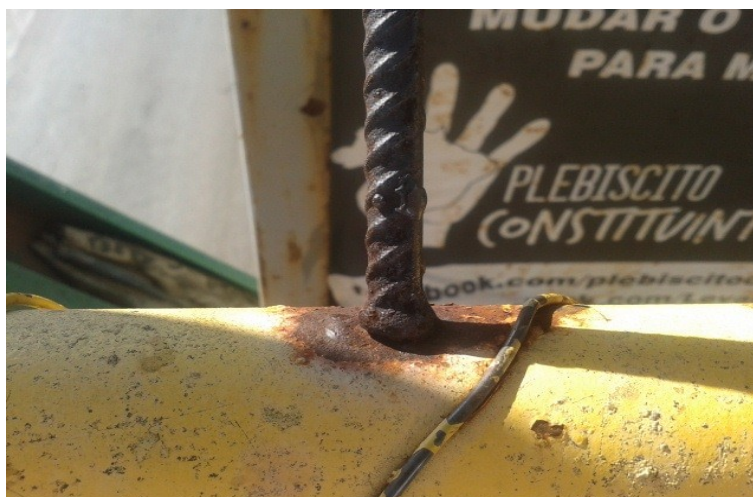


Figura 4.4 - Solda sem proteção. Ver item 2.5.1.9 Fonte: Autor

Na figura 4.5 Apresenta uma corrosão microbiológica por falha de projeto quando foi utilizado perfis de chapa dobrado com reforço e soldado. Entretanto não foi tomada nenhuma providência no sentido de eliminar locais de acúmulo como na junção dos perfis. Na mesma no período das chuvas propícia o biofilme.



Figura 4.5 - Corrosão Microbiológica. Ver itens [2.5.1.4](#) e [2.6.2](#) Fonte: Autor

Outra falha de projeto foi o fechamento na base de pilares, onde se acumula água, pó, sujeiras e lixo. Que são necessários para a corrosão (figura 4.6).



Figura 4.6 - Água no pé do pilar. Ver itens [2.5.1.1](#), [2.5.1.4](#), [2.5.1.16](#), [2.5.1.12](#) e [2.5.1.13](#)
Fonte: Autor

Corrosão por contato com material absorvente que é o concreto e os sedimentos de pós impregnados com a água da chuva em conjunto com a corrosão por frestas, por não vedar a fresta, ocasionaram degradação do concreto e do metal (figura 4.7).



Figura 4.7 - Corrosão por frestas no pé do pilar. Ver itens [2.5.1.4](#), [2.5.1.6](#) e [2.5.1.13](#)
Fonte: Autor

Tabela 4.1 - Check list de uma passarela de Brasília. Arte 1

Rotelno Check List de Inspecção de Estrutura metálica		Data: 30/11/14	
Entidades apoiadoras	UFG		
Aluno Executor	Marcelo Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Passarela da UCB-DF	
a.2	Endereço:	EP CT QS 7	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	—	
a.4	Proprietário:	Governo do DF	
a.5	Telefone do Proprietário:	—	
a.6	Concessão onária / Inquilino:	—	
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	76,5	m
b.1	Comprimento Preponderante:	37,5	m
b.1	Pé direito Preponderante:	8	m
b.1	Área construída:	351	m ²
b.1	Ano de construção:	—	—
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projecção:		m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Não tem	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Fechamento lateral por telas	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epoxi
c.11	Projeta Estrutural Metálico:	—	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	—	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.: Em alguns elementos estavam amarrados arames recozidos, os quais já estavam comendo			

Tabela 4.2 - Check list de uma passarela de Brasília. Arte 2

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data: 30/11/14
Entidades apoiadoras	UFG	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	

Planilha de Diagnósticos

a	Chumbadores dos pilares:	As superfícies de contatos com corrosão por frestas
b	Sapata dos Pilares	Uma tinha depósito de água
c	Pilares:	Um pilar estava a superfície de contato com corrosão
d	Contraventamentos:	----
e	Vigas Intermediárias:	----
f	Lajes Metálicas:	A laje esta só com alguns pontos de solda, e o afastamento entre as chapas chegava até 0,5cm
g	Estrutura da Cobertura:	----
h	Terças da Cobertura:	----
i	Miscelâneas da Cobertura:	----
j	Telhas da Cobertura:	----
k	Telhas de Fechamento:	----
l	Outros Materiais de Fechamento:	Tela de arame galvanizado
m	Outros Materiais de Cobertura:	----
n	Escadas:	----
o	Totens:	----
p	Calhas	----
q	Vazamentos	Na rampa de acesso devido a fresta entre as chapas da laje.
r	Estado Geral da Pintura	Em bom estado, mas fizeram algumas soldagens de placas de trânsito, que a danificou em alguns pontos.
s	Estado Geral da Integridade dos Materiais	Em bom estado.
t	Diagnóstico Final	
	Eliminar o depósito de água, consertar as corrosões por frestas e fazer solda continua nas placas da laje, se não for pintar toda a estrutura, pelo menos pintar com anti-corrosivo nos lugares onde foi danificada a pintura e todo o piso.	

4.1.2 - Executado

4.1.2.1 - Blocos F e G da Área I

Os Blocos F e G da Área I do Campus I da Pontifícia Universidade Católica de Goiás-PUC-GO, localizados na Quinta Avenida, quadra 72, Setor Universitário, Goiânia, Goiás.

Construídos em 2001 em estrutura metálica com ligações parafusadas, as divisões em gesso acartonado e as lajes em concreto. Contem um subsolo, térreo e quatro pavimentos tipos, duas escadas e duas de emergência. (figura 4.8).



Figura 4.8 - Frente do bloco G Fonte: Autor

Falha na impermeabilização do térreo ou da contenção (figura 4.9 e 4.10).



Figura 4.9 - Viga do subsolo do bloco F. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor



Figura 4.10 - Viga da caixa da escada interna do bloco F. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor

Falha no dimensionamento do projeto e foi replicada em todos os pavimentos tipos. A chapa de ligação perdeu parte da área do metal diminuindo a sua resistência de trabalho. Algumas chapas de ligação foram soldadas no lugar do parafuso o que modifica o modo funcionamento. Passa a impressão de insegurança ao transeunte (figura 4.11).

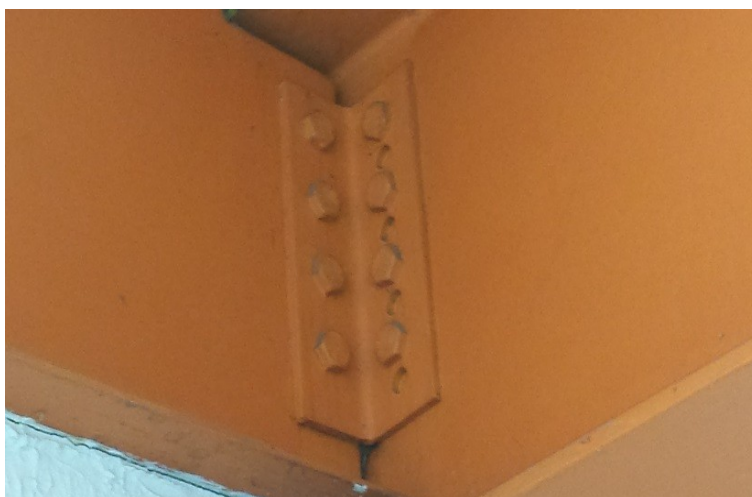


Figura 4.11 - Viga do pavimento tipo do bloco F. Ver item 2.16.1.3.2 Fonte: Autor

Corrosão da estrutura da caixa da escada, mesmo que protegida pelo gesso acartonado, a pintura anticorrosiva não foi suficiente para conter a corrosão da viga (figura 4.12). Em outras partes da estrutura na área da reforma onde foi retirado o revestimento acartonado pode ser observado em outros locais com focos de corrosão superficial de vigas.



Figura 4.12 - Viga da escada do bloco G. Ver item 2.1.5.4 Fonte: Autor

A figura 4.13 mostra uma micrografia da corrosão encontrada na viga da caixa da escada. Como vemos a superfície metálica lisa, temos a impressão que seja lisa no microscópio, mas na realidade a superfície é rugosa e cheia de reentrâncias.



Figura 4.13 - Ferrugem da viga acima em microscópio óptico Fonte: Autor

Tabela 4.3 - Check list dos Blocos F e G da Área I. Parte 1

Roteiro CheckList de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Blocos F e G da Área I	
a.2	Endereço:	5ª av., qd. 72, Universidade	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Cibele	
a.4	Proprietário:	Sociedade Goiana de Cultura	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3246-2230	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	35,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	75,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	3,00	m
b.1	Área construída:	1.7094,40	m ²
b.1	Ano de construção:	2001	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	2625	m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Não tem	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Paulo Sérgio de S. Ribeiro	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.4 - Check list dos blocos F e G da área I. Parte 2

Roteiro Cleck Liste de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
b	Sapata dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Vigas enferrujadas no subsolo.
f	Lajes metálicas:	Não tem.
g	Estrutura da cobertura:	Provável madeira.
h	Terças da cobertura:	Provável madeira.
i	Miscelânea da cobertura:	Provável madeira.
j	Telhas da cobertura:	Fibrocimento.
k	Telhas de fechamento:	Não tem.
l	Outros materiais de fechamento:	Gesso Acartonado.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Ferrugem na escada interna
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não foi visto.
q	Vazamentos:	No subsolo, na escada interna e nas proximidades das canalizações hidráulica
r	Estado geral da pintura:	Bom estado, exceto em partes do subsolo e escada interna.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado, com pouca ferrugem e pouca perda de material metálico
t	<p>Diagnóstico final:</p> <p>A estrutura metálica aparente está boa, mas não se pode afirmar nada sobre a que está embutida. As partes da estrutura enferrujada devem ser lixada o ou usar o jato de areia até a retirada da ferrugem e refazer as pinturas de proteção. Tirar os vazamentos da faixa e nas áreas próximas a canalização. Modificar o caimento da calçada de proteção principalmente as das escadas.</p>	

Tabela 4.5 - Medição da espessura: Blocos F e G da Área I. Parte 1

Medição da espessura da camada de tinta em micras																
Bloco	F								G							
Amostra	Subsolo	Térreo	1º pav.	2º pav.	3º pav.	4º pav.	Esc. Int.	Esc. Ext.	Subsolo	Térreo	1º pav.	2º pav.	3º pav.	4º pav.	Esc. Int.	Esc. Ext.
1	103	255	145	201	156	121	39,2	110	45,8	130	159	124	166	175	21,5	218
2	123	236	170	145	136	125	48,7	192	103	158	106	141	182	203	85	208
3	196	124	157	93	116	137	118	199	87	179	150	131	188	155	72	160
4	78	391	160	164	133	128	62	154	72	145	178	136	107	172	78	190
5	93	300	81	162	116	150	65	141	60	145	160	147	148	170	69	93
6	188	157	114	167	116	158	246	128	50	125	115	231	147	179	32,2	95
7	75	152	165	116	116	145	65	115	64	173	111	144	131	144	117	129
8	105	179	169	127	137	104	64	91	80	215	150	152	137	151	136	173
9	133	107	106	106	107	125	63	108	158	173	205	125	144	156	108	179
10	194	172	94	121	105	142	21,3	128	61	198	102	115	145	135	56	185
11	37	132	143	167	148	153	44	187	45,5	271	104	157	117	129	75	176
12	75	147	173	118	153	112	82	95	94	161	124	178	94	153	100	182
13	89	277	125	202	145	184	96	115	54	143	121	209	132	126	111	169
14	52	143	129	104	142	158	64	92	50	238	99	187	109	154	71	109
15	61	129	96	172	110	123	65	108	42	183	129	104	164	119	103	153
16	65	286	112	93	157	146	59	111	47,2	131	113	136	153	107	52	233
17	68		70	149	173	176	86	120	41,4	173	110	105	121	152	54	168
18	73		89	90	134	237	80	109	74	216		361	136	223	76	146
19	36,6		174	133	219	152	59	158	58	109		121	146	122	65	145
20	14,4		153	99	142	162	91	119	45,8	153		254	157	111	56	195
21	117		124	115	92	110	59	139	54	223		120	133	129	33	206
22	60		128	113	109	158	67	126	57	237		194	215	96	62	146
23	90		112	134	142	112	48,3	116	78	168		137	132	142	59	149
24	96		139	145	141	149	56	123	86	190		236	113	153	67	179
25	72		157	122	215	111	63	104	67	165		116	134	105	63	178
26	70		124	103	160	147	157	155	98	160		216	147	97	74	162
27	28,3		166	138	79	123	82	160	63	180		182	115	153	30,3	185
28	49,1		155	96	117	128	34,6	119	73	220		211	116	158	29,7	142
29	91		74	164	143	260	64	126	50			135	182	118	24,7	157
30	52		114	134	200	113	66	140	49			160	175	156	58	150
31	51		172	154	178	170	112	114	47,6			168	155	129	45,9	182
32	45		133	156	255	262	100	152	40,9			151	152	127	58	184

4.1.2.2 - Área 5 Bloco A e B

Os Blocos A e B da Área V do Campus I da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) localizados na Avenida B, quadra A-16, lote área, Setor Jardim Goiás, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita em 2001 em estrutura metálica com ligações parafusadas, as divisões em alvenarias e as lajes em concreto. Contem cinco pavimentos (térreo e quatro pavimentos tipos), duas escadas e duas escadas de emergência (figura 4.14).



Figura 4.14 - Entrada do bloco A e B Fonte: Autor

Corrosão por falha na impermeabilização da alvenaria de fechamento (figura 4.15)



Figura 4.15 - Viga do bloco A Ver item 2.3.1.4 Fonte: Autor

Falha na execução da edificação que deixou local de acumulo de água e sujeiras. Pode ser observado na figura 4.16 a presença de ferrugem na base do pilar consequência dos agentes agressivos ali concentrados.

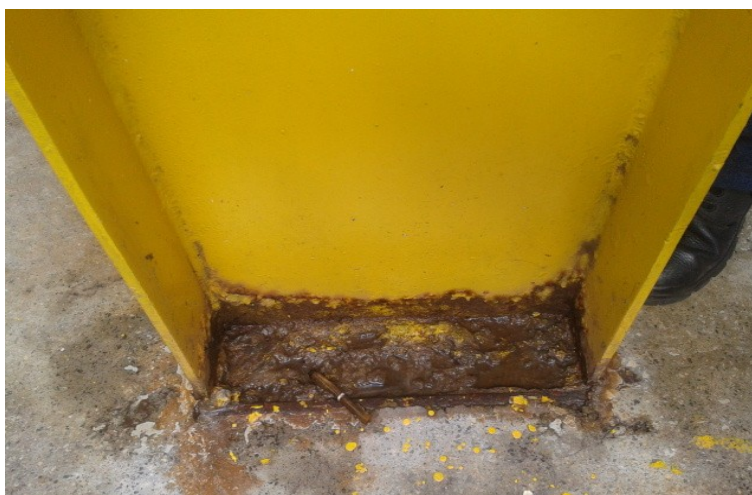


Figura 4.16 - Base do pilar do térreo do bloco A. Ver item 2.5.1.4 Fonte: Autor

Falha no detalhamento do projeto e o mesmo foi replicado nos pavimentos típicos. A ligação parafusada, neste caso, foi transformada em ligação mista (parafusada e soldada), como pode ser visualizada figura 4.17.



Figura 4.17 - Viga do pavimento tipo do bloco A. Ver item 2.16.1.3.2 Fonte: Autor

Tabela 4.8 - Check list dos Blocos A e B da Área V. Parte 1

Roteiro Check Liste de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Área 5 bl A e B	
a.2	Endereço:	Av. B, qd. A-16, lt. Área, Jardim Goiás.	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Cibele	
a.4	Proprietário:	Sociedade Goiana de Cultura	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3246-2230	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	47,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	47,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	3,00	m
b.1	Área construída:	17.250,00	m ²
b.1	Ano de construção:	2001	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	3450	m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.9 - Check list dos Blocos A e B da Área V. Parte 2

Roteiro Check Liste de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
b	Sapata dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Vigas enferrujadas nos pavimento tipos.
f	Lajes metálicas:	Não tem.
g	Estrutura da cobertura:	Provável madeira.
h	Terças da cobertura:	Provável madeira.
i	Miscelânea da cobertura:	Provável madeira.
j	Telhas da cobertura:	Fibrocimento.
k	Telhas de fechamento:	Não tem.
l	Outros materiais de fechamento:	Alvenaria.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Ferrugem na escada interna
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não foi visto.
q	Vazamentos:	Não foi observado.
r	Estado geral da pintura:	Bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado, com pouca ferrugem e pouca perda de material metálico
t	Diagnóstico final:	A estrutura metálica aparente está boa, mas não se pode afirmar nada sobre a que está embutida. As partes da estrutura enferrujada devem ser lixada o ou usar o jato de areia até a retirada da ferrugem e refazer as pinturas de proteção. Tirar os vazamentos da faixada e nas áreas próximas a canalização.

Medição da espessura da camada de tinta em micras														
Bloco	A							B						
Amostra	Térreo - A	1o Pav - A	2º Pav - A	3º Pav - A	Esc - A1	Esc - A2		Térreo - B	1o Pav - B	2º Pav - B	3º Pav - B	Esc - B1	Esc - B2	
1	139	108	103	142	94	167	132	367	122	128	217	102	101	148
2	133	82	122	129	84	113	144	327	134	114	175	93	107	140
3	102	165	125	255	107	98	104	325	166	155	188	116	199	194
4	117	160	107	171	128	218	128	272	124	161	174	182	154	120
5	98	117	194	169	124	75	114	242	101	247	180	181	85	122
6	126	136	136	189	76	96	216	210	113	148	108	104	154	159
7	117	120	169	119	131	86	151	195	146	182	152	121	105	136
8	122	119	147	98	113	101	260	179	111	139	132	209	101	126
9	155	153	77	225	94	68	106	258	167	158	215	131	103	146
10	116	107	71	207	98	92	192	161	112	154	126	181	123	147
11	136	131	162	94	114	65	84	239	183	169	127	176	167	114
12	188	98	144	148	152	169	114	213	151	193	141	119	122	175
13	206	141	168	204	98	159	64	181	183	179	147	163	146	72
14	182	83	122	259	166	260	56	220	146	99	125	92	197	114
15	121	157	152	209	94	214	68	216	146	158	136	107	102	175
16	100	86	185	173	71	164	70	283	138	121	110	135	132	85
17	141	114	54	72	101	213	100	217	150	172	178	203	104	169
18	80	136	88	74	101	175	47,3	178	167	120	107	96	118	108
19	170	110	126	180	113	110	60	201	114	131	215	85	80	117
20	148	126	122	151	90	100	94	209	133	108	180	222	116	102
21	94	175	153	173			75	164	151	147	237			72
22	89	128	135	154			212	165	145	120	128			41,2
23	144	178	135	198			47,4	210	218	204	116			172
24	121	192	160	194			65	200	178	168	139			158
25	202	102	217	128			52	270	168	197	179			153
26	155	86	192	141			54	202	121	188	134			78
27	153	141	116	240			70	183	183	166	194			152
28	103	139	122	176			59	199	150	180	119			96
29	115	132	169	184			65	222	152	198	204			109
30	100	129	142	131			95	251	116	207	171			83
31	222	140	142	173				298	167	163	200			

Tabela 4.10 - Medição da espessura: Blocos A e B da Área V. Parte 1

Tabela 4.11 - Medição da espessura: Blocos A e B da Área V. Parte 2

Medição da espessura da camada de tinta em micras														
Bloco	A							B						
Amostra	Térreo – A	1o Pav - A	2º Pav - A	3º Pav - A	Esc – A1	Esc – A2		Térreo – B	1o Pav – B	2º Pav – B	3º Pav – B	Esc – B1	Esc – B2	
32	192	91	142	134				228	140	122	144			
33	125	103	133	155				331	178	199	211			
34	131	138	109	112				241	147	123	126			
35	199	135	210	197				254	125	178	173			
36	149	136	143	148				246	165	164	138			
37	193	146	170	190				331	215	184	183			
38	176	110	178	161				300	207	143	137			
39	103	122	156	143				269	185	238	143			
40	117	136	133	132				266	131	124	145			

Tabela 4.12 - Medição da espessura: Blocos A e B da Área V. Geral

Medição da espessura da camada de tinta em micras														
Bloco	A							B						
Amostra	Térreo – A	1o Pav - A	2º Pav - A	3º Pav - A	Esc – A1	Esc – A2		Térreo – B	1o Pav – B	2º Pav – B	3º Pav – B	Esc – B1	Esc – B2	
Máximo	222	192	217	259	166	260	260	367	218	247	237	222	199	194
Mínimo	80	82	54	72	71	65	47,3	161	101	99	107	85	80	41,2
Média	139,50	127,70	140,78	163,30	107,45	137,15	103,29	238,08	151,23	161,23	158,85	140,90	125,80	126,11
Quantidade	40	40	40	40	20	20	30	40	40	40	40	20	20	30

4.1.2.3 - Campus II, bloco S

O Bloco S do Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) localizados na Avenida Engler, sem número, Setor Jardim Mariliza, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita em 2001 em estrutura metálica com ligações parafusadas, as divisões em alvenarias e as lajes em concreto. Contem um térreo e quatro pavimentos tipos, duas escadas e uma escada de emergência (figura 4.18).



Figura 4.18 - Entrada do bloco S Fonte: Autor

Foi encontrado vários locais onde a pintura estava descascando, pode ter sido usada uma tinta de acabamento de baixa qualidade (figura 4.19)



Figura 4.19 - Pilar do bloco S. Ver Item Fonte: Autor

O contraventamento metálico da caixa da escada e a alvenaria formaram uma região de acúmulo de sujeira e a alvenaria é um material absorvente que provocam a corrosão da junta(Figura 4.20).



Figura 4.20 - Viga da caixa da escada do bloco S. Ver item 2.5.1.4 e 2.1.5.1.13
Autor

Fonte:

Na mesma peça tem corrosão por fresta e falha na chapa de ligação figura 4.21



Figura 4.21 - Viga do pavimento tipo do bloco S. ver item 4.16.1.3.2

Fonte: Autor

Tabela 4.13 - Check list dos Blocos S do Campus II. Parte 1.

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Campus II, bl S	
a.2	Endereço:	Av. Engler, S. N., Jardim Mariliza	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Cibele	
a.4	Proprietário:	Sociedade Goiana de Cultura	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3246-2230	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	36,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	50,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	3,00	m
b.1	Área construída:	7.245,00	m ²
b.1	Ano de construção:		
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	1449	m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Não tem	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:		
c.12	Empresa Fabricante / Executante:		
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.14 - Check list dos Blocos S do Campus II. Parte 2.

Roteiro Check Liste de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	

Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
b	Sapata dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Vigas enferrujadas nos pavimento tipos.
f	Lajes metálicas:	Não tem.
g	Estrutura da cobertura:	Provável madeira.
h	Terças da cobertura:	Provável madeira.
i	Miscelânea da cobertura:	Provável madeira.
j	Telhas da cobertura:	Fibrocimento.
k	Telhas de fechamento:	Não tem.
l	Outros materiais de fechamento:	Avenaria.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Ferrugem na escada interna
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não foi visto.
q	Vazamentos:	Não foi observado.
r	Estado geral da pintura:	Bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado, com pouca ferrugem e pouca perda de material metálico
t	Diagnóstico final:	A estrutura metálica aparente está boa, mas não se pode afirmar nada sobre a que está embutida. As partes da estrutura enferrujada devem ser lixada o ou usar o jato de areia até a retirada da ferrugem e refazer as pinturas de proteção. Tirar os vazamentos da faixa e nas áreas próximas a canalização.

Tabela 4.15 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Normal 1.

Medição da espessura da camada de tinta em micras							
Bloco	S						
Amostra	Térreo int	Térreo ext	1º pav	2º pav	3º pav	4º pav	
1	234	226	212	214	176	96	
2	206	249	218	179	186	96	
3	196	203	195	191	162	92	
4	184	161	167	199	189	133	
5	201	185	150	176	170	134	
6	166	157	123	172	177	128	
7	128	141	192	181	105	58	
8	202	215	160	186	195	147	
9	184	122	182	137	155	100	
10	178	170	182	151	203	167	
11	140	338	149	167	236	81	
12	168	299	163	149	215	170	
13	224	334	193	138	142	80	
14	343	178	153	173	165	131	
15	190	180	212	198	149	95	
16	160	184	192	190	179	124	
17	1230	181	146	126	156	113	
18	134	137	105	166	175	109	
19	184	164	184	179	232	112	
20	221	143	146	185	157	122	
21	154	312	190	183	150	143	
22	232	418	163	137	162	159	
23	173	260	106	161	245	121	
24	118	233	101	172	219	121	
25	179	175	191	159	126	119	
26	172	195	169	137	316	193	
27	264	219	121	117	159	109	
28	255	367	117	163	176	85	
29	245	139	196	123	213	254	
30	221	180	137	122	300	119	

Tabela 4.16 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Geral 1.

Medição da espessura da camada de tinta em micras							
Bloco	S						
Amostra	Térreo int	Térreo ext	1º pav	2º pav	3º pav	4º pav	
Máximo	1230	418	218	214	316	254	
Mínimo	118	122	101	117	105	58	
Média	229,53	215,50	163,83	164,37	186,33	123,70	

Tabela 4.17 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Normal 2.

Medição da espessura da camada de tinta em micras (descascado)							
Bloco	S						
Amostra	Térreo int	Térreo ext	1º pav	2º pav	3º pav	4º pav	
1	30,3	70	39,6	68	135	236	
2	97	57	19,5	64	128	117	
3	82	68	38,4	51	174	91	
4	98	45,4	43,8	86	135	212	
5	111	83	23,9	62	155	77	
6	95	54	18,5	64	157	214	
7	63	42,1	93	60	272	116	
8	38,5	25	103	114	204	107	
9	55	115	74	53	213	163	
10	51	92	56	77	204	93	

Tabela 4.18 - Medição da espessura: Bloco S do Campus II. Geral 2.

Medição da espessura da camada de tinta em micras (descascado)							
Bloco	S						
Amostra	Térreo int	Térreo ext	1º pav	2º pav	3º pav	4º pav	
Máximo	111	115	103	114	272	236	
Mínimo	30,3	25	18,5	51	128	77	
Média	72,08	65,15	50,97	69,9	177,7	142,6	
Quantidade	10	10	10	10	10	10	

4.1.2.4 - Campus II, quadra poliesportiva

A Quadra Poliesportiva do Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) localizados na Avenida Engler, sem número, Setor Jardim Mariliza, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita em 2001 em estrutura metálica com ligações parafusadas, as divisões em alvenarias e as lajes em concreto. Contem cinco pavimentos (térreo e quatro pavimentos tipos), duas escadas e uma escada de emergência (figura 4.22).



Figura 4.22 - Quadra Poliesportiva Fonte: Autor

Falha no detalhamento do projeto que deixou local de acúmulo de água e sujeiras, provocadoras de ferrugem na base do pilar (figura 4.23).



Figura 4.23 – Pó no pé do arco da quadra. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.6 Fonte: Autor

Excrementos de pássaros que pousam no alto da estrutura metálica. São altamente agressivos, tanto para os revestimentos anticorrosivos, quanto para o metal (figura 4.24)



Figura 4.24 - Fezes na base do pilar da quadra. Ver item 1.1.2.1 Fonte: Autor

Falta manutenção na pintura anticorrosiva da estrutura e na região da solda onde sofreu Tratamento Térmico Diferencial, apresenta início de corrosão. Como observado na figura 4.37.



Figura 4.25 - Ferrugem na solda do arco da quadra. Ver item 1.1.2.2 e [2.5.1.9](#) Fonte: Autor

Tabela 4.19 - Check list da quadra do Campus II. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Campus II, quadra poliesportiva	
a.2	Endereço:	Av. Engler, S. N., Jardim Mariliza	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Cibele	
a.4	Proprietário:	Sociedade Goiana de Cultura	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3246-2230	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	37,50	m
b.1	Comprimento Preponderante:	47,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	43,58	m
b.1	Área construída:	1.634,06	m ²
b.1	Ano de construção:		
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	1.634,06	m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.20 - Check list da quadra do Campus II. Parte 2

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	

Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
b	Sapata dos pilares:	Não foi visto, por estar concretado.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Em bom estado.
f	Lajes metálicas:	Não tem.
g	Estrutura da cobertura:	Em bom estado.
h	Terças da cobertura:	Em bom estado.
i	Miscelânea da cobertura:	Não tem.
j	Telhas da cobertura:	Metálica
k	Telhas de fechamento:	Não tem.
l	Outros materiais de fechamento:	Avenaria.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Não tem.
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não foi visto.
q	Vazamentos:	Não foi observado.
r	Estado geral da pintura:	Necessita de uma repintura..
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado, com pouca ferrugem e pouca perda de material metálico
t	<p>Diagnóstico final:</p> <p>A estrutura metálica aparente está boa, mas não se pode afirmar nada sobre a que está embutida. As partes da estrutura enferrujada devem ser lixada o ou usar o jato de areia até a retirada da ferrugem e refazer as pinturas de proteção.</p>	

Tabela 4.21 - Medição da espessura: quadra do Campus II. Geral

Poliesportiva		
Amostra	Externa	Interna
1	64	58
2	102	53
3	26,8	80
4	68	133
5	44,1	61
6	53	81
7	35,1	70
8	30,8	101
9	54	108
10	70	163
11	33,3	162
12	35	176
13	37,6	158
14	38,3	116
15	41,3	101
16	57	191
17	48,8	
18	71	
19	77	
20	87	
21	68	
22	48,7	
23	33,6	
24	23,6	

Poliesportiva		
Amostra	Externa	Interna
Máximo	102	191
Mínimo	23,6	53
Média	52	113,25
Quantidade	24	16

4.1.2.5 - Passarela 1 - GO 060 com R. Barros Neto, Vila Regina

A primeira passarela na GO-060 no sentido de Goiânia à Trindade da Agência Goiana de Transportes e Obras - AGETOP localizada na GO-060, Rua Barros Neto, Vila Regina, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita anterior a 2002 em estrutura metálica com ligações soldadas, executada perfis laminados nos contraventamentos, perfis soldados nas vigas e pilares, os fechamentos em tela de arame e as lajes em chapas de piso. Composta de um vão e em cada extremidade com uma rampa de acesso (figura 4.26).



Figura 4.26 - Passarela 1 Fonte: Autor

Viga com corrosão por tensão devido a um abalroamento de um veículo (figura 4.27).



Figura 4.27 - Viga da Passarela 1. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor

Furo não tampado na execução de obra que causará corrosão por frestas (figura 4.28).



Figura 4.28 - Furo na laje da Passarela 1. Ver item 2.5.1.13 Fonte: Autor

Foi observado na figura 4.29 corrosão por frestas entre a chapa do piso e a viga e entre a viga e chapa de ligação. Também foi visto um local de acúmulo de água sujeira na lateral da viga de sustentação e a base de apoio de concreto.



Figura 4.29 - Viga com escoamento de água da Passarela 1. Ver item [2.7.6](#) Fonte: Autor

Tabela 4.22 - Check list da passarela 1 GO 060. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Agência Goiana de transporte – AGETOP		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Passarela GO-060	
a.2	Endereço:	GO 060 com R. Barros Neto, V. Regina	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Roger	
a.4	Proprietário:	AGETOP	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3265-4255	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	26,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	32,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	Não tem.	m
b.1	Área construída:	182,00	m ²
b.1	Ano de construção:	Anterior a 2002	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	182,00	m ²
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.23 - Check list da passarela 1 GO 060. Parte 2

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Agência Goiana de transporte – AGETOP	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Foram concretados.
b	Sapata dos pilares:	Foram concretados.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Em bom estado. Um lado com abaloamento.
f	Lajes metálicas:	Em bom estado. Contudo tem laje maciça em baixo.
g	Estrutura da cobertura:	Não tem.
h	Terças da cobertura:	Não tem.
i	Miscelânea da cobertura:	Não tem.
j	Telhas da cobertura:	Não tem.
k	Telhas de fechamento:	Tela de fechamento em bom estado.
l	Outros materiais de fechamento:	Não tem.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Não tem.
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não tem.
q	Vazamentos:	Tem alguns na transição com base da rampa
r	Estado geral da pintura:	Em bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado.
t	Diagnóstico final:	
	Tampar os furos da laje metálica. Tirar o derramamento de água na junção da viga com a base da rampa. Onde a tinta estiver descascando, restirá-la, caso esteja enferrujada, esfregar com lixa gramatura 100 e/ou escova de aço até retirar a ferrugem, finalmente usar solvente para tirar a gordura e sujeiras.	

4.1.2.6 - Passarela 2 - GO 060 com R. Neto, Jardim Petrópolis.

A segunda passarela na GO-060 no sentido de Goiânia à Trindade da Agência Goiana de Transportes e Obras - AGETOP localizada na GO-060, Rua Neto, Jardim Petrópolis, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita anterior a 2002 em estrutura metálica com ligações soldadas, executada perfis laminados nos contraventamentos, perfis soldados nas vigas e pilares, os fechamentos em tela de arame e as lajes em chapas de piso. Composta de um vão e em cada extremidade com uma rampa de acesso (figura 6.30).



Figura 4.30 - Passarela 2 Fonte: Autor

Corrosão por frestas, por contato com material absorvente e acúmulo de água e sujeiras na base do pilar (figura 4.31).



Figura 4.31 - Pilar da Passarela 2. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor

Corrosão por frestas na cabeça do pilar conforme mostrado na figura 4.32.



Figura 4.32 - Cabeça do pilar com ferrugem na Passarela 2. Ver item 5.5.11 Fonte: Autor

Foi verificado na figura 4.33 corrosão por frestas nas emendas da chapa do piso. Também foi visto um local de acúmulo de água sujeira na junção da chapa de piso e a base de apoio de concreto.



Figura 4.33 - Laje com escoamento de água da Passarela 2. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor

Tabela 4.24 - Check list da passarela 2 GO 060. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Agência Goiana de transporte – AGETOP		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Passarela GO-060	
a.2	Endereço:	GO 060 com R. Neto, J. Petrópolis.	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Roger	
a.4	Proprietário:	AGETOP	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3265-4255	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	26,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	70,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	Não tem.	m
b.1	Área construída:	157,50	m ²
b.1	Ano de construção:	Anterior a 2002	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	157,50	
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.25 - Check list da passarela 2 GO 060. Parte 2

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Agência Goiana de transporte – AGETOP	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Foram concretados.
b	Sapata dos pilares:	Foram concretados.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Em bom estado. Um lado com abaloamento.
f	Lajes metálicas:	Em bom estado. Contudo tem laje maciça em baixo.
g	Estrutura da cobertura:	Não tem.
h	Terças da cobertura:	Não tem.
i	Miscelânea da cobertura:	Não tem.
j	Telhas da cobertura:	Não tem.
k	Telhas de fechamento:	Tela de fechamento em bom estado.
l	Outros materiais de fechamento:	Não tem.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Não tem.
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não tem.
q	Vazamentos:	Tem alguns na transição com base da rampa
r	Estado geral da pintura:	Em bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado.
t	<p>Diagnóstico final:</p> <p>Tampar os furos da laje metálica. Tirar o derramamento de água na junção da viga com a base da rampa. Onde a tinta estiver descascando, restirá-la, caso esteja enferrujada, esfregar com lixa gramatura 100 e/ou escova de aço até retirar a ferrugem, finalmente usar solvente para tirar a gordura e sujeiras.</p>	

4.1.2.7 - Passarela 3 - GO 060 com R. Trindade, Santos Dumont.

A terceira passarela na GO-060 no sentido de Goiânia à Trindade da Agência Goiana de Transportes e Obras - AGETOP localizada na GO-060, Rua Trindade, Santos Dumont, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita anterior a 2014 em estrutura metálica com ligações soldadas, executada perfis laminados nos contraventamentos, perfis soldados nas vigas e pilares, os fechamentos em tela de arame e as lajes em chapas de piso. Composta de um vão e em cada lado com uma rampa de acesso (figura 4.34).



Figura 4.34 - Passarela 3 Fonte: Autor

No dia da inspeção havia chovido e pode ver claramente na figura 4.35, os locais de acumulo de sujeiras e água no concreto e no metal. E também pode se ver as chapas da base do pilar onde possivelmente ocorrerá corrosão.



Figura 4.35 - Pilar da Passarela 3. Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor

Na figura 4.36 pode ser visto como a água da chuva se infiltra nas frestas e sua consequência a corrosão



Figura 4.36 - Frestas na laje da Passarela 3. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor

Falha no detalhamento do projeto na chapa do piso de uma inclinação para a que não sejam formados locais de acúmulo de água no piso do vão, como pode ser conferido na figura 4.37.



Figura 4.37 - Laje com empossamento de água da Passarela 3, Ver item 2.5.1.4 e 2.5.1.11 Fonte: Autor

Tabela 4.26 - Check list da passarela 3 GO 060. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Agência Goiana de transporte – AGETOP		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Passarela GO-060	
a.2	Endereço:	GO 060 com R. Trindade, Santos Dumont.	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Roger	
a.4	Proprietário:	AGETOP	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3265-4255	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	52,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	140,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	Não tem.	m
b.1	Área construída:	366,00	m ²
b.1	Ano de construção:	2014	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	366,00	
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.27 - Check list da passarela 3 GO 060. Parte 2

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Agência Goiana de transporte – AGETOP	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Foram concretados.
b	Sapata dos pilares:	Foram concretados.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Em bom estado. Um lado com abalroamento.
f	Lajes metálicas:	Em bom estado. Contudo tem laje maciça em baixo.
g	Estrutura da cobertura:	Não tem.
h	Terças da cobertura:	Não tem.
i	Miscelânea da cobertura:	Não tem.
j	Telhas da cobertura:	Não tem.
k	Telhas de fechamento:	Tela de fechamento em bom estado.
l	Outros materiais de fechamento:	Não tem.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Não tem.
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não tem.
q	Vazamentos:	Tem alguns na transição com base da rampa
r	Estado geral da pintura:	Em bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado.
t	<p>Diagnóstico final:</p> <p>Tampar os furos da laje metálica. Tirar o derramamento de água na junção da viga com a base da rampa. Onde a tinta estiver descascando, restirá-la, caso esteja enferrujada, esfregar com lixa gramatura 100 e/ou escova de aço até retirar a ferrugem, finalmente usar solvente para tirar a gordura e sujeiras.</p>	

4.1.2.8 - Passarela 4 - GO 060 com Av. L. de Bulhões, Vera Cruz

A quarta passarela na GO-060 no sentido de Goiânia à Trindade da Agência Goiana de Transportes e Obras - AGETOP localizada na GO-060, com a Avenida Leopoldo de Bulhões, Conjunto Vera Cruz, Goiânia, Goiás.

A edificação foi feita anterior a 2014 em estrutura metálica com ligações soldadas, executada perfis laminados nos contraventamentos, perfis soldados nas vigas e pilares, os fechamentos em tela de arame e as lajes em chapas de piso. Composta de três vãos e em cada extremidade com uma rampa de acesso com patamares intermediários (figura 4.38).



Figura 4.38 - Passarela 4 Fonte: Autor

Falha no detalhamento do projeto por ter colocado dois perfis laminados próximos sem solda ou vedados para que não haja infiltração de água figura 4.39.



Figura 4.39 - Frestas nas vigas da Passarela 4. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor

Corrosão por frestas na chapa do piso ocasionada pela infiltração de água da chuva (figura 4.40).



Figura 4.40 - Frestas na laje da Passarela 4. Ver item 2.5.1.11 Fonte: Autor

Corrosão fortemente agressiva da figura 4.41 foi intrigante, pois a passarela foi construída em 2014, por estar na chapa vertical do pilar protegido pelo piso. Fato este que não deixa haver acúmulo de água e sujeira. Provavelmente a corrosão tenha sido causado por frequentadores de uma casa de dança nas proximidades, tenham urinado sucessivas vezes na base do pilar o que ocasionaria um ataque tão exagerado no local da corrosão.



Figura 4.41 - Corrosão na base do pilar. Ver item 1.1.2.1 Fonte: Autor

Tabela 4.28 - Check list da passarela 4 GO 060. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:	
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG		
	Agência Goiana de transporte – AGETOP		
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima		
Planilha de Dados Gerais			
a	Dados do Prédio:		
a.1	Nome do Prédio:	Passarela GO-060	
a.2	Endereço:	GO 060 com Av. L. de Bulhões, Vera Cruz.	
a.3	Zelador/ Contato do Prédio:	Roger	
a.4	Proprietário:	AGETOP	
a.5	Telefone do Proprietário:	(62)3265-4255	
a.6	Concessionário / Inquilino:		
b	Características Gerais do prédio		
b.1	Largura Preponderante:	58,00	m
b.1	Comprimento Preponderante:	100,00	m
b.1	Pé direito Preponderante:	Não tem.	m
b.1	Área construída:	430,00	m ²
b.1	Ano de construção:	2014	
b.1	Material dos pilares:	Metálico	
c	Características Gerais da Estrutura Metálica		
c.1	Área em Projeção:	430,00	
c.2	Pilares Metálicos:	Sim	Não
c.3	Vigas Metálicas:	Sim	Não
c.4	Lajes Metálicas:	Sim	Não
c.5	Cobertura Metálica:	Sim	Não
c.6	Tipo de telha da Cobertura / Provável:	Fibrocimento	
c.7	Tipo de telha do Fechamento / Provável:	Alvenaria	
c.8	Tipo de telhas Especiais / Prováveis:	Não tem	
c.9	Tipo de Pintura Empregada / Provável:	Primer	Esmalte Epóxi
c.11	Projetista Estrutural Metálico:	Não fornecido	
c.12	Empresa Fabricante / Executante:	Não fornecido	
c.13	Tipo Preponderante de Ligações:	Soldada	Parafusada
Obs.:			

Tabela 4.29 - Check list da passarela 4 GO 060. Parte 1

Roteiro Check List de Inspeção de Estrutura metálica		Data:
Entidades apoiadoras	Universidade Federal de Goiás – UFG	
	Agência Goiana de transporte – AGETOP	
Aluno Executor	Marcello Alencar Lima	
Planilha de Diagnóstico		
a	Chumbadores dos pilares:	Foram concretados.
b	Sapata dos pilares:	Foram concretados.
c	Pilares:	Em bom estado.
d	Contraventamentos:	Em bom estado.
e	Vigas intermediárias:	Em bom estado. Um lado com abaloamento.
f	Lajes metálicas:	Em bom estado. Contudo tem laje maciça em baixo.
g	Estrutura da cobertura:	Não tem.
h	Terças da cobertura:	Não tem.
i	Miscelânea da cobertura:	Não tem.
j	Telhas da cobertura:	Não tem.
k	Telhas de fechamento:	Tela de fechamento em bom estado.
l	Outros materiais de fechamento:	Não tem.
m	Outros materiais da cobertura:	Não tem.
n	Escadas:	Não tem.
o	Tótems:	Não tem.
p	Calhas:	Não tem.
q	Vazamentos:	Tem alguns na transição com base da rampa
r	Estado geral da pintura:	Em bom estado.
s	Estado geral da integridade dos materiais:	Em bom estado.
t	<p>Diagnóstico final:</p> <p>Tampar os furos da laje metálica. Tirar o derramamento de água na junção da viga com a base da rampa. Onde a tinta estiver descascando, restirá-la, caso esteja enferrujada, esfregar com lixa gramatura 100 e/ou escova de aço até retirar a ferrugem, finalmente usar solvente para tirar a gordura e sujeiras.</p>	

Tabela 4.30 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Parte 1

NO.	Passarela			
	P1	P2	P3	P4
1	207	479	94	171
2	160	288	103	164
3	139	328	50	233
4	216	339	69	292
5	204	303	88	215
6	268	261	81	183
7	319	264	85	166
8	198	241	88	227
9	186	325	48,8	215
10	227	250	56	185
11	170	330	39	137
12	123	595	21,2	85
13	301	197	72	159
14	257	245	86	218
15	182	488	37,2	259
16	268	248	61	244
17	216	212	42	227
18	252	197	86	189
19	183	306	39,2	262
20	216	297	59	184
21	414	246	51	150
22	234	269	43,2	171
23	264	249	62	166
24	247	228	63	205
25	195	375	91	114
26	292	385	120	197
27	247	196	58	111
28	309	312	86	120
29	208	230	96	187
30	265	202	68	108
31	366	297	76	128
32	359	278	39,5	152
33	248	215	141	140
34	257	250	68	183
35	226	157	36,8	88
36	318	240	80	126
37	234	303	158	176
38	304	223	61	201
39	225	358	90	129
40	113	250	131	131
41	122	303	127	203
42	167	206	155	261
43	278	224	66	212
44	249	212	185	107
45	128	228	108	192
46	120	268	131	189
47	175	203	148	143
48	118	244	101	154
49	32,9	175	95	188
50	105	148	60	252
51	206	204	70	217

Tabela 4.31 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Parte 2

NO.	Passarela				
	P1	P2	P3	P4	
52	196	187	63	180	
53	175	209	69	226	
54	126	180	47,1	272	
55	306	139	76	145	
56	364	206	70	206	
57	134	219	95	248	
58	190	138	53	190	
59	273	215	63	263	
60	245	186	49,9	272	

Tabela 4.32 - Medição da espessura: Passarelas na GO 060. Geral

NO.	Passarela				
	P1	P2	P3	P4	
Máximo	414	595	185	292	
Mínimo	32,9	138	21,2	85	
Média	222,1	259,2	79,3	185,3	

5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como somente no projeto de estrutura metálica do Campus I, área 1 bloco F, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO continha uma observação de como deveria ser feito o Sistema de Pintura. A espessura total de 120 µm foi considerada como referência por não ter sido encontrado outras informações.

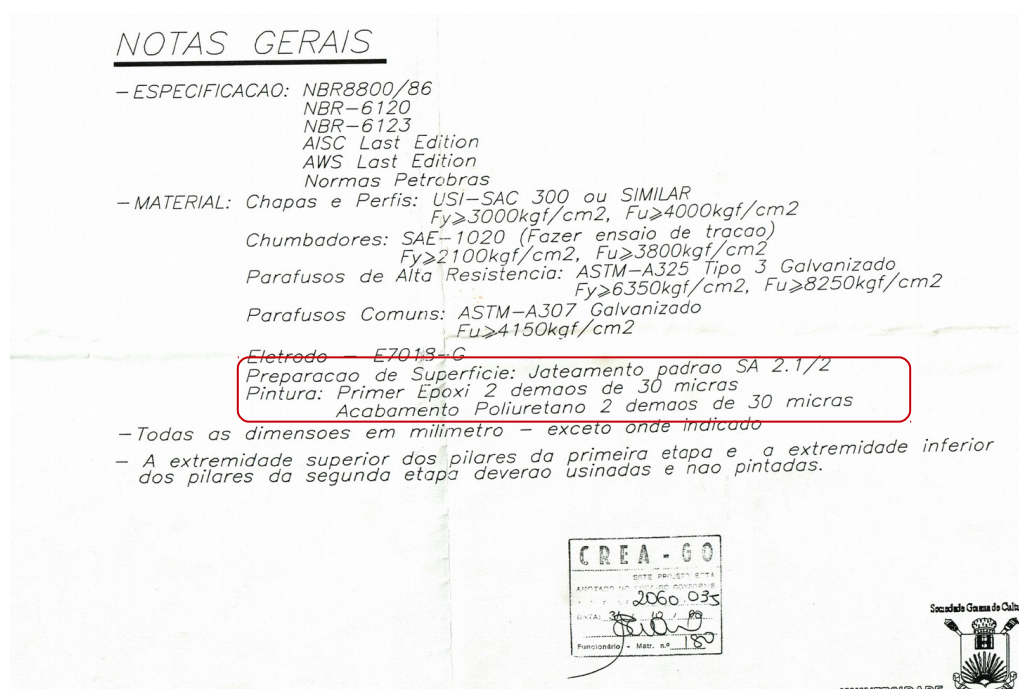


Figura 5.1 - Observação no projeto Fonte: Autor

5.1 - EDIFICAÇÕES

De posse da espessura de referência, foi feito o cálculo da porcentagem espessura média (Média/Ref %) que ainda tem em relação referência. Conforme tabelas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6.

Tabela 5.1 - Campus I, área 1 bloco F - PUC-GO

Medição da espessura da camada de tinta em µm								
Local	Subsolo	Térreo	1º pav.	2º pav.	3º pav.	4º pav.	Esc. Int.	Esc. Ext.
Média	74,6	199,2	130,2	133,9	147,3	149,5	80,7	126,4
Referência	120	120	120	120	120	120	120	120
Média/Ref. %	62,2	166,0	108,5	111,6	122,7	124,6	67,2	105,3

Tabela 5.2 - Campus I, área 1 bloco G - PUC-GO

Campus I, área 1 bloco G – PUC		Medição da espessura da camada (μm)						
Local	Subsolo	Térreo	1º pav.	2º pav.	3º pav.	4º pav.	Esc. Int.	Esc. Ext.
Média	67,9	177,2	131,5	163,2	141,8	144,0	66,6	168,6
Referência	120	120	120	120	120	120	120	120
Média/Ref. %	56,6	147,7	109,6	136,0	118,2	120,0	55,5	140,5

Tabela 5.3 - Campus I, Área 5, bloco A - PUC-GO

Campus I, Área 5, bloco A – PUC-GO		Medição da espessura da camada de (μm)					
Local	Térreo – A	1o Pav - A	2º Pav - A	3º Pav - A	Esc – A1	Esc – A2	
Média	139,50	127,70	140,78	163,30	107,45	137,15	103,29
Referência	120	120	120	120	120	120	120
Média/Ref. %	116,25	106,42	117,31	136,08	89,54	114,29	86,08

Tabela 5.4 - Campus I, Área 5, bloco B - PUC-GO

Campus I, Área 5, bloco B – PUC-GO		Medição da espessura da camada de (μm)					
Local	Térreo – B	1o Pav - B	2º Pav - B	3º Pav - B	Esc – B1	Esc – B2	
Média							
Referência							
Média/Ref. %							

Tabela 5.5 - Campus II, bloco S - PUC-GO

Campus II, bloco S – PUC-GO		Medição da espessura da camada (micras)				
Local	Térreo int	Térreo ext	1º pav	2º pav	3º pav	4º pav
Média	196,20	215,50	163,83	164,37	186,33	123,70
Referência	120	120	120	120	120	120
Média/Ref. %	163,50	179,58	136,53	136,97	155,28	103,08

Tabela 5.6 - Campus II, Quadra Poliesportiva - PUC-GO

Campus II, Quadra Poliesportiva (μm)		
Amostra	Externa	Interna
Média	52	113,25
Referência	120	120
Média/Ref. %	43,33	94,38

5.1.1 - Problemas detectados na porcentagem espessura média <90%

5.1.1.1 - Subsolo 42,2% e escada interna 67,2% do bloco F (Tabela 5.1)



Figura 5.2 - Subsolo do bloco F Fonte: Autor



Figura 5.3 - escada interna do bloco F Fonte: Autor

5.3.1.1.2 - Subsolo 56,6% e escada interna 55,2% do bloco G (Tabela 7.2)



Figura 5.4 - Subsolo do bloco G Fonte: Autor



Figura 5.5 - Escada interna do bloco G Fonte: Autor

5.3.1.1.3 - Escada de emergência 86,08 do Bloco A (Tabela 6.3)



Figura 5.6 - Escada de emergência bloco A Fonte: Autor

5.3.1.1.3 - Quadra Poliesportiva externa 43,33% (Tabela 5.6)



Figura 5.7 - Quadra Poliesportiva Fonte: Autor

5.2 - PASSARELAS

Tabela 5.7 - Passarelas na GO 060 da AGETOP

Medição da espessura da camada de tinta em μm				
NO.	P1	P2	P3	P4
Média	222,1	259,2	79,3	185,3
Referência	120	120	120	120
Média/Ref. %	185,1	216,0	66,1	154,4

Embora a passarela número 3 (P3) tenha atingido um valor abaixo de 90%, não foi constatado nenhuma manifestação patológica na camada de tinta. A mesma parecia estar nova. Uma das poucas situações críticas que foi notada a infiltração de água nas frestas da estrutura (figura 5.8)



Figura 5.8 - Gotas de água na rampa de acesso da passarela 3 Fonte: Autor

Um outro caso condição crítica, não só da película, como do aço, foi um pilar na passarela número 4, que tinha uma corrosão do aço pela urina humana, pelo fato de ter sido utilizado como banheiro público (figura 5.65 e 5.66).

6 - CONCLUSÕES

6.1 - CHECK LIST

A estrutura metálica é um sistema estrutural, em concordância com CASTRO (1999), que tem especificidades inerentes de produção. Isso denota que a partir do momento de elaboração até a término da edificação, persistem cuidados que devem ser observados para não cometer em defeitos construtivos, indubitavelmente preveníveis por intermédio de um projeto e controles efetivos. O paralelo com outros sistemas estruturais permanece na maior parte no domínio da definição de estrutura portante, de fato já na concepção até a entrega final da obra, o conhecimento construtivo aproveitado é abundante dispare em correspondência aos processos restantes existentes no mercado.

O Check list é importante no momento da inspeção, pois teremos uma lista das prioridades a serem observadas nas estruturas metálicas, além de ser uma padronização para futuros trabalhos, facilitando assim as comparações entre as pesquisas.

Com preenchimento do Check list, fica mais fácil fazer o diagnóstico da estrutura, principalmente por que o diagnóstico está no final. Mas como foram discriminados apenas o grupo e não elemento da estrutura. Foi encontrada dificuldade no diagnóstico para especificar o elemento a ser reparado.

O Check list não faz menção aos projetos estruturais das obras, mas eles são importantes, tanto para verificação das dimensões dos elementos, como para a localização da peça com problema

6.1.1 - Sugestões

Em estudos futuros deveria ser utilizado ferramentas de administração e auditoria nas inspeções, tais como: Curva ABC, Gráfico de pateto, Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência).

O método GUT é uma ferramenta para o gerenciamento de risco e usa uma sistemática que considera a Gravidade (G), a Urgência (U) e a Tendência (T) dos pontos a serem averiguados. Com objetivo de examinar, o método estabelece o

emprego de majorações que são propostos para a especificação de cada item vistoriado, com o propósito de precisar graus de criticidade em conforme as dificuldades detectadas. A metodologia GUT foi preparada por Kepner Tregoe, difundida em 1977 perante a denominação, Análise de Problema e Tomada de Decisão. Assim como sugerido em Verzola & Marchiori (2014).

6.2.1.2 – Sugestões Chek list

Fazer um estudo mais detalhado dos conjuntos de elementos (pilar, vigas e lajes) por andar. Para saber como conjunto está se comportando, assim tendo uma visão do todo. E em vez de pegar somente um ponto na peça, pegar dez pontos e fazer uma média para ver como filme de tinta está distribuído pela superfície, ver item 5.2.

6.2.2.1 – Sugestões medições de espessuras de tinta

Separar a medição em conjuntos de pilares, vigas e lajes. Para saber como cada conjunto está se comportando em relação a estrutura.

Estudar mais a interface do concreto armado com a estrutura de aço, porque é uma região onde existe fresta e o concreto é um material permeável que são heterogeneidades provocadoras de corrosão. Ver figura 6.13 e itens [2.5.1.13](#), [2.5.1.4](#) e [2.5.1.6](#).

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

86JP. FEZES NA PINTURA DE UM CARRO. Postado em 2012. Disponível em: <<http://www.86jp.com.br/fezes-na-pintura-de-um-carro>>. Acessado em 24 de junho de 2015. Copyright 2012 www.86jp.com.br, Todos os direitos reservados. Desenvolvido por Kitsune

AGÊNCIA OLHARES. Os pintores alpinistas da Torre Eiffel. Nome do arquivo: B233_000525_006. Copyright: © Stephane Compont / Bureau233 / Agência Olhares, 10 de agosto de 2009. 2009a Disponível em: <<http://www.agenciaolhares.com/agency/index.search.php?sid=269166&img=113>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

AGÊNCIA OLHARES. Os pintores alpinistas da Torre Eiffel. Nome do arquivo: B233_000525_007. Copyright: © Stephane Compont / Bureau233 / Agência Olhares, 10 de agosto de 2009. 2009b Disponível em: <<http://www.agenciaolhares.com/agency/index.search.php?sid=269166&img=161>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

AGÊNCIA OLHARES. Os pintores alpinistas da Torre Eiffel. Nome do arquivo: B233_000525_034. Copyright: © Stephane Compont / Bureau233 / Agência Olhares, 10 de agosto de 2009. 2009c Disponível em: <<http://www.agenciaolhares.com/agency/image/detail/859/>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

AGÊNCIA OLHARES. Os pintores alpinistas da Torre Eiffel. Nome do arquivo: B233_000525_104. Copyright: © Stephane Compont / Bureau233 / Agência Olhares, 10 de agosto de 2009. 2009d Disponível em: <http://www.agenciaolhares.com/agency/gallery/TorreEiffel/image/104/Os_pintores_alpinistas_da_Torre_Eiffel>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

ALTMAN, Max. Hoje na História: 1886 - É inaugurada em Nova York a Estátua da Liberdade. Opera mundi, São Paulo, 28 de outubro de 2010 às 08h 03min. Disponível em: <<http://operamundi.uol.com.br/conteudo/noticias/7242/conteudo+opera.shtml>>. Acessado em 18 de outubro de 2015.

ALVISI, PAULO PIO. Corrosão em Meio Aquoso, as Altas Temperaturas e a Fragilização do Aço em Refinarias de Petróleo: Mecanismos e Mitigação. Belo

Horizonte, 2007.

AMATO INSTITUTO DE MEDICINA AVANÇADA. A poluição do ar pode desencadear um infarto cardíaco? Postado em 09/04/2012 às 12h12min. Ilustração.

ANDREUCCI, RICARDO. A Radiologia Industrial. Editora ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO - ABENDI. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=943&c=481&s=&friendly=>>>. Acessado em 10 de setembro de 2104.

ANDREUCCI, RICARDO. Ensaio por Líquidos Penetrantes. Editora ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO - ABENDI. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=943&c=481&s=&friendly=>>>. Acessado em 10 de setembro de 2014.

ANDREUCCI, RICARDO. Ensaio por Partículas Magnéticas. Editora ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO - ABENDI. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=943&c=481&s=&friendly=>>>. Acessado em 10 de setembro de 2015.

ANDREUCCI, RICARDO. ENSAIO POR ULTRASSOM. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=943&c=481&s=&friendly=>>>. Acessado em 10 de setembro de 2014.

APOIO ESCOLAR ON-LINE. Chegada da Estátua da Liberdade a Nova Iorque. [2014?]. Disponível em: <<http://www.apoioescolaronline.net/noticias/chegada-da-estatua-da-liberdade-a-nova-iorque-4>>. Acessado em 18 de outubro de 2015.

ASME Boiler and Pressure Vessel, Nondestructive Examination Section V, Editora The American Society of Mechanical Engineers, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO. Corrosão – Métodos de Controle da Corrosão. Internet, [ca. 2011]. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/site/artigo_view/controle>. Acessado em 17 de março de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO. Suporte Técnico. Corrosão em Tubulações. [ca. 2013]. Artigo. Disponível em: <<http://www.abraco.org.br/site1/index.php/suporte-tecnico/10-menu-superior>>. Acessado em 10 de janeiro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPRENSA (ABI). Ponte Hercílio Luz. Fotografada em 15/09/2008. Disponível em: <<http://www.abi.org.br/ponte-hercilio-luz/>>. Acessado em 18 de janeiro de 2015.

BASTOS, ANTÓNIO ALEXANDRE DA CUNHA. Comportamento Anticorrosivo de Tintas de Base Aquosa Aplicadas em Substratos Ferrosos - Estudo por Espectroscopia de Impedância Electroquímica. Tese. Porto, Portugal, 1999. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/9916>>. Acessado em 24 de março de 2015.

BASTOS, THIAGO ELIAS. Relatório de Estágio Curricular VI. Relatório. Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://www.emc.ufsc.br/controle/arquivos/estagio/relatorio/relatorio_1402_258_1.doc>. Acessado em 21 de março de 2015.

BAVELIER , Ariane. Coup de pinceau sur la tour Eiffel. Le Figaro. Paris, França, atualizado em 27 de março de 2009 às 22 h 59 min, Publicado em 28 de março de 2009 às 22h 58 min. Disponível em: <<http://www.lefigaro.fr/culture/2009/03/28/03004-20090328ARTFIG00210-coup-de-pinceau-sur-la-tour-eiffel-.php>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

BELLEI, HUMBERTO NAPOLI. Desempenho frente a corrosão de perfis estruturais metálicos I soldados por alta frequência. Tese. São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/000541118.pdf>>. Acessado em 18 de março de 2015.

BORGES, MARIANA. UNISANTA pesquisa se dejetos de pombos estão contaminados. Artigo. <http://noticias.unisanta.br/saude/unisanta-pesquisa-se-dejetos-de-pombos-estao-contaminados/>, publicado em 28/03/2007 às 13h49, consultado em 15 de março de 2015.

BREITKOPF VEÍCULOS. Inimigos Naturais do Seu Carro. Artigo publicado de quinta-feira, 18 de novembro de 2010 às 16:29. Disponível em: <<http://www.breitkopfblog.com.br/vw/2010/11/18/inimigos-naturais-do-seu-carro/>>. Acessado em 16 de março de 2015.

BRITO, Claudius. MP dá prazo de quatro meses para remoção de passarelas. Publicado em: 26 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.jornalcontexto.net/mp-d-prazo-de-quatro-meses-para-remoo-de-passerelas>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

CASTRO, EDUARDO MARIANO CAVALCANTE DE. Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica. Dissertação Ouro Preto, 1999. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp104704.pdf>>. Acessado em 10 de setembro de 2014.

CMB MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE. Monitoramento Ambiental Ecovillas do Lago. Outubro, 2008. Disponível em: <<http://www.cmbconsultoria.com.br/servicos/monitoramento/ecovillas/outubro-2008/>>. Acessado em 16 de março de 2015.

COLARES, REGILANY PAULO. Estudo da Inibição da Corrosão do Zinco por Íons Inorgânicos Ecologicamente Amigáveis: Molibdato, Tungstato, Silicato e Fosfato. Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10346/1/2009_tese_rpcolares.pdf>. Acessado em 21 de março de 2015.

COMUNIDADE EUROPEIA - FUNDO SOCIAL EUROPEU. Ensaio Não Destrutivo - Guia do Formando. Portugal, Lisboa, 1999. Disponível em: <<http://opac.iefp.pt:8080/images/winlibimg.aspx?skey=&doc=7013&img=1062>>. Acessado em 22 de março de 2015.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS. Após vistoria do Crea e decisão do MP, prefeitura de Anápolis retira passarela. Postado em 10/09/2015 2:53PM. 2015a. Disponível em: <<http://www.creago.org.br/index.php/comunicacao/blog/all-categories-2/467-apos-vistoria-do-crea-e-decisao-do-mp-prefeitura-de-anapolis-retira-passarela>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA DE GOIÁS. Prefeitura vai retirar passarela em até 120 dias. Postado em 25/06/2015. 2015b. Disponível em: <<http://www.creago.org.br/index.php/comunicacao/blog/all-categories-2/467-apos-vistoria-do-crea-e-decisao-do-mp-prefeitura-de-anapolis-retira-passarela>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

CORROSION DOCTORS. Galvanic Corrosion. Artigo publicado na internet, [2015?]. Disponível em: <<http://www.corrosion-doctors.org/Landmarks/statue-saddle.htm>>. Acessado em 20 de janeiro de 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA (Santa Catarina). Histórico da Ponte Hercílio Luz. Florianópolis, Santa Catarina, 2015. Disponível em:

<http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/informacoes_sociedade/ponte_HercilioLuz.jsp>.

Acessado em 17 de outubro de 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE GOIÁS (DETRAN-GO). Página de Estatística do DETRAN-GO, 2014. Disponível em: <<http://www.detrان.goias.gov.br>>. Acessado em dezembro de 2014.

DOMINGUES, PAULO FRANCISCO. Desinfecção e Desinfetantes. Material didático da disciplina higiene zootécnica. Botucatu, [entre 1995 e 2012]. Disponível em: <<http://www.fmvz.unesp.br/paulodomingues/graduacao/aula5-texto.pdf>>; consultado em 15 de março de 2015.

DREESZEN, PAULA H.. Biofilme: a chave para compreender e controlar o crescimento bacteriano em Sistemas de Água Potável Automatizados. Segunda Edição, Junho 2003. Disponível em: <<http://www.grupohumma.com.br/biblioteca/biofilme.pdf>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

DUTRA, ALDO CARNEIRO; NUNES, LAERCE DE PAULA. Proteção Catódica. Técnica de Combate a Corrosão. Rio de Janeiro: McKlausen Editora, 1991.

ENGLAND, GORDON. Corrosion. Ilustração. Inglaterra, [2015?]. Disponível em: <<http://www.gordonengland.co.uk/corrosion.htm>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

FERREIRA, CESAR CUNHA. Proteção Catódica. Postado em 3 de novembro de 2013. Disponível em: <<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/11/protacao-catodica.html>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

FERREIRA, EVERALDO. Corrosão. Material didático da Disciplina de Ciência e Tecnologia dos Materiais da UNIVATES Centro Universitário. [1997?]. Disponível em: <<http://www.agracadaquimica.com.br/quimica/arealegal/outros/97.doc>>. Acessado em 19 de março de 2015.

FILHO, OSCAR. 138 Anos da Estátua da Liberdade. 2013. Disponível em: <<http://oscarfilho.terra.com.br/2013/07/138-anos-da-estatua-da-liberdade/>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

FOGAÇA, JENNIFER ROCHA VARGAS. Pilha de Daniell. [20--?]. Disponível em: <<http://www.alunosonline.com.br/quimica/pilha-daniell.html>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

FONTES, ANDERSON M.; LOURENÇO, MARCOS FELIPE DE P.; MESSEDER JORGE C.. A representação experimental da pilha de Daniell nos livros didáticos um erro questionado. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI) Salvador, BA, Brasil – 17 a 20 de julho de 2012. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7710/5650>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

FRAUCHES-SANTOS, C.; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A.. A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. Revista Virtual Química, 2014. Publicação na Web, 20 de dezembro de 2013. Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/view/490/422>>. Acessado em 19 de março de 2015.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM. Ensaio Visual e Dimensional. Aula do Curso de Inspetor de Soldagem. [20--?]. Disponível em: <http://www.fbts.org.br/quantum/cursos/000071/downloads/M4_D16_4_AP_Ensaio%20visual%20e%20dimensional.pdf>. Acessado em 27 de março de 2015.

G1. Ponte Hercílio Luz completa 89 anos sem previsão para fim da restauração. Postado em 13 maio 2015 06 h 05 min - Atualizado em 13 de maio de 2015 às 08 h 05 min. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2015/05/ponte-hercilio-luz-completa-89-anos-sem-previsao-para-fim-da-restauracao.html>>. Acessado em 17 de outubro de /2015.

GENTIL, VICENTE. Corrosão. 6a edição. Rio de Janeiro, LTC, 2014.

GONÇALVES, Paulo Nunes Gonçalves. Gomes, DIOMÍCIO. Passarela polêmica será retirada em 120 dias. Postado em 25/06/2015 05:01. 2015a Disponível em: <<http://www.opopular.com.br/editorias/cidades/passarela-pol%C3%AAmica-ser%C3%A1-retirada-em-120-dias-1.883287>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

GONÇALVES, Paulo Nunes Gonçalves. Gomes, DIOMÍCIO. Passarelas apodrecidas ligam nada a lugar algum. Postado 13/06/2015 05:01. 2015b Disponível em: <<http://www.opopular.com.br/editorias/cidades/passarelas-apodrecidas-ligam-nada-a-lugar-almum-1.874334>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

GUARNIER, CHRISTIANE ROBERTA FERNANDES. Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas. Dissertação. Ouro Preto, 2009. Disponível

em: file:///C:/Users/usuario/Downloads/DISSERTA%C3%87%C3%82O_MetodologiasDetalhamentoEstruturas.pdf, Acessado em 19 de março de 2015.

GUIMARÃES, PEDRO IVO CANESSO; MAINIER, FERNANDO BENEDITO; MERÇON, FÁBIO. Corrosão: Um Exemplo Usual de Fenômeno Químico. Química Nova na Escola, n. 19, PUBLISBQ. Campinas, maio 2004.

HERMINI, HELDER ANIBAL. Pilhas e Acumuladores. [20--?]. Disponível em <www.fem.unicamp.br/~hermini/ES724/Aula03.ppt>, Acessado em 26 de janeiro de 2015.

HOW STUFF WORKS. Como funciona a chuva ácida. Artigo. [2007]? Disponível em <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/chuva-acida.htm>>. Acessado em: 22/04/2015.

HUMMA. Guia do eletropolimento HUMMA. [ca. 2008]. Disponível em: <http://www.grupohumma.com.br/biblioteca/guia_do_eletropolimento.pdf> Acessado em 26 de janeiro de 2015.

IBAPE-RS, INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. Manual de Inspeção Predial - Prática de Diagnóstico. [2014]? Disponível em: http://ibape-rs.org.br/wp-content/uploads/2014/06/manualINSPREDIAL_Internet_BAIXA.pdf>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

IFRONTEIRA. Vizinhos acreditavam que família 'resgatada' em Prudente havia se mudado. [201?]. Disponível em: <<http://www.ifronteira.com/noticia-presidenteprudente-55166>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE-NACIONAL). Norma de Inspeção Predial Nacional. Aprovada em assembleia nacional de 25/10/2012. São Paulo – SP, 2012. Disponível em: <http://www.canoas.rs.gov.br/uploads/midia/343417/Norma_de_Inspecao_Predial_Nacional_aprovada_em_assembleia_de_25_10_2012.pdf>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

JR., JERRY CAMARILLO DUNN. Torre Eiffel. How stuff works, [200-?]. Disponível em: <<http://viagem.hsw.uol.com.br/torre-eiffel.htm>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

KAJIMOTO, ZEHBOUR PANOSSIAN. Corrosão atmosférica de metais no

Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1991.

KIMURA, KARIN. Atividade Vulcânica no Japão Cria Nova Ilha. Ilustração. [2013]? Disponível em: <<http://madeinjapan.uol.com.br/2013/11/21/atividade-vulcanica-no-japao-cria-nova-ilha/>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

LANDMANN, Marcelo Camilli. ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE POLUENTES DOS AUTOMÓVEIS NA RMSP CONSIDERANDO AS ROTAS DE TRÁFEGO. Tese. São Paulo, [ca. 2008].

LEÃO, Marcelo – Cel. ARAGÃO Moniz de – Maj. Estruturas metálicas, dimensionamento segundo a nbr-8800:2008, peças tracionadas. 2013. Disponível em <http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/metallica/estruturas_metallicas_2013_4.pdf> Acessado em 23 de janeiro de 2015.

LOPES, ANDRÉIA ALEXANDRA DE SOUSA. Avaliação de uma Gama Comercial de Pigmentos Anticorrosivos num Sistema de Pintura a Seleccionar. Dissertação. Lisboa, Portugal, 2009. http://run.unl.pt/bitstream/10362/3931/1/Lopes_%202009.pdf, consultado em 20 de março de 2015.

MARCOMINI, JOSÉ BENEDITO. Materiais Para a Indústria Química – Corrosão. [2012?] Disponível em: sistemas.eel.usp.br/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=YRtdOT5Vjy>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

MARINHO, AMANDA MARTINS. FONTENELLE, EMMELE GONELLA. REIS FERNANDO MORALES CAMILO. Inspeção e diagnostico da Durabilidade de Obras de edifícios em Estruturas de Aço de Natureza Pública da Cidade de Goiânia (GO). Monografia. Goiânia, 2008.

MARTINS, Jackson . A Torre Eiffel recebe nova pintura. 29 de março de 2009. Disponível em: <<http://viverparis.blogspot.com.br/2009/03/torre-eiffel-recebe-nova-pintura.html>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

MATOS, MARINA DA CONCEIÇÃO DA SILVA. Estudo da Incorporação de Estearatos em Tintas de Forma a Aumentar a sua Impermeabilidade à Água. Dissertação. Bragança, Portugal, 2008. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/1984/1/Marina_Matos_MEQ_2008.pdf>. Acessado em 20 de março de 2015.

MEIRELES, ANTÓNIO PEDRO CONDE. Levantamento e Diagnóstico de Uma Ponte Metálica Antiga. Dissertação. Porto, Portugal, 2009. Disponível em:

<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57882/1/000143341.pdf>>. Acessado em 21 de março de 2015.

MELO, LUCIANA DE OLIVEIRA. Blendas condutoras a base de água para proteção à corrosão. Tese. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46132/tde-28032007-180524/pt-br.php>>. Acessado em 20 de março de 2015.

MENDONÇA, SAULO. Monumento - Praça Latif Sebba – Goiânia. maio de 2008. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/smendonza/2523107705/>>. Acessado em 20 de janeiro de 2015.

MILEK, JORGE LUÍS; SCHEER, SÉRGIO. Curso de estrutura metálica. [20--?]. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/metallica/>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

MORELLATO, FAWLER. Decapagem & Passivação de Aço Inoxidável. [ca. 2009] Disponível em: <http://www.grupohumma.com.br/biblioteca/Decap_Passiv.pdf>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.

MORTARI, CEZAR VALMOR. Engenheiro Civil, Arquitrave Engenharia, diretor da área de Inovação Tecnológica de Estruturas Metálicas do SINDUSCON-GO. Goiânia, 2008.

MOURA, ELAINE CRISTINA MARTINS DE. Avaliação do Potencial Anticorrosivo de Tiossemicarbazonas Solubilizadas em Sistemas Microemulsionados. Dissertação. Natal, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/17604/1/ElaineCMMpdf.pdf>>. Acessado em 20 de março de 2015.

NEVES, LUÍS COSTA; SILVA, LUÍS SIMÕES DA. Reabilitação De Estrutura Metálica. Curso de Mestrado e Pós-Graduação em Reabilitação do Espaço Construído. Coimbra, [ca. 2006].

NICOLINI, KELLER PAULO; STONA, SILENE ANDREIA. Resumo dos Conteúdos da Ementa Disciplina Química Geral II. Material didático. Palmas/PR, 10 de dezembro de 2010. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/Gebatista/resumo-quimica-geral-ii>>. Acessado em 17 de março de 2015.

NOGUEIRA, SEBASTIÃO. Eles contam a história de Goiânia. Foto postada no O Popular no dia 24 de outubro de 2014 às 15h. Goiânia, 2014. Disponível em:

<<http://www.opopular.com.br/editorias/cidades/eles-contam-a-hist%C3%B3ria-de-goi%C3%A2nia-1.693445>>. Acessado em 02 de abril de 2015. (NOGUEIRA, 2014)

NOVAIS, PAULO ROGÉRIO SANTOS DE. Avaliação das Principais Descontinuidades Encontradas nas Juntas Soldadas, Causas e Possíveis Soluções. CONSTRUMETAL - Congresso Latino Americano da construção metálica, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.construmetal.com.br/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/ct09.pdf>>. Acessado em 10 de setembro de 2014.

NUNES, Pedro. Crea pede retirada de passarelas. Postado em 17/06/2015 05:00. Disponível em <<http://www.opopular.com.br/editorias/cidades/crea-pede-retirada-de-passerelas-1.876879>>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

O DIÁRIO. Corrosivas por causa do ácido úrico. Publicado em 12 de junho de 2011 às 2h. Maringá, 2011. Disponível em: <<http://www.odiariorio.com/automotor/noticia/431408/corrosivas-por-causa-do-acido-urico/>>. consultado em 24 de março de 2015.

OLIVEIRA, CAMILA ARRUDA DE. Corrosão Nos Metais. Artigo da internet em [2014?]. Disponível em: <<http://cederjparacambi.blogspot.com.br/p/quimica.html>>. em 17 de março de 2015.

OLIVEIRA, LUCIANO SANTA RITA. Ensaio Não Destrutivos (END). Notas_aula_END_2013. Apresentação. Internet, 2013. Disponível em: <http://www.lucianosantarita.pro.br/Arquivos/Notas_aula_END_2013.pdf>. Acessado em 22 de março de 2015.

PANNONI, FABIO DOMINGOS. Projeto e Durabilidade. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Siderurgia Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2009.

PIMENTA, GUTEMBERG DE SOUZA. Corrosão. [entre 2003 e 2013]. Disponível em: <http://www.iope.com.br/3i_corrosao.php>. Acessado em 21 de janeiro de 2015. Literatura.

PINHO, FERNANDO OTTOBONI. Quando construir em aço? [ca. 2011]. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/arquivos-tecnicos/20.brasil.pt-BR.force.axd>>. Acessado em 23/12/2014.

PINTO, HAROLDO CAVALCANTI. Corrosão – SMM0334. Apresentação. 2013. Disponível em: <http://www1.eesc.usp.br/smm/images/material-didatico/smm334/Corros_semana1_HP.pdf>. Acessado em 17 de março de 2015.

PRAGAS ON-LINE. Pássaros podem ter contribuído para o colapso na ponte de Minneapolis. [entre 2008 e 2014]. Disponível em: <http://www.pragas.com.br/noticias/clipping/clipping2007/extra2007_044.php>. Acessado em 15 de março de 2015.

PREFEITURA DE GOIÂNIA. Monumento ao Bandeirante. Goiânia, 2010. [Entre 2008 e 2011]. Disponível em: <<https://www.goiania.go.gov.br/html/principal/goiania/monumentos/bandeirante.shtml>>. Acessado em 17 de setembro de 2014.

RAGNUS, Samuel. Torre Eiffel! Matéria do Cabine Histórica. Postado janeiro 28, 2015. Disponível em: <<http://cabinedotempo.com.br/historia-2/cabine-historica/cabine-historica-fatos-historicos-do-dia-28-de-janeiro/>>. Acessado em 17/10/2015.

RAMANATHAN, LALGUDI V. Corrosão e Seu Controle. Editora Hemus, [ca. 2001].

RIBEIRO, MARIA. POEMA:...Orvalho da noite... Ilustração. 2010. Disponível em: <<http://lusibero.blogspot.com.br/2010/09/poema.htm>>. Apego em 08 de janeiro de 2015.

RODRIGUES, LUIZ EDUARDO MIRANDA J.. Magnéticas Ensaio Mecânicos de Materiais. Aula 15 - Ensaio de Partículas. [20--?]. Disponível em: <<http://www.engbrasil.eng.br/pp/em/aula15.pdf>>. Acessado em 12 de outubro de 2015.

SALES, PINTO, EVANDRO. Perigo nas estruturas enterradas. Ilustração. Revista recuperar nº 53. Rio de Janeiro, Ed. Thomastec, 2003.

SAMPAIO, MARCUS VINICIUS CRUZ. Aplicação da inspeção não intrusiva em equipamentos do sistema de dessulfurização de gás natural. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/21400?locale=pt_BR>. Acessado em 22 de março de 2015.

SANCHES, RICARDO ALMEIDA. Defeitos em Solda Detectáveis Através de Inspeção Visual. Monografia. Manaus, 2010.

SANDRI, EDGAR KÜHN. Qualidade de Água de Chuva e Utilização da Radiação Ultravioleta para sua Desinfecção. Dissertação. Joinville, 2010.

SCHMTT, SUELI. Estátua da Liberdade em Nova York. 31 de maio de 2013. Disponível em: <<http://www.fashionspill.com/estatua-da-liberdade-em-nova-york/>>.

Acessado em 08 de janeiro de 2015.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DA CIDADE DE MONTE ALTO. Mais uma Lei aprovada: Controle da Poluição Atmosférica. 2010. Disponível em: <<http://agrimambmontealto.blogspot.com.br/2010/07/mais-uma-lei-aprovada-controle-da.html>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SÃO PAULO. Soldagem. Coleção tecnológica SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 1ª edição. São Paulo, 1997. Artigo. Internet, s.d.. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/26-livros-senai.html>>. Acessado em 27 de março de 2015.

SILVA, BRUNO PACHECO DA. Avaliação de Falhas em Revestimentos Anticorrosivos pelo Método de Ensaio Não-Destrutivo Por Ultrassom. Monografia. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003399.pdf>>. Acessado em 19 de março de 2015.

SILVA, GONÇALO DUARTE FAZENDA DA. Desenvolvimento e Produção de Componentes Soldados Padrão Defeituosos para Ensaio Não Destrutivos. Dissertação. Lisboa, Portugal, 2013. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145924243/Tese%20Final.pdf>>. Acessado em 20 de março de 2015.

SILVA, Karlla-Patricia. Por que o cocô das aves é branco? Publicado em 20 de abril de 2010 Disponível em: <<http://diariodebiologia.com/2010/04/por-que-o-coco-das-aves-e-branco/>>. Acessado em 24 de junho de 2015.

SILVA, RAPHAEL DA. Manifestações Patológicas em Sistemas Construtivos de Aço - Algumas Medidas Preventivas. CONSTRUMETAL, 2012. Disponível em: <<http://www.abcem.org.br/construmetal/2012/arquivos/Cont-tecnicas/33-Construmetal2012-manifestacoes-patologicas-em-sistemas-construtivos-de-aco.pdf>>. Acessado em 19 de março de 2015.

SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE. A estátua da Liberdade. The Statue of Liberty - Ellis Island Foundation, Inc., [2013?]. Disponível em: <<http://http://www.libertyellisfoundation.org/about-the-statue-of-liberty>>. Acessado em 18 de outubro de 2015.

SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE. Engenharia, Construção e

Travessia do Atlântico. The Statue of Liberty - Ellis Island Foundation, Inc., [2013?]. Disponível em: <<http://www.libertyellisfoundation.org/statue-history>>. Acessado em 18 de outubro de 2015.

SITE OFICIAL DA ESTATUA DA LIBERDADE. Um cronograma da estátua da liberdade. The Statue of Liberty - Ellis Island Foundation, Inc., [2013?]. Disponível em: <<http://www.libertyellisfoundation.org/statue-of-liberty-timeline>>. Acessado em 18 de outubro de 2015.

SITE OFICIAL DA TORRE EIFFEL. The eiffel tower gets beautified, 19th repainting – 2009-2010. Société d'Exploitation de la Tour Eiffel. França, Paris, 13 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.toureiffel.paris/en/news/all-the-news/113.html>. Acessado em 13 de outubro de 2015.

STENGRAT, Erick. Estátua da Liberdade: Como Visitar, Dicas e Informações. A tocha original exposta. Publicada em 23 de março de 2014. Nova Iorque. Estados Unidos. Disponível em: <<http://mydestinationanywhere.com/2014/03/23/estatua-da-liberdade-nova-york-visitar/>>. Acessado em 19 de outubro de 2015.

TALUDE. A Ponte Hercílio Luz, em Florianópolis. Artigo eletrônico. Fotolog. 25 de abril de 2004. Disponível em: <<http://www.fotolog.com/talude/7718469/>>. Acessado em 19 de outubro de 2015.

THINA. Foto da Ponte Hercílio Luz. Florianópolis, Santa Catarina, 2009. Disponível em <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=875116>>. Acessado em 19 de janeiro de 2015.

TIRLONI, DILVO. Ponte Hercílio Luz e Sua Restauração. 28 de novembro de 2012. Disponível em: <<http://www.blogdotirloni.com.br/politicas-publicas/cultura/ponte-hercilio-luz-e-sua-restauracao/>>. Acessado em 08 de janeiro de 2015.

TOM ARTHUR. DSC_5062.JPGreynolds wrap aluminum foil attacks food! Tirada em 21 de março de 2008. Disponível em <<https://www.flickr.com/photos/tomarthur/2350808861/>>. Acessado em 21 de janeiro de 2015.

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA. Indicadores e Heterogeneidades Determinantes de Corrosão. Material didático de Química Geral Experimental II – Laboratório. [entre 2002 e 2013]. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/quimicabasica/downloads/laboratorio5.DOC>>. Acessado

em 17 de março de 2015.

VERZOLA, SIMONE NUNES; MARCHIORI, FERNANDA FERNANDES; ARAGON, JOSÉ OCTÁVIO. Proposta de Lista de Verificação para Inspeção Predial X Urgência das Manutenções. XV Encontro Nacional de tecnologia do ambiente construído. Maceió, 2014. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_300.pdf>. Acessado em 21 de março de 2015.

VIEIRA, GLENDA. Pilha de Daniell. Ponto Ciência. Ilustração. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8Qxu__Pq8Ms>. Acessado em 03 de janeiro de 2015.

VOLKSWAGEN. Conservação e limpeza – Externa. Artigo. Publicado na página da © Volkswagen 2015. Disponível em: <http://www.vw.com.br/content/br/brand/pt/servicos/servicos_e_manutencao0/conservacao_e_limpezadoveiculo.html>. Acessado em 24 de março de 2015.

WIKIPEDIA. Galvanic corrosion. [2014?] Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_corrosion>. Acessado em 17 de março de 2015.

WIKIPÉDIA. Ponte Hercílio Luz. [2013?]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_Herc%C3%ADlio_Luz>. Acessado em 17 de outubro de 2015.

WOLINEC, STEPHAN. Técnicas Eletroquímicas em Corrosão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

ZAPLA, LEONARDO SILVA; RABELO, PATRÍCIA FRAGA ROCHA; MOTTA, ANA SEROA DA. Corrosão Galvânica por Meio da Fixação de Estrutura Metálica. Artigo postado em 21/07/2008. Disponível em: <<http://www.jornallivre.com.br/117886/corrosao-galvanica-por-meio-da-fixacao-de-estrutura-metalica-para-veiculacao.html#sthash.a01hnYxR.dpuf>> ou <<http://www.construirnet.com/matzaplacorrosao galvanica.doc>>. Acessado em 26 de janeiro de 2015.