



Universidade Politécnica A POLITÉCNICA

Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias

LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AVALIAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS

UNEIZ ABUBACAR CASSAMO

Código: 252239

Maputo, Julho de 2022

UNEIZ ABUBACAR CASSAMO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AVALIAÇÃO EM
ESTRUTURAS METÁLICAS**

Trabalho científico apresentado a Escola Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias – Universidade Politécnica, como exigências parcial para obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Supervisor: Prof. Ângelo Sumana

Maputo, Julho de 2022

AVALIAÇÃO DE TRABALHO DE FIM DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

NOME: UNEIZ ABUBACAR CASSAMO

TÍTULO: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AVALIAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS

1) Importância do tema para investigação: O tema proposto para investigação tem uma importância no que diz respeito ao conhecimento acerca das patologias na construção civil que não é muito difundido, e existem poucas pesquisas relacionadas ao tema, principalmente quando se refere a estruturas metálicas. Não se conhecem muitos trabalhos referentes a esse tema voltado especificamente para a engenharia civil, onde a corrosão é tratada de modo mais genérico. Conhecer as causas, os diagnósticos e soluções viáveis para esses problemas na prática, é de fundamental importância para elaborar e executar uma edificação metálica com qualidade e durabilidade

2) O problema investigado: O problema investigado está devidamente formulado e em linha com os objetivos gerais e específicos do trabalho.

3) Metodologia de investigação: O paradigma de investigação está devidamente identificado, e a metodologia escolhida é apropriada para o tema em investigação. Conduziu-se uma triangulação metodológica, com a aplicação da metodologia descritiva e analítica. Os resultados foram cruzados e as conclusões foram obtidas como resultado deste estudo, em conjunto e no seu todo.

4) Revisão bibliográfica: Dada às limitações pertinentes ao tema, tanto nas nossas bibliotecas, como no país em geral, pode-se considerar que a revisão bibliográfica consultada é aceitável e trata com clareza a temática geral da investigação.

5) Apresentação: O trabalho está bem estruturado e correctamente formatado e apresentado.

6) Sintaxe: Não foram detectadas falhas relevantes de sintaxe e na formulação de frases, considerando-se no seu geral de boa qualidade.

7) Figuras e tabelas: Apresentado em número suficiente e de forma apropriada, dando uma informação sólida sobre o trabalho desenvolvido.

8) Metodologia de investigação: O presente trabalho de investigação foi conduzido e executado de forma correcta, e está, na opinião do supervisor, com a qualidade requerida para ser aceite para a defesa pelo estudante.

Maputo, Julho de 2022

O Supervisor

Prof. Ângelo Sumana

DECLARAÇÃO

Eu, UNEIZ ABUBACAR CASSAMO, declaro por minha honra que este Trabalho de Fim do Curso é resultado do meu próprio esforço, com o acompanhamento do meu supervisor. Todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia. Esta Monografia não foi submetida antes para obtenção de nenhum grau ou para avaliação em nenhuma outra Universidade.

Autor

(Uneiz Abubacar Cassamo)

Maputo, aos _____ de _____ 2022

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia aos meus pais que em vida sempre me aconselharam a terminar o curso. Os dois grandes incentivadores das realizações dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, esposa Fátima, filha e irmãos que me incentivaram nos momentos difíceis desta jornada.

Aos meus colegas Leila e Felipe por todo apoio e ajuda que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos professores, pela correção e ensinamentos em especial ao professor Ângelo Sumana por ter sido meu orientador e ter desempenhado a função com dedicação e amizade.

Aos meus colegas com quem convivi ao longo desses anos de curso que tiveram impacto na minha formação

ABSTRACTO

Autor : Uneiz Abubacar Cassamo
Grau Académico : Licenciatura em Engenharia Civil
Título: Manifestações Patológicas E Avaliação Em Estruturas Metálicas
Universidade : A Politécnica
Faculdade : Engenharia e Ciências
Supervisor da proposta: Prof. Ângelo Sumana
Data: 2 de Setembro de 2021
Palavras chave: Patologias de Aço, Estruturas Metálicas, Manutenção.

As estruturas metálicas requerem cuidados nas fases de projeto e execução que ainda não são tão difundidos no meio da construção civil, fazendo com que esse sistema estrutural, de modo geral, não seja tão utilizado quando em comparação com os demais sistemas. Uma das características do aço que mais merece atenção é a tendência natural ao desenvolvimento da corrosão, sendo esse processo o principal causador de manifestações patológicas nesse sistema. Nesse contexto, no seguinte trabalho será realizado um estudo de caso das patologias em pilares numa estrutura metálica.

Para o efeito vai se fazer um trabalho de investigação utilizando a metodologia descritiva para descrever as anomalias encontradas por registos fotográficos, apoiada pela investigação analítica onde vai se analisar a causa da mesma e a solução mais viável. Uma extensiva revisão bibliográfica será conduzida para apoio dos conceitos teóricos existentes, e que servirão de informação secundária para melhor percepção do tópico em estudo.

Índice

DECLARAÇÃO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ABSTRACTO	iv
CAPÍTULO I – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	1
1.1. Introdução	1
1.2. O Processo De Investigação	2
1.3. O Problema A Ser Investigado	2
1.3.1. Formulação do problema a ser investigado	2
1.4. A Pergunta A Investigar E As Hipóteses A Considerar	3
1.4.1. Formulação da pergunta a investigar	3
1.4.2 As hipóteses H0 e H1	3
1.4.3. Perguntas investigativas	4
1.5. A Metodologia De Investigação	4
1.6. Constrangimentos Previstos Na Investigação	5
1.6.1 As limitações do trabalho	5
1.6.2 As delimitações do trabalho	6
1.7. Os Objectivos Da Investigação.....	6
1.7.1 O objetivo geral	6
1.7.2 Os objetivos específicos	6
1.8. A Importância Do Tema Proposto Para Investigação	6
1.9. Os Capítulos Propostos E Seus Conteúdos	7
CAPÍTULO II – LEITURA BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. Considerações Gerais	8
2.1.1. Patologia Das Estruturas Metálicas.....	8

2.1.2. Falhas Em Projetos	10
2.1.3 Durabilidade	13
2.1.4 Vida Útil	13
2.1.5. Patologias	15
2.1.6. Aço	17
CAPÍTULO III – METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA	20
3.1 Metodologia de Pesquisa	20
3.2 Instrumentos de Pesquisa	20
CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO EM MOÇAMBIQUE	21
4.1 Descrição Das Manifestações Patológicas Encontradas.....	21
CAPÍTULO V – ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	23
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	24
6.1. Considerações Finais	25
6.2. Sugestões	27
BIBLIOGRAFIA	29

Índice de Quadros

Quadro 1. As Manifestações Patológicas Mais Comuns e as Principais Causas.	8
Quadro 2 Falhas e Defeitos nas Pinturas – Causas e Soluções.	11
Quadro 3. Instrumentos de Pesquisa Utilizado no Processo de Colecta de Dados	20

Índice de Tabelas

Tabela 1. Patologias nas Etapas de Processo de Construção.	17
Tabela 2. Especificação dos Aços Mais Comuns.	18

Índice de Figuras

Figura 1. Vida Útil das Estruturas.	14
Figura 2. Cantoneira de sustentação da cobertura.	21

CAPÍTULO I – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução

O avanço contínuo do crescimento populacional, as descobertas de novas tecnologias e a fixação dos pilares sociais em vertentes mais capitalistas têm feito da construção civil um mercado em expansão, com obras maiores realizadas em tempos sempre menores. Se por um lado isso traz resultados concretos e um avanço significativo para a população, por outro os riscos agregados à essa prática seguem uma crescente paralela e de igual intensidade.

A falta de qualificação profissional, de matéria-prima de qualidade e a ausência de tempo para realização das etapas necessárias são fatores de risco para a realização de uma construção com sucesso. Além da negligência, responsável por parte das falhas nas construções das edificações, há ainda, o fator tempo que causa a deteriorização das construções e precisa ser avaliado em todas elas.

Souza e Ripper (1998) tratam do estudo das patologias na construção civil como uma nova vertente: “Designa-se genericamente por Patologias das Estruturas” esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.” Ou seja, ainda que antes houvesse o conhecimento acerca da deterioração atuante das construções, não se estudava suas causas e consequências e, por conseguinte, nem suas soluções.

Cerca de vinte anos após a popularização e o reconhecimento da necessidade de instruir-se acerca dessa temática, os acadêmicos da área de construção civil vê a importância de se aprofundar nesse assunto, e de conhecer a fundo o universo das patologias nas edificações. Em virtude disso aplica-se nesse trabalho as causas, consequências e soluções existentes nas manifestações patológicas encontradas no edifício escolhido como seu objeto.

É importante ressaltar, ainda, que foram agregados conhecimentos acerca da significação e conceituação das manifestações patológicas, explicando com exemplos conhecidos cada um dos problemas encontrados, a fim de melhor informar e conscientizar o leitor da necessidade de atenção ao tema.

Este trabalho tem como objetivo principal, análise de patologias em estruturas metálicas e aço.

1.2. O Processo De Investigação

O presente trabalho vai obedecer ao seguinte processo de investigação:

- Identificação do tópico;
- Definição do problema a ser investigado;
- Metodologia de investigação;
- Definição dos objetivos gerais;
- Determinação das limitações e delimitações;
- Análise e interpretação dos dados obtidos;
- Escrever relatório.

1.3. O Problema A Ser Investigado

A pouca utilização do aço como sistema estrutural em Moçambique ainda se dá devido ao conhecimento técnico pouco difundido entre a sociedade e no próprio meio da construção civil, no qual profissionais, desde o servente ao mestre-de-obras e, até mesmo engenheiros e arquitetos, têm poucos conhecimentos técnicos para realizar uma grande estrutura em aço sem que ocorram problemas típicos desse tipo de construção.

1.3.1. Formulação do problema a ser investigado

Neste contexto o problema a ser investigado pode ser formulado como a seguir se indica:

“O problema a ser investigado é que o aço apresenta tendências a

certos problemas patológicos que exigem maior manutenção ao longo da vida útil do elemento estrutural, distanciando o consumidor por suceder uma impressão inicial de que esse material irá trazer complicações e difícil manutenção.”

1.4. A Pergunta A Investigar E As Hipóteses A Considerar

O levantamento das hipóteses no âmbito do presente trabalho podem apresentar uma solução para o problema que acima foi descrito. Salientar que são apenas suposições, pois nem toda hipótese precisa ser validada.

1.4.1. Formulação da pergunta a investigar

Em linha com o problema a ser investigado, a pergunta a investigar pode ter a seguinte formulação:

“Será que é possível prevenir e solucionar as patologias que se manifestam em estruturas metálicas“

1.4.2 As hipóteses H0 e H1

De acordo com Leed & Ormond (2001:60), hipóteses são tentativas para orientar a investigação sobre um dado problema, ou para providenciar possíveis explicações para as observações feitas.

Hussey & Hussey (1997:126), acrescenta ainda que as hipóteses a considerar devem ser formuladas de modo a considerar as variáveis dependente e independente que se encontram na pergunta a investigar.

No âmbito do presente trabalho, as hipóteses podem ter a seguinte formulação:

H (0): O mau dimensionamento, a má utilização e a má execução de estruturas metálicas não influenciam o seu tempo de vida útil, nem colocam em causa a sua integridade estrutural.

H (1): O mau dimensionamento, a má utilização e a má execução de estruturas metálicas influenciam o seu tempo de vida útil, e colocam em causa a sua integridade estrutural

1.4.3. Perguntas investigativas

Para apoio ao processo de investigação e de forma a auxiliar a compreensão da pergunta a investigar, as seguintes perguntas investigativas podem ser colocadas:

- A má qualidade dos materiais é a principal causa das patologias na Construção Civil?
- A concepção dos projetos interfere diretamente sobre as patologias na Construção Civil?
- Será que a principal causa de patologias nas obras, refere-se à falhas de má execução dos projetos?
- A falta de manutenção é o motivo principal das patologias nas estruturas metálicas e de aço na Construção Civil?

1.5. A Metodologia De Investigação

O presente trabalho será desenvolvido dentro do paradigma fenomenológico, com a condução de uma triangulação utilização as metodologias do tipo descritivo, analítico e do tipo exploratório.

A Investigação descritiva, de acordo com Ruas (2017:107) é usada quando se pretende descrever e obter as características de uma dada situação ou de um dado fenómeno tal como ele se apresenta num determinado contexto, tanto no paradigma positivista como no paradigma fenomenológico. Esta metodologia não tem por objetivo nem analisar nem

emitir qualquer juízo de valor sobre os fenómenos ou sobre a situação em descrição, como também não é usada nem para fazer predicções nem para testar a relação entre as variáveis existentes nos fenómenos em estudo. O objetivo desta metodologia é fazer apenas a descrição do evento ou fenómeno exatamente como ele se apresenta no contexto em que o mesmo acontece.

Ruas (2017: 109), acrescenta que a Investigação analítica, também designada de explanatória é uma metodologia considerada como sendo uma extensão da investigação descritiva porque, para além de descrever os factos tal como eles se apresentam, tem também o objetivo de analisar e perceber os problemas e os fenómenos, descobrindo e avaliando as relações de causa efeito entre as variáveis envolvidas nesses problemas ou fenómenos. A investigação analítica, para além de testar as hipóteses, procura também perceber de que forma e por que razão é que os problemas ou fenómenos acontecem.

Ruas (2017:108) citando Sousa e Batista (2011:57) acrescenta que a investigação exploratória tem por objetivo proceder ao reconhecimento de uma dada realidade pouco ou deficientemente estudada e levantar hipóteses para o entendimento dessa realidade.

Qualquer destes três tipos de metodologia são absolutamente aplicáveis ao trabalho que se pretende desenvolver, mostrando-se as mesmas totalmente aplicáveis.

1.6. Constrangimentos Previstos Na Investigação

1.6.1 As limitações do trabalho

Este trabalho não foge à regra de qualquer outro trabalho de investigação, pois serão possivelmente encontrados constrangimentos de diversa ordem, nomeadamente a impossibilidade de se obter informação correta a partir das entrevistas, a falta de bibliografia e documentação pertinente ao estudo relativamente à compreensão das patologias do edifício em investigação.

O factor de “bias” poderá também ser elevado, pois algumas pessoas envolvidas no projeto e construção não dirão com sinceridade e objetividade a sua opinião sobre a qualidade das estruturas metálicas em estudo.

1.6.2 As delimitações do trabalho

O trabalho será realizado nas estruturas metálicas existentes na cidade da Matola e Maputo, durante o período de 2020/2021

1.7. Os Objectivos Da Investigação

1.7.1 O objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar as origens, formas de manifestação e os mecanismos de deterioração, as principais normas e procedimentos de avaliação do grau de comprometimento, previsão de vida útil e desempenho de estruturas metálicas.

1.7.2 Os objetivos específicos

Serão objetivos específicos do trabalho, os seguintes

- Identificar os principais mecanismos de deterioração de estruturas metálicas.
- Apresentar os principais procedimentos e normas de avaliação das estruturas.

1.8. A Importância Do Tema Proposto Para Investigação

O conhecimento acerca das patologias na construção civil não é muito difundido, e existem poucas pesquisas relacionadas ao tema, principalmente quando se refere a estruturas metálicas. Não se conhecem muitos trabalhos referentes a esse tema voltado especificamente para a engenharia civil, onde a corrosão é tratada de modo mais genérico. Conhecer as causas, os diagnósticos e soluções viáveis para esses problemas na prática, é de fundamental importância para elaborar e executar uma edificação metálica com qualidade e durabilidade, sendo esses conhecimentos indispensáveis para profissionais em todas as etapas para realização de uma edificação, desde arquitetos e engenheiros até colaboradores diretos, para que se possa elevar o nível técnico e difundir o uso das estruturas metálicas na sociedade.

1.9. Os Capítulos Propostos E Seus Conteúdos

O trabalho será composto pelo abstrato e por cinco capítulos, nomeadamente:

ABSTRACTO – Tratará de um breve sumário da temática em estudo, e introduz o leitor à compreensão do âmbito do trabalho.

CAPÍTULO 1 - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO: Tratará da metodologia de investigação a ser utilizada, introduzindo a formulação do problema a ser investigado, da Pergunta a investigar, das hipóteses, e das perguntas investigativas de suporte ao problema a ser investigado.

CAPÍTULO 2 - LEITURA BIBLIOGRÁFICA: Apresentará a bibliografia consultada pertinente ao tema em estudo, de forma a introduzir e criar conhecimento no autor para o trabalho em questão. Abordará e citará informação relevante de outros autores assim como de obras sobre a percepção dos mesmos em relação ao tema em estudo.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO EM MOÇAMBIQUE: Apresentará um estudo de caso da realidade de Estruturas Metálicas com problema de patologias na sua estrutura. Em Maputo, e procurará identificar de que forma se podem reparar e recuperar as mesmas.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES: Neste capítulo apresentarão as conclusões do trabalho e fazer-se-ão as recomendações que se mostrarem pertinentes, a partir da validação dos resultados da investigação.

CAPÍTULO II – LEITURA BIBLIOGRÁFICA

2.1. Considerações Gerais

2.1.1. Patologia Das Estruturas Metálicas

Em Moçambique, as construções desde pequeno porte até as de grande porte, como pontes, viadutos, túneis, obras hidráulicas, construções residenciais e comerciais, sofrem pela ação do clima. Elevados gradientes de temperatura, muitas vezes no mesmo dia, grandes volumes de chuvas, poluições e ambientes de grande agressividade contribuem para o surgimento de manifestações patológicas que estão associadas com uma ou mais formas de deterioração.

As anomalias em estruturas metálicas também são, na grande maioria, resultantes de falhas de projetos, erros na fabricação e montagem das estruturas causadas por negligência ou inexistência de controlo de qualidade ou então da falta de manutenção. Segundo Pravia e Betinelli (2016) as manifestações patológicas mais comuns em estruturas de aço podem ser definidas em seis tipos principais, conforme mostrados no Quadro 1.

Quadro 1. As Manifestações Patológicas Mais Comuns e as Principais Causas.

Manifestações patológicas no aço	Principais causas
Corrosão localizada	Causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos.
Corrosão generalizada	Causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão.
Deformações excessivas	Causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original,

	ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos.
Flambagem local ou global	Causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não consideradas no projeto e cálculo.
Fratura e propagação de fraturas	Falhas estas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto.

FONTE: PRAVIA e BETINELLI (2016).

De maneira geral, os agentes agressivos que afetam o comportamento das construções durante o seu tempo de vida útil são:

- Ações ambientais, como elevada umidade, respingos de marés, etc;
- Agentes externos agressivos: águas contaminadas, terrenos com solo contaminado, gases nocivos, produtos químicos, etc;
- Causas naturais ligadas ao envelhecimento dos materiais componentes das estruturas (por exemplo, corrosão);

A corrosão é um tipo de deterioração que pode ser facilmente encontrada em obras metálicas e se caracteriza como um fenômeno patológico de maior conhecimento público. O aço oxida quando em contato com gases nocivos ou umidade, necessitando por isso de cuidados para prolongar sua durabilidade.

2.1.2. Falhas Em Projetos

A vida útil de uma estrutura nasce no projeto e se consolida na execução, mas os conceitos do projeto devem chegar até a conclusão da execução. Em cada uma das diretrizes há vários desafios a serem vencidos, como o de entender que projetar é fazer a gestão do desempenho da estrutura ao longo do tempo, controlando o processo de perda do desempenho e prevenindo falhas durante um período que justifique os recursos investidos.

Segundo empresas do setor entrevistadas pelo autor, no geral, a predisposição da construção para apresentar problemas patológicos nas estruturas de aço, ou de uma de suas partes são resultantes da má concepção de projeto, erros de cálculo, má compatibilidade dos projetos, no sistema de montagem, na escolha inadequada dos perfilados, definição equivocada das espessuras das chapas e do uso de tipos de aço com resistências diferentes das consideradas no projeto. As empresas relataram ainda que, as falhas em estruturas metálicas ocorrem também por falta de um plano de controle de qualidade nas etapas de projeto, fabricação e montagem. Tais problemas, muitas vezes são resolvidos de maneira inadequada e ineficiente.

De extrema importância, é a integração entre as áreas de projeto, fabricação e montagem, onde deverão ser discutidas as soluções de projetos e as características das peças fabricadas, de tal sorte a se evitar na montagem a não disponibilidade de equipamentos, custo excessivo, incompatibilidade da sequência construtiva, alteração no esquema estático e falta de segurança do trabalho. (RAAD JÚNIOR, 1999).

Quadro 2 Falhas e Defeitos nas Pinturas – Causas e Soluções.

Descrição dos tipos de falhas ou defeitos	Causas	Correções
<p>Impregnação (lixa): Superfície da tinta apresenta-se áspera como lixa.</p>	<p>Abrasivos e poeiras levados pelo vento para a tinta ainda úmida. Pintura sobre superfícies contaminadas com abrasivos e poeira. Aplicação de tintas com rolo ou trincha contaminados com pelos, areia, poeira ou abrasivos.</p>	<p>Proteger a área a ser pintada. Retirar a tinta ainda úmida com panos umedecidos em solventes. Lixar a pintura contaminada e aplicar nova demão.</p>
<p>Poros (porosidade): A película de tinta apresenta descontinuidades invisíveis a olho nu ou não.</p>	<p>Superfície contaminada. Retenção de solventes ou ar no filme de tinta. Atomização deficiente. Temperatura do substrato muito alta. Água no ar de atomização da pistola.</p>	<p>Lixar a superfície e aplicar nova demão, ou retirar toda a pintura e fazer nova aplicação.</p>
<p>Pele ou casca de laranja: A pintura apresenta-se rugosa semelhante a uma casca de laranja.</p>	<p>Ocorre nas aplicações com pistola devido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • À proximidade da superfície. • À pressão baixa na pistola. • À um solvente muito volátil • À tinta muito viscosa. • À umidade no solvente. • À um bico inadequado. 	<p>Ajustar as condições de aplicação. Lixar e aplicar novas demãos.</p>

<p>Pulverização seca (over spray): A superfície da tinta apresenta um aspecto fosco e áspero, porém sem o desprendimento do pó.</p>	<p>Solvente muito volátil. Pistola muito distante da superfície ou com pressão excessiva. Temperatura ambiente muito elevada.</p>	<p>Aplicar um pano umedecido com solvente antes da secagem da tinta. Após a secagem, lixar e aplicar nova demão, ajustando a distância da pistola à superfície e/ou utilizando um solvente menos volátil.</p>
<p>Empolamento (bolhas): A película de tinta apresenta-se com saliências semiesféricas que variam de tamanho e intensidade.</p>	<p>Retenção de solventes. Processo corrosivo acelerado. Efeito de eletromose. Contaminação do ar e/ou dos equipamentos de aplicação com sal, óleo, água e outros. Incompatibilidade entre demãos de tintas. Umidade relativa do ar elevada. Superfície fria.</p>	<p>Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica. A depender da extensão do problema, deve-se lixar e aplicar novas demãos.</p>
<p>Enrugamento: A película de tinta apresenta-se irregular, com encolhimento e/ou ondulação da película.</p>	<p>Espessura da película muito alta. Solventes muito voláteis. Superfície fria. Não atendimento dos intervalos entre demãos.</p>	<p>Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica. A depender da extensão do problema, deve-se remover ou lixar a pintura a aplicar novas demãos.</p>
<p>Sangramento: A película apresenta-se manchada pelo afloramento de substâncias ou pigmento da cor da demão que está abaixo,</p>	<p>Cores claras sobre cores escuras, principalmente sobre o vermelho ou marrom. O solvente do novo acabamento dissolve a tinta antiga. A ação de solventes fortes da tinta de acabamento provoca a dissolução da tinta de fundo, manchando o acabamento.</p>	<p>Dar uma demão de selagem. Consultar o fabricante quanto a recomendação de produtos</p>

devido à solubilidade da demão inferior.	Aplicação de tintas sobre tintas à base de alcatrão.	
Oxidação Precoce: A superfície pintada apresenta-se com pontos de corrosão logo após a aplicação da primeira ou das primeiras demãos.	Rugosidade excessiva (picos expostos). Película muito fina em meios muito agressivos.	Controlar a rugosidade. Aplicar demãos mais espessas em ambientes mais agressivos. Diminuir, dentro dos limites, os intervalos entre demãos para reduzir os riscos de corrosão precoce.

FONTE: NUNES e LOBO (2014).

2.1.3 Durabilidade

A NBR 6118:2003 define durabilidade como sendo a capacidade da estrutura em resistir as influências previstas e definidas em conjunto pelo autor do projecto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Segundo essa mesma norma, as estruturas metálicas devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, sua estabilidade e sua aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil, estabelecida pela norma.

2.1.4 Vida Útil

De acordo com Helene (1997), pode-se classificar a vida útil de uma estrutura conforme os seguintes tópicos:

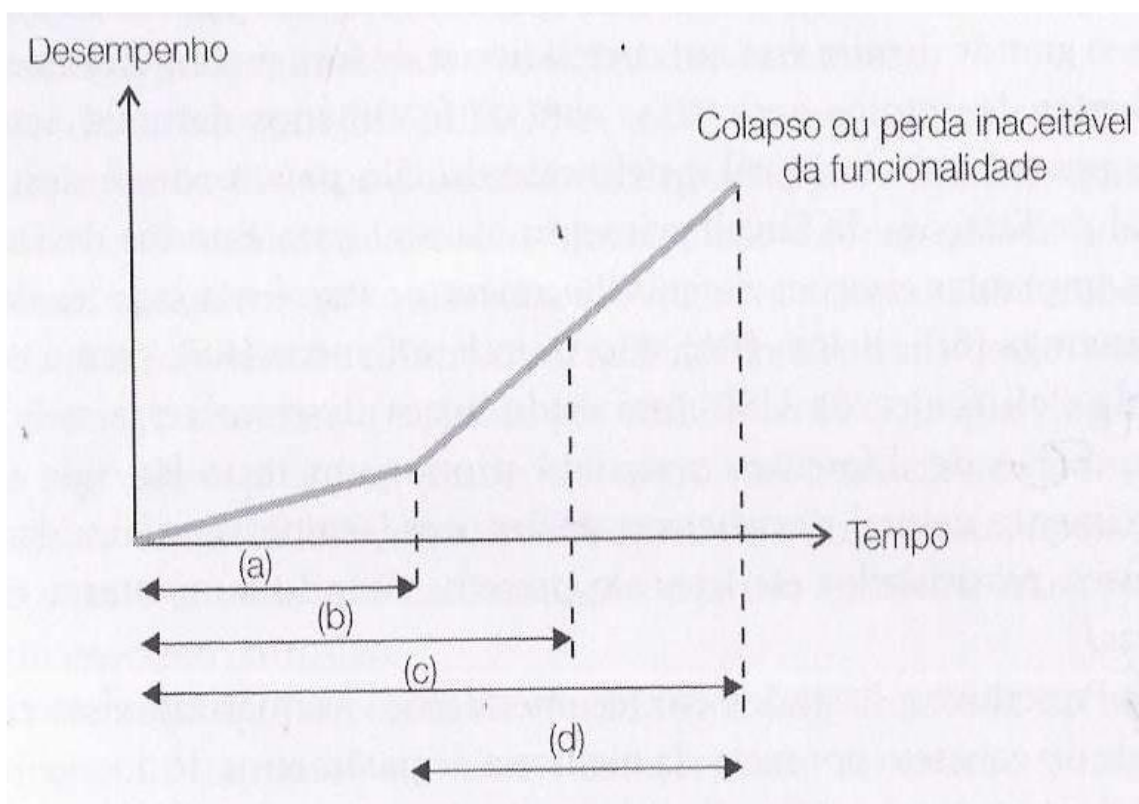
- a) Vida útil de projeto: Período de tempo até o término do processo de despassivação da estrutura metálica, não significando que necessariamente haverá corrosão importante;
- b) Vida útil de serviço: Período onde se começam a manifestar os efeitos dos agentes agressivos, desde o aparecimento de bolhas ou manchas na superfície do betão até o descascamento da tinta;
- c) Vida útil total: Período de tempo em que a estrutura entra em colapso parcial ou total.

Neste momento a estrutura está condenada ou os custos de reparo são demasiadamente elevados;

d) Vida útil residual: Período em que, a partir de uma vistoria e/ou intervenção, a estrutura ainda será capaz de desempenhar as funções para a qual foi projetada.

Desta forma podemos sintetizar que vida útil de uma estrutura, é o período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso da mesma, e o momento em que seu desempenho deixa de atender às exigências pré-estabelecidas do usuário.

Figura 1. Vida Útil das Estruturas.



Fonte: Helene (1997)

De acordo com Ambrósio (2004), embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da engenharia civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, imperícia, a incorreta utilização de

materiais, envelhecimento natural, erros de projetos, enfim, a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas.

Procura-se assim, de forma objetiva, destacar a importância da identificação e do betão diagnóstico das causas de deterioração das estruturas para a precisa determinação dos métodos e técnicas de recuperação, garantindo assim a vida útil, segurança, durabilidade e estética das peças, minimizando custos de manutenção e até mesmo construção, eliminando dessa forma alguns fatores negativos à formação de patologias nas estruturas metálicas.

2.1.5. Patologias

O termo “patologia”, que é um dos fundamentos desta pesquisa, é derivado do grego (pathos– doença, e logia – ciência, estudo) e significa “estudo da doença”. Na construção civil pode se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em estruturas metálicas.

Essas patologias podem se manifestar de diversas formas: corrosão, rachaduras, e descasque entre outras. Por ser encontrada em diversos aspectos, recebe o nome de manifestações patológicas.

Segundo Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o crescimento muito acelerado da construção civil, provocou a necessidade de inovações, trazendo também a aceitação implícita de maiores riscos. Aceitos estes riscos, ainda que dentro de certos limites, aumenta a necessidade de

um maior conhecimento sobre estruturas e materiais, através de estudos e análises dos erros acontecidos, que tem resultado em deterioração precoce ou acidentes.

Apesar disto, tem sido constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, se confrontadas com as finalidades a que se propunham. Este conjunto de fatores gera o que é chamado de deterioração estrutural.

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), as possíveis causas de falhas que podem ocorrer durante a etapa de estudo da futura edificação, são aquelas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anti-projectos equivocados, enquanto que as falhas geradas na realização do projeto final geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser por diversos fatores, tais como:

- Projetos inadequados (deficiência no cálculo da estrutura, avaliação da resistência do solo, má definição do modelo analítico, etc.);
- Falta de compatibilidade entre o projeto estrutural e o arquitetónico, bem como os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.
- A sequência lógica do processo de construção civil indica que a etapa de construção deva ser iniciada somente após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes.

Estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações é originado nas fases de planeamento e projeto. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos. Isso se explica pela falta de investimento dos proprietários, sejam eles públicos ou privados, em projetos mais elaborados e, detalhados, fazendo com que a busca pura e simples de projetos mais “baratos” implique muitas vezes na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas de ordens funcional e estrutural.

A Tabela 1 a seguir mostra os percentuais das causas das manifestações patológicas em estruturas metálicas.

Tabela 1. Patologias nas Etapas de Processo de Construção.

Etapa	Percentual
Projeto	40%
Execução	28%
Materiais	18%
Uso	10%
Planejamento	4%

Fonte: Helene, 1997

2.1.6. Aço

Aço é todo produto siderúrgico, obtido por via líquida, com teor de carbono abaixo de 2 %. Os aços para construção têm, em geral 0,5 % ou menos de teor de carbono.

A obtenção do aço é feita através da mistura de minério de ferro, coque (retirado de carvão mineral), e fundentes (como as “cástinas” que são argilas calcárias, que funcionam também como corretor de Ph), que são sinterizados em um equipamento chamado alto-forno, sob temperaturas da ordem de 1500 °C (FREITAS, 2007).

O aço possui a tensão de escoamento bem definida, e cada tipo é especificado com relação a esta propriedade. Denominam-se através das letras CA, seguindo do valor da tensão de escoamento medido em kgf/mm². Lembrando que o aço possui módulo de elasticidade único no valor de 210 Gpa.

Tabela 2. Especificação dos Aços Mais Comuns.

Especificação do aço	Tensão de escoamento (kgf/mm²)	Tensão de escoamento (Mpa)
CA-25	25	250
CA-50	50	500
CA-60	60	600

Fonte: Adaptado do Catálogo da Votoração (2015)

Os aços estruturais para betão armado, de fabricação nacional podem ser classificados em dois grupos principais (FREITAS, 2007):

a) Aços de dureza natural laminados a quente: são os mais utilizados no betão armado, como o CA-25 e CA-50, antigamente denominados aços tipo A. Os aços CA-50 apresentam mossas (saliências) que aumentam a aderência. Como eles são laminados a quente, não perdem suas propriedades de resistência quando aquecidos ao rubro e resfriados em seguida (condicionalmente até 1100°C a 1200°C). Com isso, podem ser soldados com eletrodos consumíveis comerciais, e não sofrem demasiadamente a ação de chamas moderadas, como no caso de incêndios.

b) Aços encruados a frio: aços obtidos por tratamentos a frio dos aços comuns, como os atuais CA-60, antigamente denominados aços tipo B. O aço é encruado a frio por torção combinada com tração. Havendo defeitos no material, ele rompe por ocasião do encruamento, o que torna o processo de fabricação um verdadeiro ensaio de detecção de defeitos.

Vantagens e desvantagens do uso do betão armado

Como todo procedimento ou material empregado, a utilização do betão armado nas obras possui vantagens e desvantagens. Bastos (2006) cita as vantagens no seu uso:

a) Economia: especialmente em Moçambique, os seus componentes são facilmente encontrados e relativamente a baixo custo;

b) Conservação: em geral, o betão apresenta boa durabilidade, desde que seja utilizado com a dosagem correta. É muito importante a execução de cobrimentos mínimos para as armaduras;

c) Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela sua fácil modelagem;

d) Rapidez de construção: a execução e o recobrimento são relativamente rápidos;

e) Segurança contra o fogo: é assegurado caso haja um cobrimento mínimo adequado;

f) Impermeabilidade: é assegurado desde que dosado e executado de forma correta;

g) Resistência a choques e vibrações: os problemas de desgaste mecânico e fadiga são menores.

Por outro lado, betão armado possui algumas sérias desvantagens, sendo as principais:

- Peso próprio elevado, relativamente à resistência;
- Reformas e adaptações são de difícil execução;
- Fissuração (existe, ocorre e deve ser controlada);
- Baixo grau de proteção térmica, transmite calor e som.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

3.1 Metodologia de Pesquisa

Como referido anteriormente, o presente trabalho visa o estudo das patologias em estruturas metálicas, de modo a identificar as causas das mesmas e soluções ou prevenção destas patologias. De a identificar o problema e as soluções existentes, foram realizados uma sequência de passos, que são explicados seguidamente:

- Revisão bibliográfica: com vista de obter informação relacionada com as patologias em estruturas metálicas.
- Selecção e recolha de dados: O cenário de recolha de dados foi feita na Cidade de Maputo em Armazéns e Ponte de Pedestres de Matola onde foi feita uma recolha de informações através de fotografias.
- Apresentação das patologias recolhidas através da identificação das causas e soluções a adoptar para prevenir e solucionar o problema.

3.2 Instrumentos de Pesquisa

Os instrumentos de colecta de dados adoptados neste trabalho são descritos no quadro a seguir:

Quadro 3. Instrumentos de Pesquisa Utilizado no Processo de Colecta de Dados

Instrumentos de Colecta de Dados	Universo Pesquisado	Finalidade do Instrumento
Documentos	Artigos, Monografias e Livros sobre as patologias em Estruturas Metálicas	Melhor percepção do tópico em estudo.
Observação Directa	Armazéns e Ponte de Pedestre na Cidade de Maputo	Análise das causas das patologias e soluções viáveis.

Fonte: Propria Autoria (2022)

CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO EM MOÇAMBIQUE

4.1 Descrição Das Manifestações Patológicas Encontradas

Com o intuito de identificar as manifestações patológicas, adotou-se como metodologia a inspeção visual, a qual procurou detectar as causas intrínsecas e extrínsecas aos processos de deterioração dos materiais, através de visitas “in loco”, realizou-se um diagnóstico, elaborado a partir da localização e estados das patologias detectadas no local.

A seguir, são apresentadas, através do levantamento fotográfico as manifestações patológicas, indicando sua respectiva localização, bem como os fenômenos por observação visual, e a indicação das prováveis causas, juntamente com a descrição do mecanismo de ocorrência de cada patologia.

Figura 2. Cantoneira de sustentação da cobertura.



Fonte: Próprio Autor

Descrição visual:

A patologia mais comum que é empregada no aço é a corrosão, conforme nos mostra a figura 2 isso se dar devido à: erros de detalhamento; erro de execução; utilização de materiais inadequados; contato do aço com materiais de potencial elétrico diferente; falta ou ausência de manutenção.

- **Causas prováveis:** As causas podem ser tanto de projeto como de execução. Quando não há compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural, e elétrico no momento da execução acaba-se decidindo a interface dessa forma
- **Solução:**
Deve-se usar o zarcão para revestir as peças metálicas tais como portões, grades, janelas, entre outros. O zarcão é uma tinta constituída de uma suspensão oleosa de tetróxido de chumbo (Pb_3O_4), que adere bem ao metal porque é um óxido insolúvel. Sua função é simplesmente impedir o contato do ferro com o oxigênio do ar. Se essa película protetora for riscada ou sofrer desgaste com o tempo, o ferro irá se oxidar, por isso a necessidade de manutenção constante.

CAPÍTULO V – ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

As primeiras manifestações de patologias foram constatadas visualmente por seus usuários, através de oxidação na estrutura metálica, no ano de 2010.

Nota-se negligência no processo de manutenção e com o decorrer do tempo em que não é tomada nenhuma medida prévia e preventiva, e não ocorre um programa de manutenção para o controle das patologias, a consequência é o agravamento das mesmas.

As patologias mais intensas encontradas no estudo foram localizadas na estrutura dos pilares metálicos e vigas, principalmente nas ligações. Na conexão dos colarinhos com os chumbadores a corrosão do tipo vermelha e lascamento; o que deixa os chumbadores desprotegidos contra intempéries.

Muitas das intempéries que ocasionaram o surgimento e agravamento da corrosão, foram causados por ação humana e negligência quanto a prevenção da estrutura, no qual o revestimento apresentava patologias não tratadas, e os elementos estruturais apresentavam impurezas que poderiam ser removidas caso houvesse inspeção preventiva na estrutura.

Além de muitos meios corrosivos estarem em contato com o aço devido a ação e ignorância humana. Pela análise visual da estrutura é perceptível vários tipos de patologias no revestimento, como empolamento, calcinação e descascamentos. Além da exposição frequente ao Sol, ações mecânicas devido ao fluxo humano e contato de veículos com a estrutura deterioraram excessivamente a camada de tinta, e pelo grau de corrosão em alguns pilares, e notória a falta de manutenção preventiva.

O processo corrosivo apresenta inicialmente características visuais desagradáveis na estrutura, principalmente se a camada de revestimento estiver degradada. O fator estético é primeiramente afetado, e conforme a corrosão vai evoluindo, temos consequências mais sérias como o comprometimento estrutural diante da perda de espessura do material metálico.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

O estudo de patologia das edificações é um dos mais novos campos de pesquisa dentro da engenharia civil. Em edifícios feitos em concreto, e até mesmo madeira, os estudos e pesquisas relativos à patologia já atingiram um bom nível de desenvolvimento e divulgação. Várias publicações estão disponíveis comercialmente e existem diversas universidades e instituições de pesquisa abordando tal especialidade para estas estruturas. Entretanto, para os edifícios estruturados em aço, essa realidade não encontra paralelo. O estudo de problemas patológicos em estrutura metálica está em um estágio inicial de pesquisa em relação aos demais sistemas estruturais. Foram encontrados diversos artigos, reportagens e publicações técnicas abordando temas, levantando casos ocorridos ou enfocando particularidades, mas nenhum procurou apresentar o assunto sob um ponto de vista global. Vários trabalhos foram desenvolvidos pensando não em estruturas metálicas, mas para serem aplicados em outros campos como a metalurgia e mecânica industrial. Em nível de mestrado este é o primeiro trabalho desenvolvido na catalogação dos problemas patológicos que ocorrem nos edifícios com estrutura metálica dentre as referências levantadas.

A maioria dos problemas patológicos foram observados em estruturas metálicas leves, como coberturas e galpões. Concluímos que isso ocorre neste tipo de estrutura primeiro devido a falta de manutenção periódica por parte dos proprietários, muitas vezes estes nem sabem que é preciso se fazer esta manutenção por falta de orientação dos próprios fabricantes. Segundo porque são poucas as empresas fabricantes que possuem um controle de qualidade efetivo sobre os seus produtos durante sua fabricação e montagem.

Entretanto, existem em nosso país várias empresas fabricantes de estruturas metálicas que possuem programas de qualidade implantados e que respondem pela grande maioria das obras de maior responsabilidade. Nestas pode-se constatar um número bastante reduzido ou inexistente de problemas patológicos vinculados à estrutura metálica.

Acreditamos ter reunido um número significativo de ocorrências patológicas que ocorrem em estruturas metálicas, dentro dos objetivos traçados no início deste trabalho.

Muitos outros problemas patológicos foram levantados, mas devido à falta de informações mais detalhadas, não foi possível fazer uma análise mais criteriosa. Para isso seria necessário um certo nível de experiência profissional prática, que só quem está inserido na área poderia conseguir.

6.1. Considerações Finais

A estrutura metálica é um sistema estrutural que possui características próprias de trabalho. Isso significa que desde a etapa de concepção até a entrega final da obra, existem cuidados que devem ser observados para não incorrer em erros construtivos, facilmente evitáveis através de planejamento e fiscalização eficientes. A semelhança com outros sistemas estruturais fica mais no campo do conceito de estrutura portante, pois desde a concepção até a entrega final da obra, a tecnologia construtiva empregada é bastante diferenciada em relação aos demais sistemas existentes no mercado.

Uma das dificuldades que apareceram no desenvolver deste trabalho foi a falta de material de pesquisa específico sobre procedimentos de construção civil para estruturas metálicas. Devido à utilização de diferentes tecnologias de construção há a necessidade de se fazer uma compatibilização entre estas para que o resultado seja satisfatório, e isso é um assunto restrito a poucas referências.

Deve ser ressaltado que em geral o ensino de engenharia civil direciona o enfoque de suas diversas disciplinas para edificações estruturadas em concreto armado. Caberia aos professores que ministram as disciplinas vinculadas com a estrutura metálica suprir esta lacuna.

Porém, nem sempre isso é possível porque muitas vezes este conhecimento só é adquirido por profissionais que atuam em empresas que trabalham com este sistema estrutural, sejam escritórios de arquitetura, de projetos estruturais metálicos, de fabricantes e montadores, ou de construtoras. Como em algumas universidades é exigido dos professores trabalhar sob sistema de dedicação exclusiva, este acaba por não adquirir tal conhecimento ou mesmo se desfasando em relação a este tipo de construção.

Estes muitas vezes saem direto dos cursos de graduação e pós-graduação, e ingressam nas carreiras acadêmicas sem passar por qualquer tipo de experiência profissional, resultando assim em uma deficiência de conhecimento relacionados com vários aspectos da construção com estrutura metálica.

A interação do projeto estrutural metálico com os demais projetos é um ponto extremamente importante pois a estrutura metálica não se adapta a improvisos de última hora, o que pode causar uma série de transtornos durante a construção. Também o comportamento estrutural em serviço possui as suas próprias peculiaridades, de forma que todo o desenvolvimento de uma obra ou de novas tecnologias construtivas tem que levar em consideração este fator.

Um fator importante a ser considerado é o forte apelo comercial, o que acaba exercendo influência decisiva. Os fabricantes dos produtos destinados à construção metálica, inclusive os fabricantes de estruturas metálicas, costumam apresentá-los como um sistema extremamente eficiente. Fazem questão de ressaltar as suas qualidades e propriedades, mas dificilmente apresentam indicações sobre quando é melhor utilizá-los e quais são os procedimentos construtivos necessários para sua perfeita execução. É preciso enfatizar e promover as vantagens e qualidades dos produtos relacionados com a construção metálica, porém sem esquecer da divulgação de outros aspectos da sua utilização, como suas limitações, deficiências, aspectos de manutenção, etc. LICHENSTEIN, em sua dissertação de mestrado, nos mostra que a ocorrência de problemas patológicos é um fenômeno normal, contínuo e diferenciado para cada tipo de edificação, e por isso este trabalho se resume apenas em casos e situações onde foi possível se fazer uma análise sistemática dos fenômenos, dentro dos limites propostos pelos objetivos e restrições deste trabalho. Esperamos assim ter contribuído para a elucidação de diversos problemas a que está submetida a estrutura metálica, e que isso possa refletir de alguma maneira para minimizar a ocorrência de tais morbidades.

6.2. Sugestões

As sugestões abaixo são o reflexo da realidade atual da construção metálica, tanto em termos do estudo das patologias, como da própria construção metálica. Reconhecemos que existe uma boa disponibilidade de publicações nacionais e estrangeiras que tratam de cálculo e dimensionamento das estruturas metálicas. Entretanto outros aspectos ainda permanecem pouco divulgados.

Por exemplo, é comum apontar os arquitetos como responsáveis por uma concepção arquitetônica ineficiente para edifícios em aço, entretanto a bibliografia disponível destinada a estes profissionais não os ensina quando e onde é mais conveniente a sua utilização e como tirar o melhor proveito de suas vantagens, inclusive a aplicação de novas tecnologias e sistemas construtivos não convencionais. O mesmo vale para o engenheiro construtor, que precisa recorrer a consultorias especializadas e caras para resolver problemas simples de construção.

Por outro lado, os fabricantes podem melhorar a divulgação de seus produtos através de uma divulgação mais objetiva, ou seja, através de publicações de conteúdo técnico consistente e de fácil compreensão, direcionadas para usuários potenciais como profissionais na área de engenharia e arquitetura em geral. As publicações não devem somente informar sobre as vantagens e desvantagens de cada produto. Elas podem também mostrar como obter a melhor aplicação deste e em que situações específicas o seu uso poderia ser recomendado. A seguir apresentamos uma série de sugestões para se promover o uso do aço na construção civil de uma forma mais objetiva:

- Fazer um levantamento estatístico da ocorrência dos problemas patológicos aqui citados. Esta pesquisa serviria para orientar as empresas e institutos de pesquisa sobre aspectos quantitativos da ocorrência de problemas patológicos e também aspectos de manutenção das estruturas já existentes;
- Pesquisar isoladamente as patologias dos elementos construtivos. Assim poderiam ser feitos estudos específicos abordando somente patologias relacionados à corrosão, tintas, ligações, lajes, alvenarias e outros objetivando a estrutura metálica. Estes teriam de ser bem mais detalhados do que os casos aqui apresentados, se possível através da realização de ensaios e/ou pesquisa de campo;

- Fazer um trabalho específico abordando a metodologia construtiva para estruturas metálicas. Seria um trabalho orientado para engenheiros abordando temas sobre a construção civil em aço;
- Fazer um trabalho sobre concepção arquitetónica, estrutural e de instalações para este tipo de edifício. Este trabalho teria por objetivo orientar os projetistas em geral a conceber e projetar edificações em aço de forma a potencializar a sua utilização, abordando também aspectos sobre as suas limitações e também uma análise

BIBLIOGRAFIA

Amanda F. P da Silva, (2018), *6ª Conferencia sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, Brasil. Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina – PI.

Amanda F. P da Silva, (2018), *6ª Conferencia sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, Brasil. Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina – PI.

Concreto. Pini. 1998. p. 255.

COSTA, F. G. Manutenção das estruturas metálicas com utilização dos ensaios não destrutivos. Construmetal 2012. São Paulo, 2012.

HELENE, P. R. L. *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P. R. L. *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de metalicas*. São Paulo: Pini, 1992.

HENRIQUES, F. M. A. Noção de Qualidade em Edifícios. Comunicação ao Congresso Nacional da Construção. Lisboa, 2001.

NETTO, E. P. G. Estudo de caso da implantação do controle de qualidade na fabricação e soldagem de estruturas metálicas em aço carbono. 47 p. Monografia (Curso Técnico em Mecânica). São José do Rio Preto, 2010.

NUNES, L. P.; LOBO, A. C. O. Pintura industrial na proteção anticorrosiva. 5 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

NUNES, L. P.; LOBO, A. C. O. Pintura industrial na proteção anticorrosiva. 5 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

Ruas J. *Como fazer propostas de investigação, Monografias, Dissertações e Teses*, Escolar Editora, Moçambique. 2017.

Ruas J. *Como fazer propostas de investigação, Monografias, Dissertações e Teses*, Escolar Editora, Moçambique. 2017. AMBRÓSIO, Thais da Silva. Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo. Trabalho de conclusão de curso: São Paulo, 2004.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de concreto*

ANEXOS



Figura: 1

Fonte: Próprio autor



Figura: 2

Fonte: Próprio autor



Figura: 3

Fonte: Próprio autor



Figura: 4

Fonte: Próprio autor



Figura: 5

Fonte: Próprio autor



Figura: 6

Fonte: Próprio autor