



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

FERNANDA SENA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRUTURA
METÁLICA COMO SUPORTE PARA PLACAS
FOTOVOLTAICAS**

**BALSAS – MA
2020**

FERNANDA SENA DA SILVA

**Avaliação da Implantação de uma Estrutura Metálica como Suporte para Placas
Fotovoltaicas**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para a matrícula na Atividade de Trabalho de Conclusão do Curso, do Curso Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o. Esp. Felipe Matias do Nascimento Cardoso.

Co- Orientador: Prof^o. Esp. Francisco de Assis Alves da Cunha

FERNANDA SENA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA COMO
SUPORTE PARA PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade
Federal do Maranhão, como requisito necessário
para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovada em 10 de dezembro de 2020.

Banca Examinadora

Prof. Esp. Felipe Matias do Nascimento Cardoso - Orientador

Prof. Esp. Sebastião Ricardo Coelho Fonseca - Examinador externo

Prof. Me. Vinicius Farias de Albuquerque - Examinador interno

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Sena da Silva, Fernanda.

Avaliação da Implantação de uma Estrutura Metálica como Suporte para Placas Fotovoltaicas / Fernanda Sena da Silva. - 2020.

56 p.

Coorientador(a): Francisco de Assis Alves da Cunha.

Orientador(a): Felipe Matias Do Nascimento Cardoso.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2020.

1. Aço. 2. Estrutura. 3. Inspeção. 4. Laudo. 5. Placas Fotovoltaicas. I. Alves da Cunha, Francisco de Assis. II. Do Nascimento Cardoso, Felipe Matias. III. Título.

À minha família e amigos, em
especial aos meus queridos pais
Maria Aparecida e Benício.

RESUMO

Com a crescente demanda do uso de energia solar, tem-se a necessidade de uma estrutura de suporte para apoio das placas fotovoltaicas para que possam receber uma melhor incidência de radiação solar e produzirem energia elétrica de forma eficiente. Para exercer tal função, as estruturas de aço estão sendo muito utilizadas, uma vez que, possuem inúmeras vantagens quando comparadas com outros materiais, mas apesar disso estão suscetíveis à determinadas patologias que devem ser tratadas com o passar do tempo para que a vida útil da estrutura não seja comprometida. Visto isso, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um laudo de inspeção sobre a estrutura metálica implantada para suporte de placas fotovoltaicas em uma edificação da cidade de Balsas/MA. A partir disso, foi possível verificar se a estrutura foi executada de acordo com os projetos, identificar e classificar as anomalias presentes na mesma e feito as recomendações necessárias para correção desses problemas, bem como a definição dos patamares de urgência de cada uma. Logo nota-se o quanto é importante a inspeção e a emissão do laudo de uma estrutura, pois dessa maneira é possível promover e prolongar a vida útil da mesma.

Palavras-chave: Estrutura, Aço, Placas, Fotovoltaicas, Inspeção, Laudo.

ABSTRACT

Due to the increased demand for solar energy, there is a need for an efficient photovoltaic solar panel support structure design that can provide a better incidence of solar radiation on the panels and produce electricity efficiently. In order to meet this need, steel support structures have been widely used in photovoltaic solar panels because steel structures have numerous advantages when compared to other materials. But, these structures are susceptible to certain pathologies that must be treated over time so that the useful life of the structure is not compromised. Therefore, the present study aims to prepare an inspection report on a solar panel metallic support structure that was constructed on a building in the city of Balsas-MA. It was possible to verify if the structure was built according to the projects, identify and classify the anomalies present in it and it was done the necessary recommendations to correct these problems, as well as it was defined the urgency levels of each anomaly. Thus, this inspection process is extremely important in order to report issues present in a structure and to promote and extend the useful life of a solar panel support structure.

Keywords: Structure, Steel, Plates, Photovoltaic, Inspection, Report.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Perfis laminados	14
Figura 2	Perfil soldado com chapas	15
Figura 3	Exemplos de Perfis de Chapas Dobradas	15
Figura 4	Ações externas do vento numa estrutura	20
Figura 5	Processo de corrosão	21
Figura 6	Pilares sofrendo corrosão na região de maior perda de seção	22
Figura 7	Corrosão em fresta sob cabeça de parafuso	22
Figura 8	Fluxograma de etapas que devem ser executadas	25
Figura 9	Localização da área de Estudo	28
Figura 10	Área de estudo	29
Figura 11	Estrutura metálica e painéis fotovoltaicos sobre telhado de fibrocimento	33
Figura 12	Coluna metálica	33
Figura 13	Detalhe das colunas	34
Figura 14	Treliça metálica	34
Figura 15	Detalhe das treliças de acordo com o projeto estrutural	35
Figura 16	Contraventamento em forma de “X”	35
Figura 17	Contraventamento em forma de “X” em projeto	36
Figura 18	Perfil U simples com presença de corrosão (anomalia endógena)	37
Figura 19	Perfil U enrijecido com presença de corrosão (anomalia endógena)	37
Figura 20	Perfil U simples de treliça com presença de corrosão (anomalia endógena)	38
Figura 21	Contraventamentos com corrosão (anomalia endógena)	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Deslocamentos Máximos	20
Quadro 2	Classificação das anomalias	26
Quadro 3	Definição de prioridade	27
Quadro 4	Classificação da estrutura quanto ao uso	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	12
2.1	GERAL.....	12
2.2	ESPECÍFICOS.....	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	14
4.2	ESTRUTURAS METÁLICAS E PRINCIPAIS PARTICULARIDADES.....	15
4.2.1	Propriedades do aço e principais perfis	16
4.2.2	Ligações existentes nas estruturas metálicas	17
4.2.3	Ligações soldadas	18
4.2.4	Ligações parafusadas	19
4.3	AÇÕES NAS ESTRUTURAS.....	19
4.3.1	Ações permanentes	19
4.3.2	Ações variáveis	19
4.3.2.1	Ações do vento	20
4.3.3	Segurança nas Estruturas	21
4.4	PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	22
4.4.1	Corrosão	23
4.5	ZARCÃO.....	24
4.6	INSPEÇÃO PREDIAL.....	25
4.7	LAUDOS TÉCNICOS.....	25
4.7.1	Elaboração do Laudo de Inspeção Predial	26
5	METODOLOGIA	30
5.1	ETAPAS.....	30
5.1.1	Pesquisa bibliográfica	30
5.1.2	Caracterização dos objetos de estudo	30
5.1.3	Pesquisa de campo	31
5.1.4	Avaliação e tratamento dos dados	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1	ANÁLISE DOS DADOS E DA DOCUMENTAÇÃO.....	33
6.2	ANAMNESE E HISTÓRIA DA EDIFICAÇÃO.....	33

6.3	IRREGULARIDADES CONSTATADAS E POSSÍVEIS RECOMENDAÇÕES.....	37
7	CONCLUSÕES	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXO I	43
	ANEXO II	44
	ANEXO III	45
	ANEXO IV	46
	APÊNDICE I.....	47

1 INTRODUÇÃO

O uso de estruturas de aço na construção civil iniciou a partir da Revolução Industrial onde passaram a ser produzidas em grande escala com a invenção dos fornos industriais dando um grande passo para os métodos construtivos em aço. Segundo Pfeil e Pfeil (2009), uma obra marcante foi a construção da ponte de Coalbrookdale no Rio Severn, em 1779 na Inglaterra com aproximadamente 30 metros de vão.

No Brasil, a fabricação das estruturas em aço teve início em 1812, mas apenas em meados do século XX com o surgimento da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1946, foi possível produzir perfis metálicos em maior escala. Na construção civil contemporânea, busca-se cada vez mais soluções econômicas, eficazes e duráveis. A estrutura metálica ainda não é tão utilizada como o concreto armado aqui no nosso País, mas fatores como redução no tempo de construção, aumento de produtividade e a racionalização do uso de materiais e mão de obra, são primordiais para o bom andamento de qualquer obra, o que torna o ramo da construção civil, um mercado muito competitivo (ROSSATO, 2015).

Diante disso, segundo Frantz (2011), as estruturas metálicas se destacam por possuírem maior área útil e maior resistência mecânica se comparada a outros materiais. A tecnologia do aço por ser flexível confere também mais liberdade a elaboração de projetos desafiadores e de expressão arquitetônica marcante. Esse sistema construtivo pode ser combinado com diferentes tipos de materiais de vedação, tanto vertical como horizontal, permitindo desde os mais convencionais até componentes pré-fabricados. O autor também afirma que por serem mais leves, as estruturas metálicas podem reduzir significativamente o custo das fundações além de suportarem grandes vãos. No entanto, a ausência de manutenção pode acarretar no surgimento de patologias que são capazes de diminuir o desempenho da estrutura.

Sabendo disso, o presente trabalho visa identificar possíveis patologias que diminuam o desempenho de uma estrutura metálica para sustentação de painéis fotovoltaicos em uma edificação na cidade de Balsas, no Maranhão, e assim, promover medidas corretivas a qual irá promover o aumento da vida útil e servir de contribuição para possíveis trabalhos técnicos voltados para a emissão de laudos técnicos de inspeção.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Emitir um laudo técnico de inspeção sobre a estrutura metálica implantada para suporte de placas fotovoltaicas em uma edificação da cidade de Balsas/MA.

2.2 ESPECÍFICOS

- Fazer um levantamento bibliográfico referente às normas e demais trabalhos de outros autores sobre estruturas metálicas e ações nas estruturas;
- Realizar uma vistoria a partir de uma visita “*in loco*” ao objeto de estudo;
- Fazer levantamento de dados e documentações existentes sobre a estrutura;
- Coletar informações do processo construtivo da estrutura metálica através de uma entrevista e cópias de projetos e demais documentos;
- Identificar e classificar patologias e demais falhas presentes na estrutura e verificar se a mesma foi executada de acordo com os projetos e demais documentações;
- Propor as recomendações a serem adotadas para restauração ou preservação da estrutura;
- Avaliar o uso e a manutenção da estrutura;
- Elaborar o laudo técnico sobre a estrutura metálica para suporte de placas fotovoltaicas.

3 JUSTIFICATIVA

A busca por energias renováveis é importante devido a diversos fatores de ordem global como o efeito estufa e demais problemas ambientais. Diante dessa problemática, um exemplo de fonte alternativa que vem sendo bastante difundida é a energia solar, cujo uso no Brasil, por exemplo, tem crescido bastante, fazendo com que o país passasse a ocupar no ano de 2019 a 16ª posição no ranking mundial de países que mais investem nesse ramo, somando mais de 6,7 GW (Giga watts) operacionais desde o ano de 2012 e trazendo consigo diversos benefícios ao país, como a geração de mais de 201 mil oportunidades de empregos, aumento na arrecadação de tributos ao governo superior a R\$ 10,1 bilhões, e favorecendo novos investimentos privados os quais já somam mais de R\$ 34,3 bilhões, impactando diretamente a economia do país (ABSOLAR, 2020).

Em relação ao ranking estadual de geração distribuída de energia solar fotovoltaica, de acordo com Absolar (2020), o Estado do Maranhão ocupa a 18ª posição com potência instalada de 33,7 MW (Mega Watts), com um grande potencial de crescimento por conta de diversos fatores, dentre eles, a sua posição geográfica que contribui para a incidência de radiação solar, uma vez que está situado a dois graus da linha do Equador, com isso, o Estado possui uma média de insolação diária de 5,5 kw/h/m² (GLOBO, 2016). A cidade de Balsas/MA, por exemplo, segundo Inpe (2020), apresenta temperaturas acima de 35°C (graus Celsius) o que favorece a implantação de painéis fotovoltaicos.

Para a instalação desses painéis são necessárias estruturas de suporte que devem ser leves, apresentar uma boa durabilidade e resistência para vencer grandes vãos e ter a capacidade de suportar o peso das placas e demais ações. Essas características estão presentes nas estruturas de suporte fabricadas com materiais metálicos, conforme relatam Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013). No entanto, a avaliação técnica e o monitoramento dessa estrutura devem ser feitos periodicamente para que não ocorram eventos indesejáveis, e.g., desabamentos, e é importante que o profissional tenha a consciência da necessidade dessas etapas. Portanto é importante trazer para o meio acadêmico a necessidade do monitoramento e a verificação prévia do comportamento da estrutura ao longo da sua vida útil. Sendo assim, nota-se o quanto é imprescindível uma avaliação da estrutura de suporte com a elaboração de um laudo técnico identificando as possíveis causas que possam prejudicar o bom desempenho da estrutura e propor medidas preventivas ou corretivas a serem adotadas, para promover uma estrutura segura.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Segundo Kalogirou (2009), não se tem uma comprovação de fato sobre o mentor do uso da energia solar em larga escala, o que acredita-se, é que Arquimedes que viveu entre 282 a 212 a.C. teria conseguido queimar diversas carruagens romanas em uma região que hoje pertence a Itália, essa realização ocorreu devido o mesmo ter conseguido centralizar a radiação solar em um único local por muito tempo até provocar o processo de combustão, ele utilizou uma peça semelhante ao vidro com diversos espelhos que conseguia apontar para um ponto específico, há relatos que outras pessoas conseguiram repetir este experimento como Proclus na época do período Bizantino.

Segundo Kalogirou (2009), há diversos relatos históricos sobre trabalhos com o uso dessa energia como por exemplo a criação de uma Fornalha solar desenvolvida na época pelo químico Lavoisier. Esse equipamento poderia chegar a uma temperatura superior a 1700 °C, também foi desenvolvida uma impressora movida a energia solar que possuía um coletor de geometria parabólica, entre outros trabalhos. Logo, a radiação promovida pelo sol que chega na superfície do nosso planeta é tão forte que se a mesma atingisse diretamente a superfície da terra sem sofrer desvio por nenhuma molécula em um tempo inferior a 90 minutos seria capaz de fornecer uma quantidade significativa de radiação para suprir a necessidade de energia mundial por mais de 12 meses.

Sabendo disso, deve-se buscar uma forma de aproveitar essa fonte natural e inesgotável de energia solar, promovendo uma energia limpa e sustentável. No Brasil, apesar de possuir diversos climas, a radiação solar é bem uniforme, podendo se tornar uma referência mundial com a geração desse tipo de energia (BNDES, 2020).

Uma forma de aproveitar esse tipo de energia, é através do uso de painéis fotovoltaicos, segundo Absolar (2020), entre os meses de janeiro a maio de 2020, a potência instalada de energia solar no país foi em torno de 1 gigawatt (GW) permitindo que o Brasil atingisse a marca de 5,5 GW, que ainda é considerado um nível baixo, no entanto, apresenta parâmetros favoráveis de crescimento.

Esses sistemas consistem em gerar energia elétrica através da conversão de radiação solar que após incidir sobre esses painéis, suas estruturas por meio de semicondutores fotossensíveis, provocarão os deslocamentos dos elétrons, gerando assim a energia. No entanto,

depende da quantidade solicitada de energia, em alguns casos apenas uma placa pode gerar a energia necessária para o empreendimento e, em outros casos serão necessárias diversas, possibilitando assim até mesmo a produção de energia para uma cidade inteira (KALOGIROU, 2009).

Portanto, é necessário que os painéis fotovoltaicos sejam posicionados para receber a maior incidência de radiação solar e assim favorecerem a geração eficiente de energia elétrica, por isso, é necessário buscar estruturas de suporte que sejam leves e tenham vantagens significativas como por exemplo o uso de estruturas de aço.

4.2 ESTRUTURAS METÁLICAS E PRINCIPAIS PARTICULARIDADES

Segundo Pinheiro (2005), as estruturas metálicas possuem diversas vantagens quando comparadas a outros tipos de estruturas, pois possuem maior resistência mecânica; maior área útil, uma vez que os elementos estruturais como pilares e vigas são mais esbeltos se comparados com os de concreto armado; podem ser combinadas com outros materiais; menor prazo de execução da obra; maior controle de materiais e mão de obra; técnica construtiva precisa, uma vez que a unidade de medida empregada no controle de qualidade e precisão do aço é o milímetro, o que acarreta em uma série de benefícios, como peças impecavelmente niveladas e aprumadas; as estruturas em aço após desmontadas podem ser reaproveitadas e são 100% recicláveis. Além disso, elas substituem o uso da madeira e contribuem para a redução da poluição sonora e materiais particulados causados por equipamentos que dão acabamento na madeira.

Ainda de acordo com Pinheiro (2005), as estruturas metálicas também possuem algumas desvantagens, dentre elas, destacam-se ausência de profissionais qualificados; é vulnerável ao fogo pois devido a dilatação térmica, a estrutura perde a capacidade resistente, sendo assim, deve-se conter a condição de estrutura metálica no Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndios (PPCI); também são vulneráveis à corrosão exigindo medidas protetivas, como aplicação de pinturas; e por possuírem seções esbeltas, deve-se ter cuidado com a flambagem de peças comprimidas.

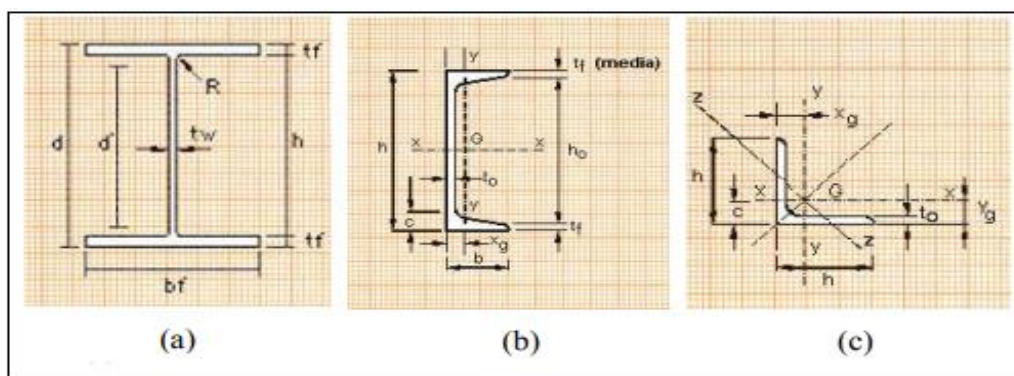
4.2.1 Propriedades do aço e principais perfis

Existem características físicas que podem ser adotadas em todos os tipos de aços estruturais que estejam com temperatura atmosférica considerada normal, como por exemplo elasticidade, dureza, resiliência, ductilidade, fragilidade, fadiga e tenacidade (PFEIL E PFEIL, 2009).

Segundo Xerez, Neto e Cunha (2020), a maneira como é aplicado e o formato do material são fatores relevantes quando se analisa uma estrutura, pois dependendo do tipo de perfil e a posição adotada pode-se obter uma estrutura com maior ou menor rigidez, por isso é importante uma análise prévia a ser adotada no processo construtivo.

No mercado existem diversos tipos de perfis que podem ser empregados como estruturas de suporte, como os laminados, que são os produzidos por laminadores nas fábricas e são classificados em barras, perfis ou chapas, obtidos no comércio com formato específico como perfil I, U, L ou H; os soldados, ou ainda de chapa dobrada, onde o perfil é moldado com a chapa na espessura desejada, por meio do processo de conformação a frio (MALHEIROS, 2015). A seguir, na Figura 1, tem-se exemplos de perfis laminados, onde (a) corresponde aos perfis do tipo I e H, (b) do tipo U, ou canal e (c) cantoneira L.

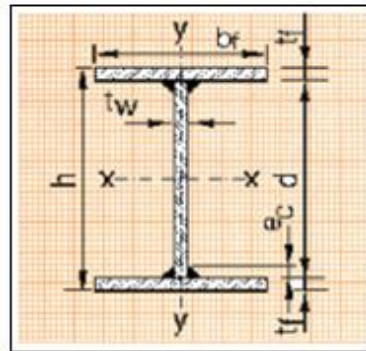
Figura 1 - Perfis laminados.



Fonte: Malheiros, 2015.

Na Figura 2, tem-se o perfil do tipo I e H soldado com chapas.

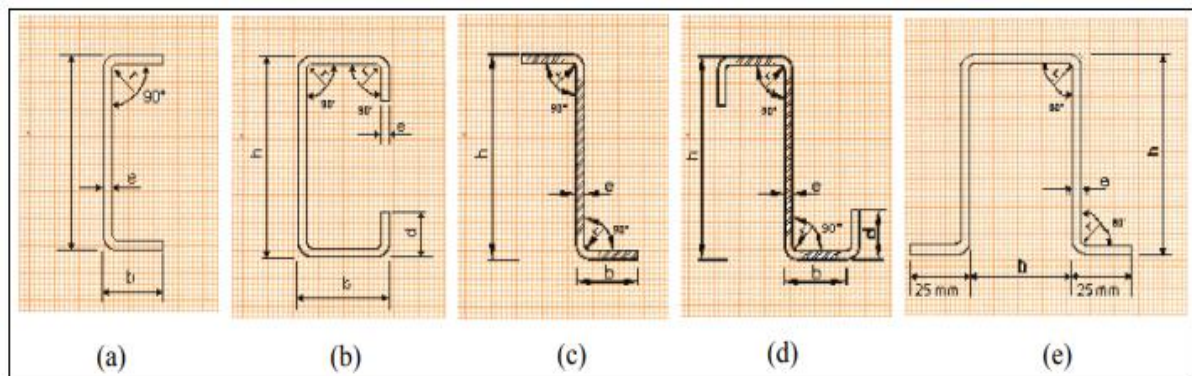
Figura 2 - Perfil soldado com chapas.



Fonte: Malheiros, 2015.

E na Figura 3 apresenta-se modelos de perfis de chapa dobrada: onde (a) é do tipo U Simples, (b) U Enrijecido, (c) Z Simples, (d) Z Enrijecido e (e) Cartola.

Figura 3 - Exemplos de Perfis de Chapas Dobradas.



Fonte: Malheiros, 2015.

4.2.2 Ligações existentes nas estruturas metálicas

Conforme Pfeil e Pfeil (2009), devido a capacidade dos laminadores as peças estruturais em aço são fabricadas com dimensões limitadas devido a capacidade dos veículos de transporte, no entanto, essas peças podem ser unidas e assim adquirirem novos formatos.

As estruturas de aço são constituídas por um conjunto de peças ligadas entre si unidas por meio de ligação: como as de solda ou parafusos. A escolha do tipo de união deve ser dimensionada levando em consideração uma resistência de cálculo igual ou superior as solicitações de cálculo, em nível de execução deve ser feito um estudo minucioso e eficiente para escolha das etapas de montagem, para efeito de avaliação de estruturas já existentes deve-se verificar em campo o tipo de união entre as peças e se as mesmas estão intactas, se não

possuem patologias, se os parafusos estão bem fixados, pois caso contrário irá influenciar diretamente no bom funcionamento da estrutura podendo levar até ao desabamento da mesma (MALHEIROS, 2015).

Segundo Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), as estruturas de aço respondem as ações solicitantes de acordo com a união estabelecida entre as peças e seu grau de liberdade e rigidez, por isso, durante uma análise estrutural prévia ou apresentação de um laudo técnico de uma estrutura metálica já em uso deve-se informar adequadamente o grau de rigidez adotado seja solda ou ligações parafusadas, de modo que seu comportamento seja parecido com o modelo de ligação que foi ou será executado. Essas ligações devem estar convenientemente concebidas e dimensionadas, pois as mesmas podem apresentar comportamento diferentes em função da forma construtiva sob pena da estrutura não atender as solicitações de rotação ou deslocamentos advindos de ações variáveis ou excepcionais, levando ao desabamento da estrutura (XEREZ, NETO; CUNHA, 2020).

4.2.3 Ligações soldadas

A solda é um procedimento que une duas ou mais partes constituintes de uma estrutura, possibilitando a continuidade do material e mantendo tanto as suas características químicas e mecânicas, quanto os esforços aos quais a ligação está submetida (MALHEIROS, 2015). Atualmente, existem vários processos de soldagem, que com o passar dos anos foram se desenvolvendo e obtendo melhorias, entre eles: arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW), arco elétrico com proteção gasosa (GMAW), arco elétrico com fluxo no núcleo (FCAW) e arco submerso (SAW) (ABNT, 2008).

Conforme a posição, as soldas podem ser classificadas como verticais, planas, horizontais, e sobre cabeça. E quanto ao tipo: tampão, ranhura, filete, chanfro ou entalhe. É importante saber esses detalhes para análise e avaliação técnica, pois essas ligações podem se comportar de formas diferentes provocando deslocabilidade e perda de rigidez na estrutura em função de falhas durante o processo de soldagem, pois quando a solda não penetra totalmente fazendo a ligação entre os perfis metálicos, pode provocar pontos de fragilidade na estrutura e conseqüentemente provocar o colapso parcial ou total da mesma (CHAMBERLAIN; FICANHA; FABEANE, 2013).

4.2.4 Ligações parafusadas

Este tipo de ligação é empregado na união dos perfis metálicos, sendo necessária a inspeção durante e após a sua execução, pois estas ligações devem ser bem fixadas. Tem como vantagem a montagem e desmontagem caso seja necessário retirar os perfis para uma outra obra, não exige mão de obra altamente qualificada e ainda reduz custos como energia elétrica.

Tais ligações conseguem resistir tanto aos esforços de cisalhamento como de tração, no entanto, para avaliação e análise técnica em campo, deve se avaliar a integridade dos parafusos, pois quando não são fixados corretamente e com a ação do vento tendem a provocar uma perda de rigidez na ligação entre os perfis de aço, o que pode diminuir o desempenho da estrutura e provocar danos significativos, por isso, as ligações parafusadas apesar de serem resistentes devem ser monitoradas e caso apresentem corrosão na ligação ou desgaste das peças devem ser trocados todos os componentes localizados (parafuso, porca e arruela), prologando o tempo de vida útil da estrutura (CHAMBERLAIN; FICANHA; FABEANE, 2013).

4.3 AÇÕES NAS ESTRUTURAS

Quando se projeta uma estrutura busca-se que esta possa atender as ações diversas que podem atuar ao mesmo tempo sobre o edifício sem prejudicar o seu bom funcionamento, por isso as combinações de ações são importantes para analisar a pior situação onde os elementos estruturais serão mais solicitados, essas ações são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais.

4.3.1 Ações permanentes

De acordo com Pinheiro (2005) as ações permanentes são as que ocorrem com pouca variabilidade durante toda a vida útil do objeto de estudo e possuem valores constantes. Exemplos comuns desse fenômeno em estruturas usuais é o peso próprio da estrutura, elementos construtivos fixos, pesos de revestimentos entre outros.

4.3.2 Ações variáveis

Conforme a ABNT (2008), as ações variáveis são aquelas que ocorrem com valores que apresentam grandes variações durante a vida útil do objeto de estudo, como o peso das pessoas sobre a estrutura, variações na temperatura e ações do vento dentre outros.

4.3.2.1 Ações do vento

O vento exerce pressões e sucções nas edificações de maneira contínua, variada, repentina ou intermitente que podem ocasionar danos materiais ou até mesmo vítimas fatais. As combinações das ações e considerações dos ventos em edificações, para efeito de cálculo, devem ser realizadas de maneira que seja considerado a condição mais desfavorável a qual a edificação esteja submetida (ABNT, 1988). A Figura 4 mostra algumas dessas ações e sua forma de atuação na estrutura, o barlavento é a região onde incide o vento e o sotavento é a região oposta do local em que o vento incide, o sinal positivo indica que o vento está provocando sobrepressão e a sucção é considerada negativa por convenção didática de sinal.

Figura 4 – Ações externas do vento numa estrutura.



Fonte: Guinzelli, 2017.

As estruturas metálicas por serem esbeltas geralmente sofrem as ações do vento consideravelmente, por isso é importante saber a velocidade básica do vento conforme a localidade indicada no mapa próprio das isopleias (ABNT, 1988). E com a obtenção desse valor é possível conhecer o que de fato irá incidir na estrutura, o que favorece uma análise estrutural precisa, verificando se realmente é uma estrutura segura e atenderá essas solicitações sem sofrer deslocamentos excessivos (XEREZ, NETO; CUNHA, 2020).

Portanto, após identificado o local onde se deseja projetar ou verificar se a estrutura existente suportará essas combinações de ações, passa a se conhecer as forças que irão atuar na estrutura, logo, o projetista deve escolher o tipo de perfil e ligação para suportar essas forças sem afetar o seu bom desempenho, já no caso de estruturas que não possuem projetos ou tenham sido feitas sem prever uma sobrecarga como os painéis fotovoltaicos, deve-se verificar se a mesma suportará sem afetar o seu bom desempenho e, caso já estejam instaladas, é necessário realizar manutenção e a avaliação da estrutura durante a sua vida útil, pois com o passar do tempo, a mesma diminui a sua estabilidade e rigidez, no entanto, com avaliação periódica é

possível prolongar a vida útil da mesma para a função a qual a dispõem (XEREZ, NETO; CUNHA, 2020).

4.3.3 Segurança nas estruturas

Segundo Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), quando a estrutura não suporta as solicitações de cálculo, passa a apresentar desempenho insatisfatório, esse estágio é chamado de estado-limite, e se dividem em estado-limite último (ELU) e estado-limite de serviço (ELS), para as estruturas em geral, inclusive as de aço, o primeiro conceito é empregado quando a mesma apresenta perda de equilíbrio seja global ou parcial em apenas alguns elementos, conseqüentemente pode ocorrer a deformação plástica do metal chegando a ruptura, estado esse que deve ser evitado, já o segundo conceito refere-se a deformações excessivas o que pode tornar inviável a utilização do edifício, e também possíveis vibrações que afetem o conforto do usuário e possam gerar danos reversíveis, mas, que comprometem a aparência e durabilidade da estrutura, impossibilitando o uso parcial ou total da mesma (ABNT, 2008).

Logo a verificação dos ELS e ELU são realizadas considerando as combinações de serviços e ultimas, e assim verifica-se se realmente atende a segurança em função dos possíveis estados-limites que possam ser aplicados (ABNT, 2008).

Para verificação do ELS, considera-se as ações que atuam em boa parte do período de vida útil da estrutura, e as patologias que possam surgir nesse estado são reversíveis o que não torna uma estrutura inviável permanentemente, como por exemplo deslocamentos verticais e horizontais nas peças estruturais, movimentos laterais devido ação do vento ou até mesmo coberturas que apresentam deslocamentos verticais devido acúmulo de água sobre a mesma, corrosão dos perfis e fissuras (ABNT, 2008). Diante dessas patologias, é possível identificar e propor medidas corretivas, através de um laudo técnico que identificará o tipo de patologia e se esse deslocamento é admissível de acordo com a Quadro 1, caso contrário deverá ser feita uma substituição do elemento estrutural ou inviabilizar o uso do local, até que seja atendido as recomendações do responsável técnico (XEREZ, NETO; CUNHA, 2020).

Quadro 1 - Deslocamentos Máximos (L – vão teórico entre os apoios, H- altura total do pilar, h- altura do andar).

Descrição	Deslocamentos admissíveis
Travessa de Fechamento (Sujeita a deslocamentos verticais).	L/180
Terças de Cobertura (Sujeita a deslocamentos verticais).	L/120
Vigas de Cobertura (Sujeita a deslocamentos verticais).	L/250
Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base (Edifício de dois ou mais pavimentos).	H/400
Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	h/500

Fonte: Adaptado ABNT, 2008.

Por isso é importante analisar as possíveis ações e sobrecargas que podem estar atuando sobre as estruturas de suporte, para saber se atendem os requisitos de segurança, caso não se tenha feito essa análise prévia antes da execução e a estrutura já se encontrar em uso, é de suma importância o monitoramento da mesma, pois com a implementação dos painéis fotovoltaicos será gerada uma sobrecarga que pode ocasionar deslocamentos horizontais nas colunas alterando a geometria da peça, diminuindo a sua capacidade resistente, e quanto aos demais elementos que são apoiados sobre as colunas, podem apresentar flechas, que no caso são os deslocamentos verticais, se os mesmos forem maior do que o limite admissível conforme consta na tabela anterior, podem levar ao colapso da estrutura, por isso é importante a inspeção predial, verificando possíveis anomalias patologias e as suas respectivas causas, para que seja possível propor medidas corretivas de acordo com os critérios de segurança, podendo serem apresentadas por meio de um laudo técnico (ABNT, 2003).

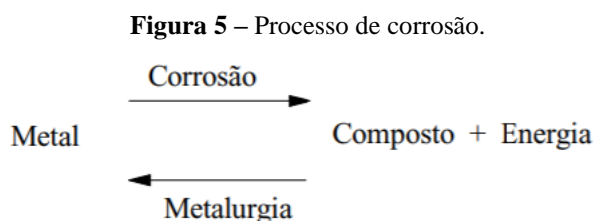
4.4 PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo ABNT (2013), na construção civil, a patologia pode ser definida como uma imperfeição, anomalia ou falhas presentes numa estrutura decorrentes de erros de projeto, de execução, de mão de obra de instalação, uso e manutenção, dentre outros, ou seja, qualquer não conformidade que comprometa a funcionalidade ou a estética da estrutura.

Nas estruturas metálicas, as patologias podem ser divididas em três categorias: adquiridas, transmitidas ou atávicas. A primeira, é proveniente de fatores externos como umidade, poluição do ar, vibrações excessivas, entre outros, e está diretamente ligada a falta de manutenção, a corrosão é uma das principais patologias nesta categoria; a segunda, origina-se de erros de fabricação ou montagem da estrutura, geralmente é causada por vícios construtivos; e a última é resultante de má concepção de projeto como escolha de perfis inadequados e erros de dimensionamento, o que conseqüentemente pode comprometer o bom desempenho e a segurança da estrutura.

4.4.1 Corrosão

A corrosão é uma patologia comumente encontrada nas estruturas metálicas e pode ser definida como uma reação físico-química de um metal, seja ele nobre ou não, com os fatores do ambiente em que está inserido, conseqüentemente acarretará numa modificação das características do elemento e ocasionará uma perda na funcionalidade do mesmo (CASTRO, 1999).



Fonte: CASTRO, 1999.

Visto isso, pode-se considerar que é um processo eletroquímico instintivo e se acontecer a aplicação de algum esforço mecânico afetará o bom desempenho do material em questão como mostrado na Figura 5. Por exemplo, uma estrutura exposta em um meio que seja suscetível a elementos agressivos e sob a aplicação de esforços solicitantes como torção e tração por exemplo, está mais sujeita à corrosão do que uma que está inserida em um meio em que não há esforços atuantes (CASTRO, 1999).

Nas estruturas metálicas a corrosão pode ser de duas formas: uniforme e com frestas. A primeira, é caracterizada por uma camada de ferrugem sobre o elemento que com o tempo pode diminuir sua espessura conforme mostra a (Figura 6).

Figura 6 - Pilares sofrendo corrosão na região de maior perda de seção.



Fonte: Xerez, Neto; Cunha, 2020.

Já a segunda, ocorre quando há contato do metal com um não metal ou acúmulo de sujeira na estrutura, a sua largura está entre 0,025 a 0,1 mm e são mais difíceis de serem notadas conforme mostra a Figura 7, conseqüentemente mais perigosas que as corrosões uniformes.

Figura 7 – Corrosão em fresta sob cabeça de parafuso.



Fonte: Xerez, Neto; Cunha, 2020.

Porém, um produto viável para combater a corrosão é o uso de zarcão (CASTRO, 1999).

4.5 ZARCÃO

O zarcão é uma substância química, um tipo de tinta muito utilizada no combate à corrosão, pois após utilizado em uma determinada superfície ele gera uma película de cor alaranjada e altamente resistente, pode ser utilizado tanto em estruturas em ambientes internos

ou externos. Para a aplicação do mesmo, inicialmente deve-se lixar o local, fazer uma limpeza e utilizar pincel ou rolos dependendo da estrutura em que será utilizado, bem como realizar uma mistura eficiente para que seja aplicado de maneira uniforme (CASTRO, 1999).

4.6 INSPEÇÃO PREDIAL

A inspeção predial consiste em uma avaliação técnica realizada por profissionais qualificados como engenheiros que possuam registro no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) ou arquitetos com registro no CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo). Esta avaliação é realizada seguindo uma série de etapas e metodologias com a finalidade de constatar a real situação do imóvel, relatando tudo que foi identificado durante a inspeção em um laudo técnico (ABNT, 2020).

Segundo o Ibape (2012), essa atividade pode ser dividida em três níveis:

- Nível 1: onde neste caso, a inspeção destina-se a edificações menos complexas e que podem ser avaliadas por um único profissional com especialidade em apenas uma área de conhecimento;
- Nível 2: a inspeção é indicada para imóveis com um grau de complexidade média, como edifícios com inúmeros pavimentos, padrão médio e que possuam uma equipe de profissionais terceirizados para efetuar determinadas atividades. Logo, a inspeção deve ser realizada por profissionais que possuam uma ou mais especializações;
- Nível 3: neste nível, a atividade realizada pode ser chamada de auditoria técnica, pois é indicada para edificações de alto padrão, que contenham inúmeros pavimentos e contam com sistemas requintados. Para exercer essa função são necessários profissionais com mais de uma especialização.

A prática de inspeção predial é essencial pois por meio dela faz-se avaliação de uso e manutenção que são fundamentais para que a estrutura apresente um bom desempenho durante toda a sua vida útil, sem gerar danos na sua função e segurança, desde que, seja feito periodicamente o laudo técnico de inspeção.

4.7 LAUDOS TÉCNICOS

Segundo Fiker (2009) o laudo técnico é um documento onde o profissional, seja ele engenheiro ou arquiteto, avalia, descreve minuciosamente o que está sendo observado e

apresenta suas conclusões sobre o objeto analisado. Existem diversos tipos de laudos como por exemplo:

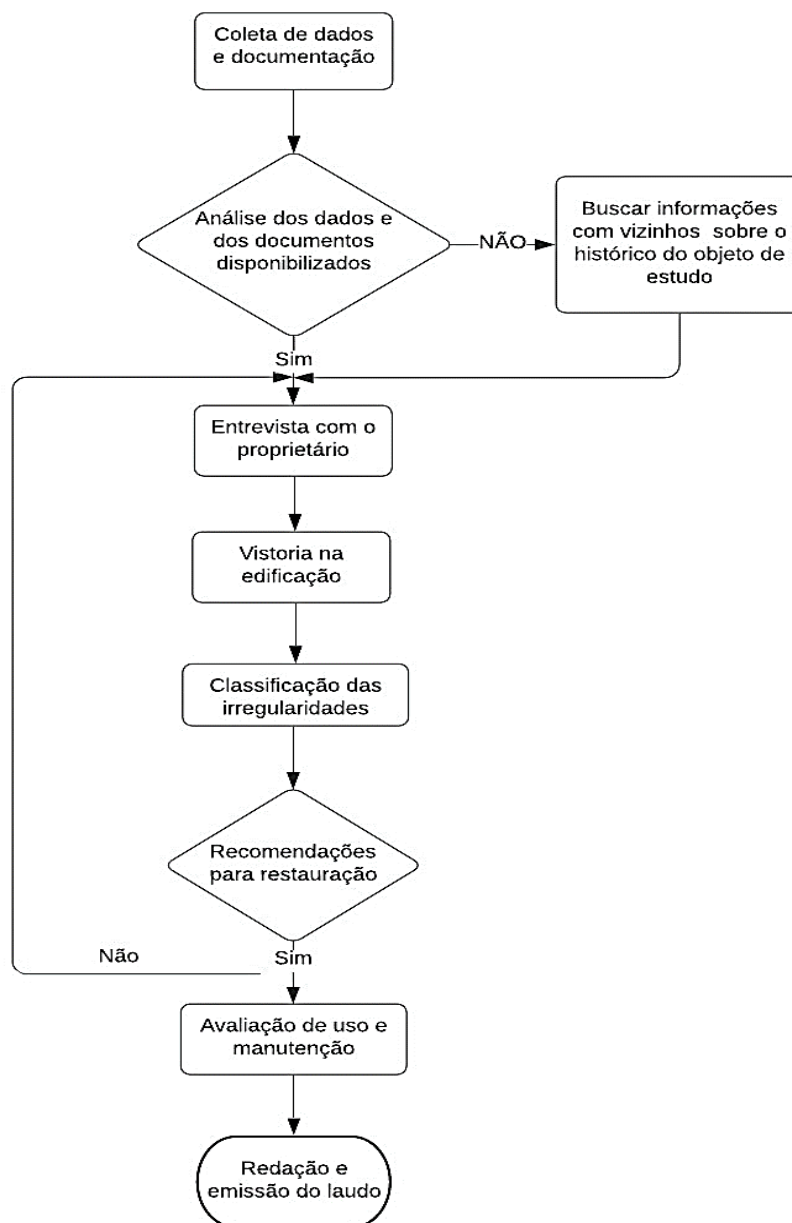
- Laudo técnico de inspeção predial que é um documento feito por um responsável técnico habilitado, que consiste inicialmente em uma anamnese que é a coleta de dados sobre o objeto de estudo, seguida da avaliação e análises decorrente das inspeções procedidas na estrutura (ABNT, 2020);
- Laudo técnico de auditoria em edificações que deve ser elaborado levando em consideração as demais normas técnicas específicas do objeto analisado, para fundamentação dos serviços prestados ou verificação do desempenho da estrutura (ABNT, 2013);
- Laudo técnico de perícia em edificações se trata de um documento contendo todas as informações pertinentes ao campo de perícia de engenharia na construção civil, e de responsabilidade exclusiva dos profissionais legalmente habilitados no CREA (ABNT, 13752).

Diante dos diversos tipos de laudos, o de inspeção predial é facilmente empregado pois busca mostrar o funcionamento e estado da edificação, bem como os seus sistemas e subsistemas, o que permite uma análise sobre o comportamento da estrutura em função do tempo, e assim, promover estruturas com bom desempenho, segurança e com boa durabilidade, no entanto, o processo de inspeção predial não visa verificar todas as normas técnicas pertinentes ao objeto de estudo, pois para a elaboração do laudo de inspeção predial, o que realmente é verificado são as patologias aparentes (ABNT, 2020).

4.7.1 Elaboração do Laudo de Inspeção Predial

Para elaboração de um laudo técnico é necessário seguir uma série de etapas de inspeção predial como mostra na Figura 8 a seguir:

Figura 8 - Fluxograma de etapas que devem ser executadas.



Fonte: Adaptado ABNT, 2020.

Para elaboração do laudo é necessário realizar uma inspeção predial que consiste na coleta de todos os projetos e demais documentações sobre a estrutura, as quais serão analisadas, para realizar anamneses que permitam identificar todas as informações a respeito do objeto de estudo, como por exemplo, tempo de uso, se passou por reformas alterando a estrutura inicial e demais informações. Em seguida, deve ser feita a vistoria da edificação e demais estruturas de suporte levando em consideração as peculiaridades, a idade e a vida útil da mesma, sua exposição e se existe algum agente de degradação atuando sobre a estrutura (ABNT, 2020).

As irregularidades vistas em campo devem ser classificadas em falhas devido à perda de desempenho da estrutura ou dos demais componentes devido ao uso ou falta de manutenção, outro motivo de irregularidade são as anomalias que ocorrem devido à perda de desempenho seja de um elemento específico ou de seu sistema e subsistema construtivos, e são classificadas de acordo com a origem conforme mostra no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 – Classificação das anomalias.

Classificação das anomalias	Origem
Endógenas	Etapas de projeto ou execução
Exógenas	Fatores externos à edificação
Funcionais	Envelhecimento natural

Fonte: Adaptado ABNT, 2020.

Por se tratar de uma inspeção sensorial, caso não seja possível classificar a patologia, o profissional responsável pela inspeção deve colocar no laudo uma recomendação para que seja avaliado de forma específica tal anomalia (ABNT, 2020).

Após identificação dos tipos de patologias devem ser feitas as recomendações das ações pertinentes a estrutura, seja para preservar ou restaurar o desempenho da mesma e de seus sistemas e subsistemas construtivos. Essas patologias podem ter surgido devido à falta de manutenção, por não terem sido executadas de acordo com os projetos e demais documentações. Após as recomendações feitas para correção das anomalias, é preciso organizá-las definindo-se suas prioridades de urgência que podem ser classificadas de acordo com o Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Definição de prioridade.

Níveis de Prioridade	Problemas
Prioridade 1	Comprometimento da vida útil da estrutura, podendo comprometer a saúde e segurança dos usuários
Prioridade 2	Perda parcial do desempenho sem comprometer a segurança e saúde dos usuários
Prioridade 3	Pequenos prejuízos de estética sem provocar danos aos usuários

Fonte: Adaptado ABNT, 2020.

Para as avaliações de manutenção deve-se seguir as recomendações da ABNT NBR 5674 a qual especifica os requisitos para o sistema de gestão de manutenção, bem como as responsabilidades pela manutenção da edificação (ABNT,2020).

Após essas etapas deve constar no laudo técnico avaliação de uso de cada componente analisado, caso não se tenha informações referentes ao objeto de análise deve-se adotar valores de normas técnicas, legislação específica e recomendações dos fabricantes entre outros dados que sejam pertinentes aos elementos analisados, esta avaliação pode ser classificada em uso regular e irregular conforme mostra no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação da estrutura quanto ao uso.

Classificação da avaliação de uso	Ocorrência
Regular	Quando a estrutura está de acordo com os projetos e demais normas técnicas e documentos relacionados ao componente estudado
Irregular	Quando há divergência entre as recomendações técnicas e projetos

Fonte: Adaptado ABNT, 2020.

Todas essas informações são colocadas na redação e emissão do laudo técnico de inspeção além da identificação do contratante, datas em que foram realizadas as vistorias, documentação solicitada e a que foi disponibilizada, conclusões, identificação do responsável legal pelo laudo e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) (ABNT 2020).

5 METODOLOGIA

Segundo Heerdt e Leonel (2007), de acordo com o nível de profundidade, as pesquisas podem ser classificadas em pesquisa explicativa, pesquisa exploratória e pesquisa descritiva. Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa, uma vez que será analisado as condições da edificação e a partir disso, será avaliado se o dimensionamento da estrutura foi feito corretamente.

5.1 ETAPAS

5.1.1 Pesquisa bibliográfica

Para o trabalho em questão será feita uma revisão bibliográfica a partir de artigos, livros, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas e monografias relacionadas a área.

5.1.2 Caracterização dos objetos de estudo

O presente trabalho é um estudo de caso sobre uma estrutura metálica implantada em uma edificação para suporte de placas fotovoltaicas conforme mostra a Figura 10. A edificação possui mais de 10 anos de construída, é situada na Rua Luís Gomes, Centro, na cidade de Balsas, no Maranhão como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Localização da área de Estudo.



Fonte: Google Earth, 2020.

Figura 10 – Área de estudo.



Fonte: Autoria própria, 2020.

5.1.3 Pesquisa de campo

Esta etapa iniciou-se com uma visita “*in loco*”, onde foi solicitado os documentos pertinentes ao objeto de estudo (memorial descritivo de serviço, projeto arquitetônico e projeto estrutural), em seguida foi realizada uma inspeção visual seguida de um levantamento fotográfico da estrutura com o auxílio de escadas e cinto de segurança a fim de identificar possíveis patologias em toda a estrutura. Posteriormente, foi feita uma entrevista com o proprietário do imóvel com a finalidade de obter as informações necessárias (responsáveis técnicos, projetos arquitetônicos e estruturais) a respeito do processo construtivo da estrutura metálica.

Após a aquisição dos projetos e sabendo o tempo de uso da estrutura de suporte sobre a edificação e sua localização, foi identificado os tipos de perfis e patologias existentes. Em seguida, os dados obtidos foram avaliados e tratados.

5.1.4 Avaliação e tratamento dos dados

Os dados coletados durante a inspeção foram utilizados juntamente com os dados fornecidos da estrutura desde a sua construção até o dia da vistoria, com isso foi verificado se a estrutura foi feita de acordo com os projetos e demais documentações, as anomalias e as falhas encontradas foram classificadas de acordo com a perda de desempenho dos elementos. Após esta etapa foram feitas as recomendações necessárias cuja finalidade foi restaurar e promover um melhor desempenho da estrutura prolongando assim a vida útil da mesma. Em seguida, as

recomendações técnicas a serem adotadas para correção das anomalias e falhas foram organizadas de acordo com os patamares de urgência.

Quanto à avaliação do estado de manutenção e das condições de uso da estrutura metálica foram averiguadas as condições fornecidas em projeto e se de fato foi construído de acordo com os dados coletados. Para a avaliação do plano de manutenção constatou-se que não existia nem um plano a ser seguido e por conta disso não existiu uma efetiva execução desta atividade para que fosse possível avaliar a eficácia da execução do mesmo. Em seguida foi feita a avaliação do uso da estrutura metálica para que fosse possível classificar o seu uso em regular ou irregular. E após todas essas etapas, os dados serão redigidos em um laudo técnico de inspeção.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inspeção da estrutura metálica realizada neste trabalho foi feita segundo as recomendações da ABNT NBR 16747/2020 cujo título é Inspeção Predial: Diretrizes, Conceitos, Terminologias e Procedimentos.

6.1 ANÁLISE DOS DADOS E DA DOCUMENTAÇÃO

A visita “in loco” ocorreu no dia 10 de outubro de 2020. Os documentos disponibilizados pelo proprietário foram os projetos estruturais do objeto de estudo, no entanto, não foi fornecido o memorial descritivo de serviço da estrutura metálica, nem os projetos pertinentes à edificação. Mas, a ausência desses documentos não afetou de forma significativa a inspeção realizada para elaboração do laudo, uma vez que o objeto de estudo é a estrutura metálica de suporte para as placas fotovoltaicas.

Os projetos foram disponibilizados conforme constam nos anexos I a IV. Não foi constatada nenhuma inconformidade na análise dos mesmos.

6.2 ANAMNESE E HISTÓRIA DA EDIFICAÇÃO

A edificação de concreto armado possui dois pavimentos e dez anos de uso e a estrutura metálica implantada para o suporte das placas fotovoltaicas tem aproximadamente 8 meses de instalação.

Apesar da estrutura metálica ter sido instalada depois de alguns anos do edifício já em funcionamento, observou-se que a mesma, juntamente com os painéis fotovoltaicos que não apresentam nenhuma inconformidade, proporcionaram a diminuição da exposição solar sobre o telhado de fibrocimento, conforme consta na Figura 11, o que conseqüentemente ajuda a prolongar a vida útil do mesmo.

Figura 11 – Estrutura metálica e painéis fotovoltaicos sobre telhado de fibrocimento.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Segundo Xeres, Neto e Cunha (2020), de acordo com a posição do perfil pode-se obter uma estrutura com maior ou menor rigidez. A estrutura metálica é formada por perfis do tipo U simples com chapa dobrada e por perfis U enrijecidos, o tipo de solda utilizado é o filete no sentido horizontal e vertical e está de acordo com o projeto fornecido pelo proprietário.

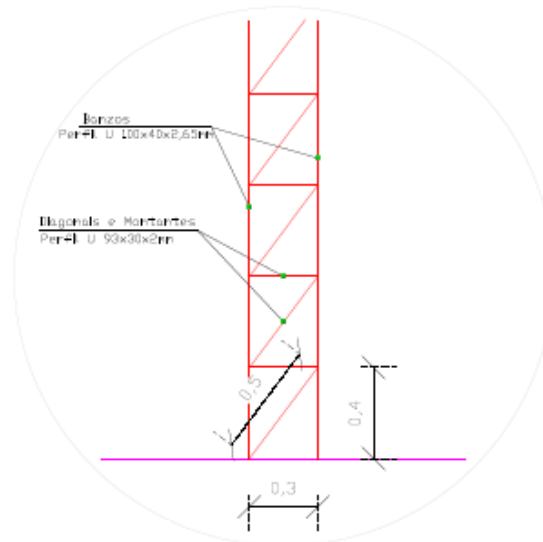
Na Figura 12 tem-se uma coluna metálica soldada em treliça metálica e executada conforme consta em projeto como mostra a Figura 13.

Figura 12 – Coluna metálica.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 13 – Detalhe das colunas.



Fonte: Cardoso, 2020.

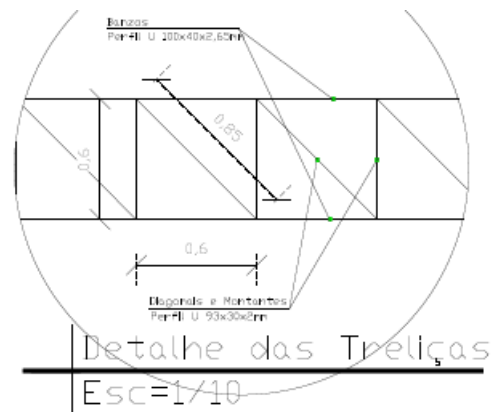
Na figura 14, a treliça foi executada conforme consta em projeto como mostra a figura 15, apesar de toda a estrutura sofrer bastante a ação do vento, apresentam boa rigidez, atendendo ao bom desempenho da edificação.

Figura 14 – Treliça metálica.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 15 – Detalhe das treliças de acordo com o projeto estrutural.



Fonte: Cardoso, 2020.

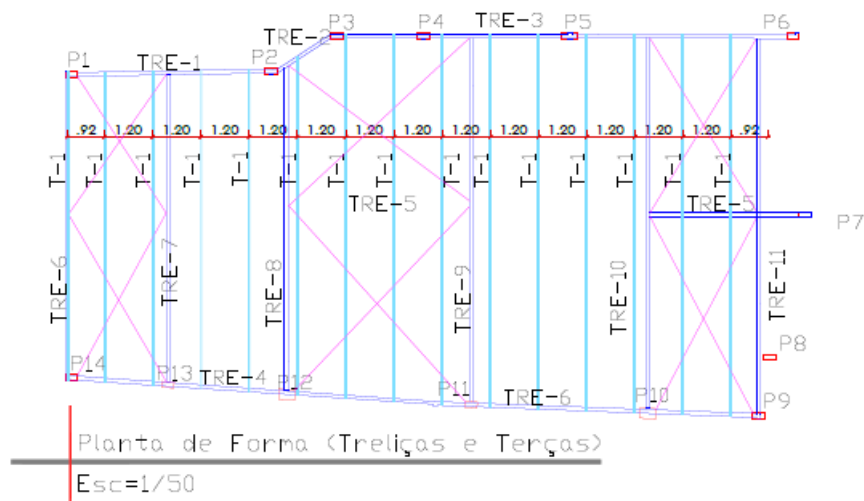
Para resistir às ações do vento em geral é adotado o sistema de contraventamento, que favorece a obtenção de uma estrutura mais rígida resistindo às solicitações variáveis. Durante a inspeção notou-se que o tipo de contraventamento existente foi executado em forma de “X” conforme consta no projeto como pode ser observado nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 – Contraventamento em forma de “X”.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 17 – Contraventamento em forma de “X”.



Fonte: Cardoso, 2020.

6.3 IRREGULARIDADES CONSTATADAS E POSSÍVEIS RECOMENDAÇÕES

Apesar da estrutura está de acordo com o projeto, foram encontradas anomalias e foram classificadas como endógenas, uma vez que estão ligadas diretamente com erros de projeto e falhas na execução.

As Figuras abaixo correspondem à todas as anomalias encontradas na estrutura metálica, as únicas inconformidades encontradas foram corrosões em alguns pontos de ligações de solda, nas partes internas e externas de alguns perfis, bem como em determinadas partes dos contraventamentos. Esta patologia pode ocasionar pequenos prejuízos a estética sem comprometer a segurança e a saúde dos proprietários. Para solucionar essa patologia deve-se lixar toda a região que está sofrendo corrosão com o auxílio de uma escova de aço, após a limpeza deve-se passar a tinta tipo zarcão em três demãos. Logo, é uma prioridade tipo 3.

Figura 18 - Perfil U simples com presença de corrosão (anomalia endógena).



Fonte: Aatoria própria, 2020.

Figura 19 - Perfil U enrijecido com presença de corrosão (anomalia endógena).



Fonte: Aatoria própria, 2020.

Figura 20 - Perfil U simples de treliça com presença de corrosão (anomalia endógena).



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 21 – Contraventamentos com corrosão (anomalia endógena).



Fonte: Autoria própria, 2020.

E quanto à avaliação de uso, a estrutura foi classificada como regular, uma vez que foi executada de acordo com os projetos analisados. E pelo fato das patologias terem sido encontradas de forma sensorial não foi necessário realizar recomendações técnicas para contratação de um novo profissional especializado. O Laudo de Inspeção da estrutura em questão consta no anexo V.

7 CONCLUSÕES

As estruturas metálicas por serem leves e conseguirem vencer grandes vãos são uma opção assertiva servindo de maneira eficiente como estrutura de suporte para as placas fotovoltaicas. Porém, a estrutura metálica que foi implantada a menos de um ano conforme consta os dados em anexo já vêm sofrendo corrosão, o que pode ser tratado antes de comprometer a área útil dos perfis.

Foi necessário analisar os perfis verificando possíveis anomalias e falhas, sempre comparando com o projeto, e verificou-se que de fato o que consta em projeto realmente foi executado. A solução para a patologia encontrada foi escolhida de acordo com a prioridade, e por ser uma estrutura nova, as soluções propostas oferecem um bom custo benefício, no entanto, mesmo tratando essas patologias é necessário propor manutenção ao longo do tempo para que se possa prolongar a vida útil de toda a estrutura.

Portanto, apesar da avaliação de uso da estrutura ser classificada em regular a mesma deverá ser acompanhada através de uma avaliação de manutenção a cada 12 meses, pois estão expostas a ação do vento e demais fatores ambientais, e com medidas preventivas a vida útil da mesma será prolongada. Visto isso, nota-se o quanto é importante e benéfico para a vida útil de toda estrutura a inspeção e emissão do laudo regularmente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABSOLAR. **INFOGRÁFICO ABSOLAR**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>. Acesso em: 14 out. 2020.

BNDES. A energia solar no Brasil. Rio de Janeiro, 24 ago. 2018. Disponível em: [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-solar#:~:text=O%20aproveitamento%20da%20energia%20solar%20%C3%A9%20obtido%20por%20efeito%20fotovoltaico%20ou%20t%C3%A9rmico.&text=No%20Brasil%2C%20a%20difus%C3%A3o%20da,na%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20eletricidade%20fotovoltaica](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-solar#:~:text=O%20aproveitamento%20da%20energia%20solar%20%C3%A9%20obtido%20por%20efeito%20fotovoltaico%20ou%20t%C3%A9rmico.&text=No%20Brasil%2C%20a%20difus%C3%A3o%20da,na%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20eletricidade%20fotovoltaica.). Acesso em: 10 out. 2020.

CASTRO, E. M. C.de. **Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1999.

CHAMBERLAIN, Zacarias; FICANHA, Ricardo; FABEANE, Ricardo. **PROJETO E CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE AÇO**: edifício industrial detalhado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

FRANTZ, Josiane Luiza. **DIMENSIONAMENTO DE PAVILHÃO INDUSTRIAL COM ESTRUTURA EM AÇO**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.

FIKER, José. **Manual de redação de laudos: avaliação de imóveis**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

GUINZELLI, Adriano José. **PROJETO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL COM ESTRUTURA METÁLICA**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) -, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

HEERDT, M. L.; LEONEL, V. **Metodologia Científica e da Pesquisa**. 5ª. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de previsão do tempo e estudos climáticos**, 2020. Página Inicial/ Previsão do tempo (Balsas/MA) Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/ma/balsas>. Acesso em: 21 out. 2020

KALOGIROU, S. A., 2009. **Solar energy engineering: processes and systems**. 1ª edição, Academic Press, Elsevier, EUA.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MALHEIROS, Rodrigo de Moura. **DIMENSIONAMENTO DE UMA GALERIA METÁLICA TIPO VIGA CAIXÃO**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Unijui, Panambi, 2015.

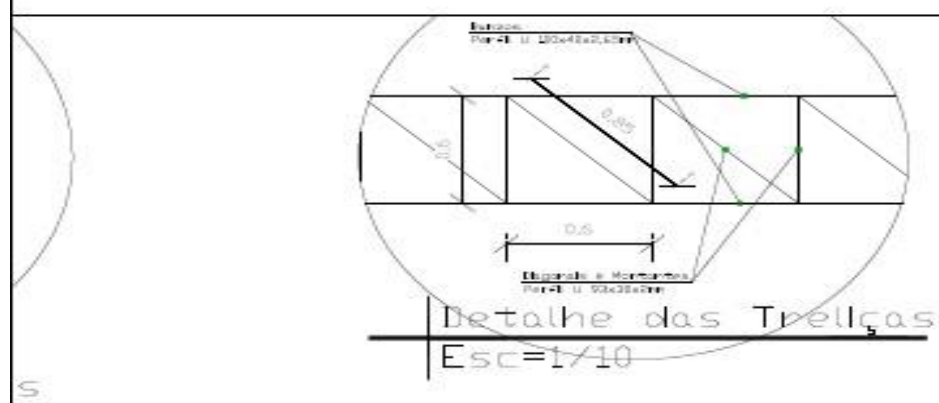
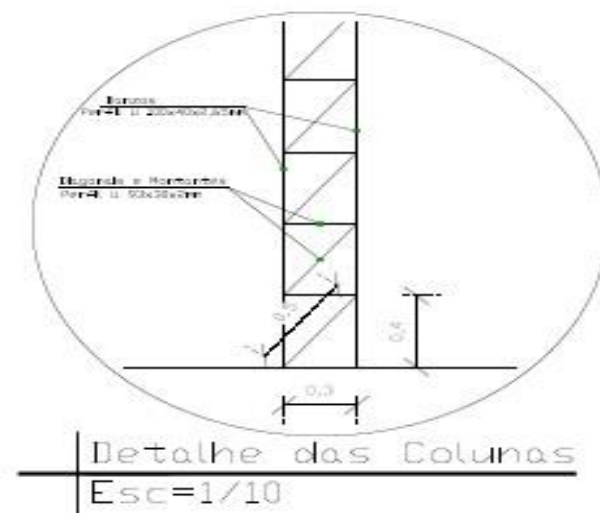
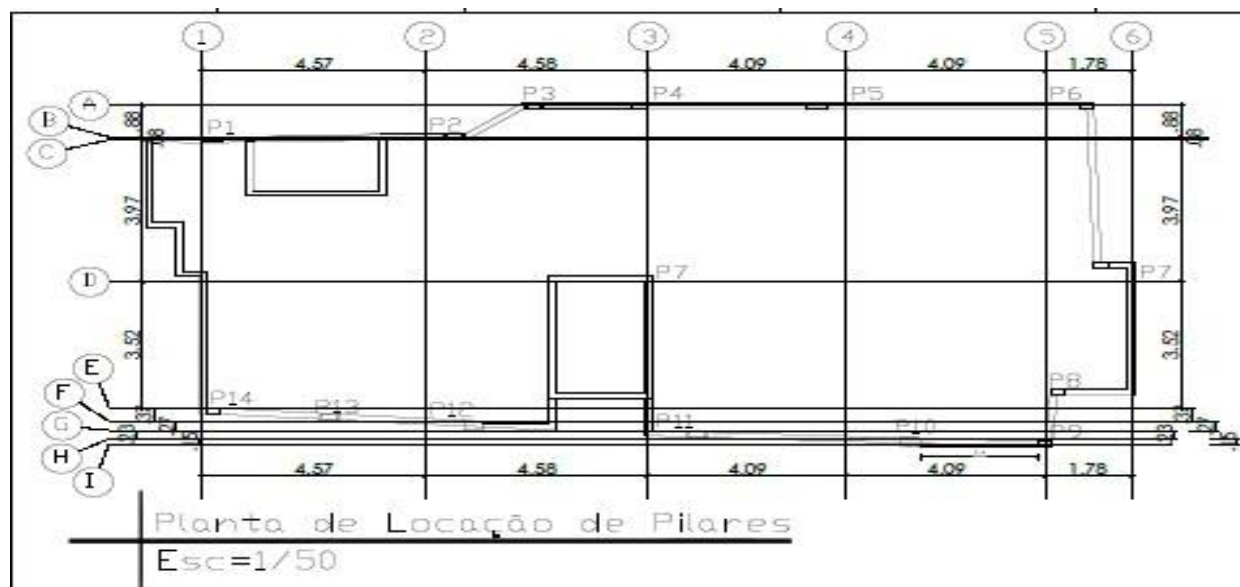
PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **ESTRUTURAS DE AÇO: dimensionamento prático de acordo com a nbr 8800:2008**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. 382 p.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança. **ESTRUTURAS METÁLICAS: cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

ROSSATTO, Barbara Maier. **ESTUDO COMPARATIVO DE UMA EDIFICAÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA/CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO**. 2015. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ufsm, Santa Maria, 2015.

XEREZ NETO, Jary de; CUNHA, Alex Sander de. **ESTRUTURAS METÁLICAS: manual prático para projetos, dimensionamento e laudos técnicos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

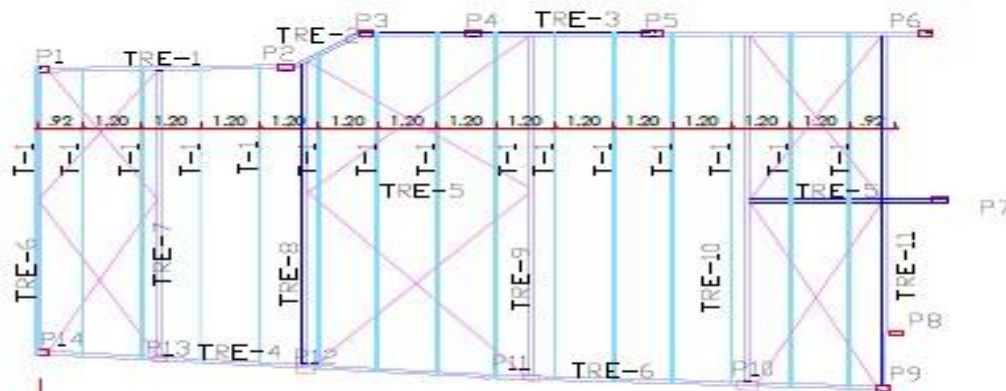
ANEXO I



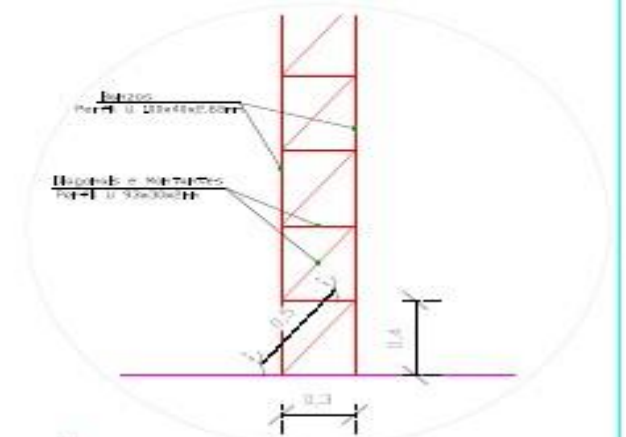
QUANTIDADE DE MATERIAIS			
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTD	VALOR UNITÁRIO (R\$)
Tela (T-1)	Arço em T-1 de 10x10x10x10	270 430	20000
	Arço em T-1 de 10x10x10	270 430	15000
Coluna	Arço em T-1 de 10x10x10x10	270 430	20000
	Arço em T-1 de 10x10x10	270 430	15000
Tela (T-2)	Arço em T-2 de 10x10x10x10	270 430	20000
	Arço em T-2 de 10x10x10	270 430	15000

ESTRUTURAL	
PRÉDIO COMERCIAL	
DETALHES ESTRUTURAIS	
01/04	

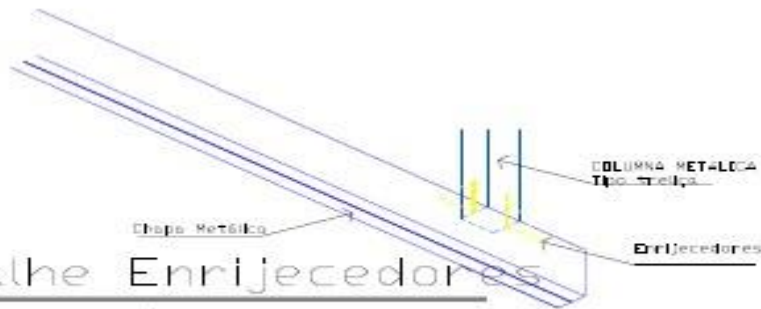
ANEXO II



Planta de Força (Trellças e Terças)
Esc=1/50



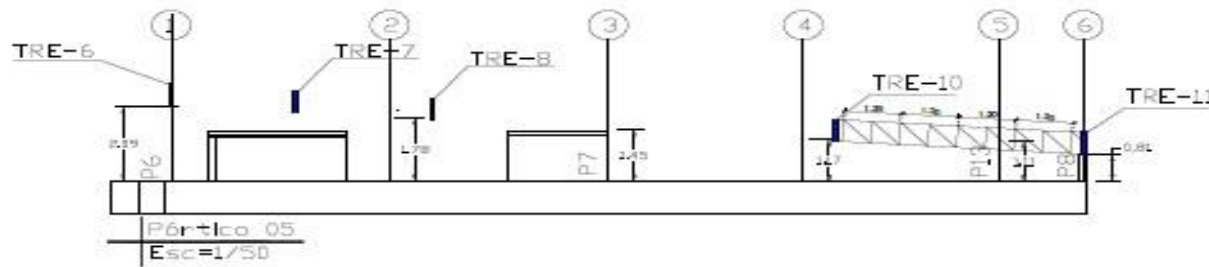
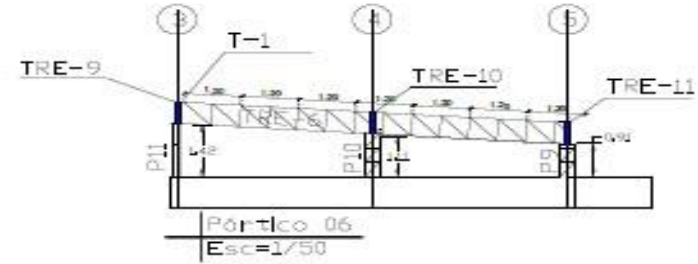
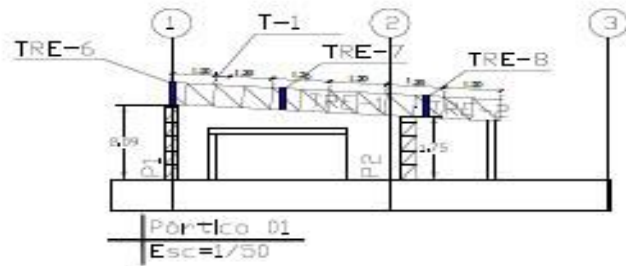
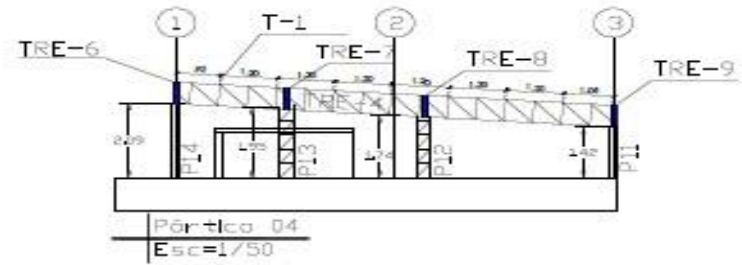
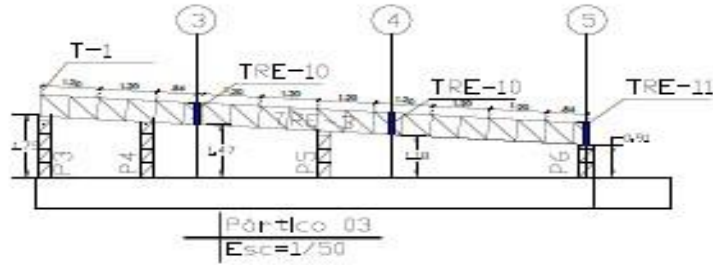
Detalle das Colunas
Esc=1/10



Detalle Enrijecedores
Sem escala

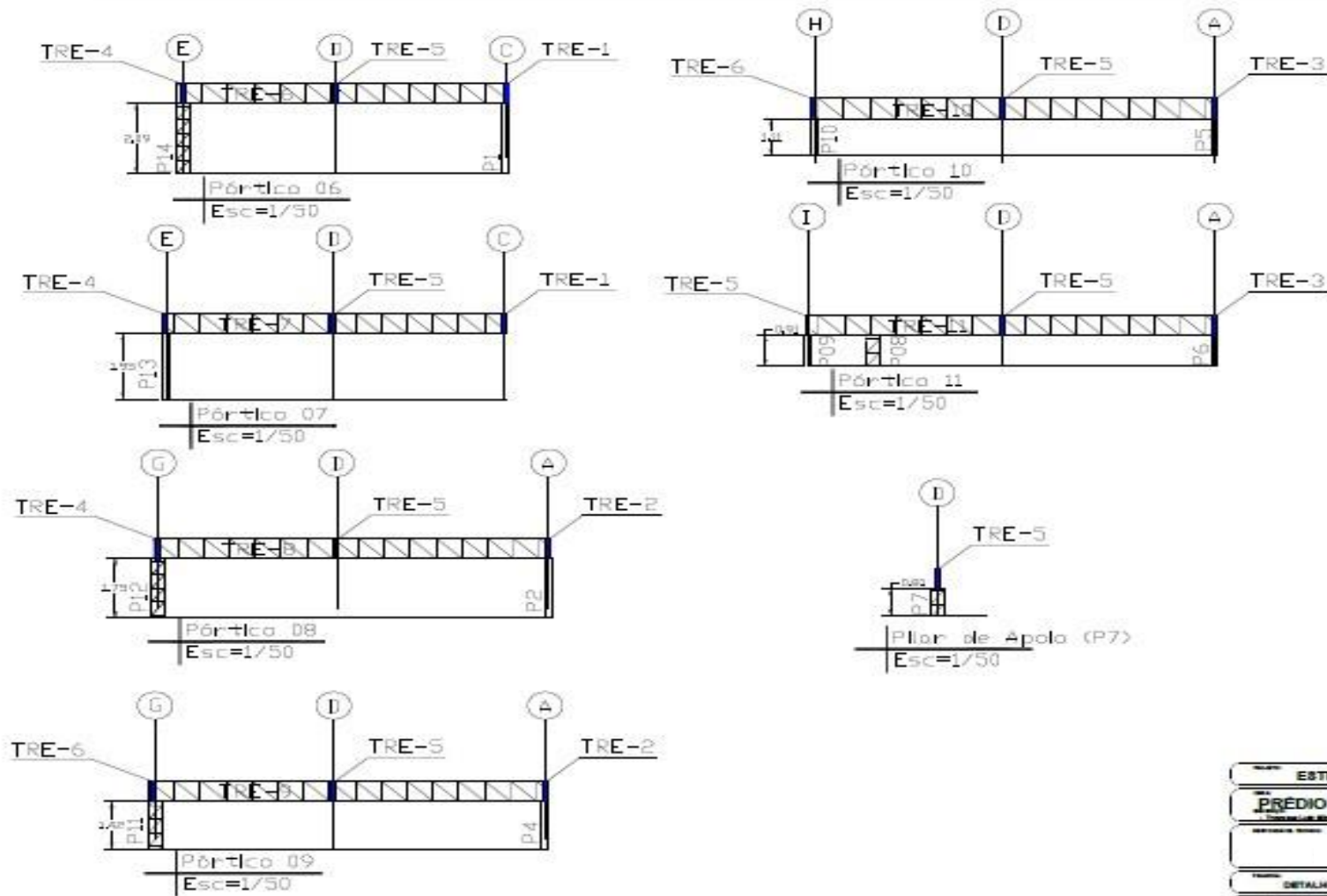
ESTRUTURAL	
PRÉDIO COMERCIAL	
DETALHES ESTRUTURAIS	
TIPO DE PROJETO	02 / 04

ANEXO III



ESTRUTURAL			
PRÉDIO COMERCIAL			
ESTRUTURA DE AÇO, COLUNA, LAJE DE CONCRETO			
DETALHES ESTRUTURAIS			
PROJETO: TERNIS	REVISÃO: PF	FOLHA: 03 / 04	
EMPRESA: ENGENHARIA ARGENTA DO BRASIL			
DATA: 03/04			

ANEXO IV



Estrutura	
PRÉDIO COMERCIAL	
DETALHES ESTRUTURAIS	
Projeto: TERCIO	Revista: 04
Instituto: ENGENHARIA ARQUITETA DOS SANTOS	
Folha: 04 / 04	

APÊNDICE I

LAUDO TÉCNICO DE INSPEÇÃO

“ENGENHEIRO B”

ENGENHEIRO CIVIL - CREA: 000.000.000.0

LAUDO TÉCNICO DE INSPEÇÃO

OBJETO:	ESTRUTURA METÁLICA
ENDEREÇO:	RUA LUIS GOMES, CENTRO
CIDADE:	BALSAS/MA. CEP 65800-000
IMAGEM:	
SOLICITANTE:	“CLIENTE A”
PROPRIETÁRIO:	“CLIENTE A”
INSPECTOR:	“ENGENHEIRO CIVIL B”

LAUDO TÉCNICO DE INSPEÇÃO

SOLICITANTE: “CLIENTE A (CPF: 000.000.000-00)”

PROPRIETÁRIO: “CLIENTE A (CPF: 000.000.000-00)”

1. PRELIMINARES

A presente Inspeção Técnica tem a finalidade de analisar e avaliar as condições técnicas de execução, manutenção e uso da obra de uma estrutura metálica utilizada para suporte de placas fotovoltaicas, localizada na Rua Luis Gomes, Centro, Zona Urbana de Balsas, Estado do Maranhão, CEP 65800-000, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 2 – Localização da área de Estudo.



Fonte: Google Earth, 2020.

1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ESTRUTURA

- TIPO DE USO
Estrutura de suporte para painéis fotovoltaicos.
- CONFIGURAÇÕES DA ESTRUTURA

A estrutura é de aço ASTM A36, é formada por perfis do tipo U com chapa dobrada e por perfis U enrijecidos, o tipo de solda utilizado é o filete no sentido horizontal e vertical.

- IDADE APARENTE
8 (oito) meses.
- IDADE REAL
- 8 (oito) meses.

2. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Os procedimentos de inspeção do presente laudo estão pautados na ABNT NBR 16747, com vertentes na técnica de execução, manutenção e uso, onde foram considerados:

- Análise documental;
- Coleta de informações com o proprietário;
- Inspeção em campo;
- Classificação das irregularidades;
- Recomendações para solucionar as anomalias;
- Definição dos níveis de prioridade;
- Avaliação da manutenção;
- Avaliação e classificação do uso.

3. ANÁLISE DOCUMENTAL

Documentação mínima para análise da estrutura:

- Projeto Arquitetônico: não disponibilizado;
- Projetos Estruturais: disponibilizado;
- Memorial Descritivo: não disponibilizado;
- Especificações técnicas de materiais e serviços: não disponibilizado.

4. COLETA DE INFORMAÇÕES

As informações foram coletadas por meio de visita “*in loco*” pelo profissional vistoriador.

5. INSPEÇÃO EM CAMPO

A inspeção em campo foi realizada no dia 10 de outubro de 2020 com o proprietário. As irregularidades relativas à técnica construtiva, ao uso e manutenção da estrutura foram devidamente anotadas, fotografadas e classificadas como será visto nos seguintes tópicos desse laudo.

6. CLASSIFICAÇÃO DAS IRREGULARIDADES

Foram classificadas as anomalias construtivas conforme a origem:

- Anomalia Endógena: proveniente das etapas de projeto ou execução;
- Anomalia Exógena: proveniente de danos causados por terceiros;
- Anomalia Funcional: proveniente do envelhecimento natural ou por excesso de uso.
- Falhas:


7. RELAÇÃO DAS IRREGULARIDADES, RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E CLASSIFICAÇÃO DAS PRIORIDADES.


Foram classificadas as irregularidades, e organizadas as recomendações necessárias para sanar as anomalias em patamares de urgência. A classificação das prioridades estão a seguir:

- Prioridade 01: Quando a perda de desempenho compromete a vida útil da estrutura, podendo comprometer a saúde e segurança dos usuários;
- Prioridade 02: Perda parcial do desempenho sem comprometer a segurança e saúde dos usuários;
- Prioridade 03: Pequenos prejuízos de estética sem provocar danos aos usuários.


Tipos de ocorrências: Corrosões uniformes.

7.1 VISTORIA TÉCNICA E LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Classificação: Vistoria Técnica	Classificação das Anomalias: Endógenas	Classificação de uso: Regular
Item 1: Perfil U.		
<p>Anomalia: Corrosão uniforme. Consequência: Problema estético. Prioridade: 3. Uso: Regular. Recomendações técnicas: lixar toda a região que está sofrendo corrosão com o auxílio de uma escova de aço, após a limpeza deve-se passar a tinta tipo zarcão em duas demãos.</p>		
		
Figura 3 - Perfil U simples com ligação soldada com presença de corrosão.		

Classificação: Vistoria Técnica	Classificação das Anomalias: Endógenas	Classificação de uso: Regular
<p>Item 1: Perfil U. Anomalia: Corrosão uniforme. Consequência: Problema estético. Prioridade: 3. Uso: Regular. Recomendações técnicas: lixar toda a região que está sofrendo corrosão com o auxílio de uma escova de aço, após a limpeza deve-se passar a tinta tipo zarcão em duas demãos.</p>		
		
<p>Figura 4 - Perfil U enrijecido com presença de corrosão.</p>		

Classificação: Vistoria Técnica	Classificação das Anomalias: Endógenas	Classificação de uso: Regular
<p>Item 1: Treliça. Anomalia: Corrosão uniforme. Consequência: Problema estético. Prioridade: 3. Uso: Regular. Recomendações técnicas: lixar toda a região que está sofrendo corrosão com o auxílio de uma escova de aço, após a limpeza deve-se passar a tinta tipo zarcão em duas demãos.</p>		
		
<p>Figura 5 - Perfil U simples de treliça com presença de corrosão.</p>		

Classificação: Vistoria Técnica	Classificação das Anomalias: Endógenas	Classificação de uso: Regular
<p>Item 1: Barras de Contraventamento. Anomalia: Corrosão uniforme. Consequência: Problema estético. Prioridade: 3. Uso: Regular. Recomendações técnicas: lixar toda a região que está sofrendo corrosão com o auxílio de uma escova de aço, após a limpeza deve-se passar a tinta tipo zarcão em duas demãos.</p>		
		
<p>Figura 6 - Contraventamentos com corrosão.</p>		

8. RESPONSABILIDADE

A responsabilidade é limitada ao nível de inspeção, eximindo-se os profissionais de análise de problemas ocultos ou de projeto, de construção, manutenção (uma vez que a inspeção tem caráter apenas sensorial) e outros de responsabilidade da gestão da edificação, bem como pelo eventual desatendimento das recomendações do presente laudo.

9. CONCLUSÃO

As únicas inconformidades encontradas na estrutura metálica foram corrosões uniformes em alguns pontos de ligações de solda, nas partes internas e externas de alguns perfis, bem como em determinadas partes dos contraventamentos. Esta patologia pode ocasionar pequenos prejuízos a estética sem comprometer a segurança e a saúde dos proprietários, por este motivo é considerada uma prioridade tipo 3.

E quanto à avaliação de uso, a estrutura foi classificada como **regular**, uma vez que foi executada de acordo com os projetos analisados. E pelo fato das patologias terem sido encontradas de forma sensorial não foi necessário realizar recomendações técnicas para contratação de um novo profissional especializado.

“ENGENHEIRO B”

ENGENHEIRO CIVIL - CREA: 000.000.000.0

10. ENCERRAMENTO

Este laudo vai impresso em 10 (dez) folhas deste papel, todas devidamente assinadas pelo autor deste laudo.

Balsas, Maranhão. 04 de Novembro de 2020.

ENGENHEIRO CIVIL – CREA 000.000.000-0