



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

SAULO FACUNDO ARAÚJO DE FREITAS

**ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO DE
CARGAS PARA O SETOR EÓLICO**

FORTALEZA

2017

SAULO FACUNDO ARAÚJO DE FREITAS

ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO DE CARGAS
PARA O SETOR EÓLICO

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador(a): Prof. Dra. Carla Freitas de Andrade

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F938a Freitas, Saulo Facundo Araújo de.
Análise da certificação de dispositivos de içamento de cargas para o setor eólico / Saulo Facundo Araújo de Freitas. – 2017.
53 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Carla Freitas de Andrade.

1. Içamento - Certificação de dispositivos. 2. Ensaios não-destrutivos - Testes de carga. 3. Setor eólico. I. Título.

CDD 620.1

SAULO FACUNDO ARAÚJO DE FREITAS

ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO DE CARGAS
PARA O SETOR EÓLICO

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Graduação em Engenharia
Mecânica do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Orientador(a): Prof. Dra. Carla Freitas de
Andrade

Aprovado em 11/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Carla Freitas de Andrade (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Claus Franz Wehmann
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rômulo do Nascimento Rodrigues
Universidade Federal do Ceará (UFC)

“Confesso que depois de ter estudado a terra e os homens durante setenta anos, não vejo outro remédio para a miséria do mundo a não ser o caminho indicado por Cristo.”

Bernard Shaw

RESUMO

O Setor Eólico cresce no Brasil, principalmente na região Nordeste. Graças a constância e potencial dos ventos nessa região, é notório o surgimento de novos Parques Eólicos. As Turbinas Eólicas são formadas por diversos componentes e cada componente apresenta um peso característico. Para montagem de Turbinas Eólicas é necessário o suporte de máquinas de içamento de cargas, como guindastes de diferentes capacidades. Os guindastes em operação de içamento e montagem desses componentes, fazem o uso de Dispositivos de Içamento, que são projetados e fabricados com diferentes formatos e capacidades, e com características específicas para cada componente. Esses Dispositivos de Içamento após serem fabricados devem passar por um processo de análise e certificação para que possam ser liberados para operação. Esse processo de certificação consiste na análise e ensaio de juntas soldadas, utilizadas durante fabricação, e no teste de carga da estrutura do dispositivo. Para a análise de soldas, são utilizados ensaios não destrutivos, que detectam falhas e descontinuidades na estrutura soldada da peça que possam comprometer o trabalho do equipamento. O processo de certificação de carga tem como objetivo ensaiar o dispositivo usando cargas reais similares às que ele foi dimensionado para operação. Devido ao fato de muitos dispositivos de içamento apresentarem medidas como comprimento, elevados, torna-se difícil a realização de ensaios reais com o equipamento por completo. Por isso os testes de carga são aplicados aos elementos críticos do dispositivo. Esses elementos críticos são quase sempre resumidos pelos olhais de içamento onde são fixados manilhas, pinos ou cintas. Esse trabalho tem como objetivo analisar a certificação de Dispositivos de Içamento para o Setor Eólico, detalhando os processos utilizados nesse tipo de serviço, apontando as falhas e propondo possíveis melhorias que contribuam para a melhor execução de certificação desses equipamentos.

Palavras-chave: Certificação de Dispositivos de Içamento. Ensaio não-destrutivo e testes de carga.

ABSTRACT

The Wind Sector is growing in Brazil, mainly in the Northeast. Thanks to the constancy and potential of the wind in this region, the emergence of new wind farms is notorious. Wind turbines are formed by several components and each component presents a characteristic weight. For mounting of Wind Turbines it is necessary the support of load lifting machines, such as cranes of different capacities. The cranes in lifting and assembling these components make use of Lifting Devices, which are designed and manufactured with different formats and capacities, and with specific characteristics for each component. These Lifting Devices after being manufactured must undergo a process of analysis and certification so that they can be released for operation. This certification process consists of the analysis and testing of welded joints, used during fabrication, and the load test of the device structure. For the analysis of welds, non-destructive tests are used, which detect faults and discontinuities in the welded structure of the part that could compromise the work of the equipment. The charge certification process aims to test the device using actual loads similar to those it has been scaled for operation. Due to the fact that many lifting devices have long, high measurements, it is difficult to perform actual tests with the equipment in full. Therefore the load tests are applied to the critical elements of the device. These critical elements are almost always summed up by hoisting eyes where shackles, pins or belts are attached. This work aims to analyze the certification of lifting devices for the wind sector, detailing the processes used in this type of service, pointing out the failures and proposing possible improvements that contribute to the better execution of certification of these equipments.

Keywords: Certification of Lifting Devices. Non-destructive testing and loading tests.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1 Dispositivos de içamento utilizados no Setor Eólico.....	4
3.2 Ensaios Não Destrutivos.....	8
3.2.1 Inspeção Visual.....	9
3.2.2 Ensaio Por Líquido Penetrante.....	10
3.2.2.1 Introdução.....	10
3.2.2.2 Classificação dos Penetrantes, Reveladores e Métodos.....	11
3.2.2.3 Vantagens.....	11
3.2.2.4 Limitações.....	12
3.2.2.5 Aplicações.....	13
3.2.2.6 Etapas do Ensaio.....	10
3.2.3 Ensaio por Partículas Magnéticas.....	14
3.2.3.1 Introdução.....	14
3.2.3.2 Vantagens.....	16
3.2.3.3 Limitações.....	16
3.2.3.4 Aplicações.....	17
3.2.3.5 Etapas do Ensaio.....	17
3.2.4 Ensaio Radiográfico.....	17
3.2.4.1 Introdução.....	17
3.2.4.2 Vantagens.....	19
3.2.4.3 Limitações.....	19
3.2.5 Ensaio por Ultrassom.....	20
3.2.5.1 Vantagens.....	20
3.2.5.2 Limitações.....	21
3.2.5.3 Aplicações.....	21
4 ESTUDO DE CASO.....	22
4.1 Dispositivo Nacelle Lifting 80Ton.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
5.1 Processo de certificação do dispositivo de içamento.....	25
5.1.1 Inspeção visual do dispositivo.....	25

5.1.2 Certificação dos Olhais Superiores.....	26
5.1.2.1 Ensaio por Líquido Penetrante.....	27
5.1.2.2 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo.....	31
5.1.3 Certificação dos Olhais Inferiores.....	33
5.1.3.1 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo.....	34
5.1.4 Certificação das Manilhas e Cabos de Aço.....	36
5.1.4.1 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo.....	36
5.2 Marcação e identificação de dispositivos certificados.....	39
6 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	43
ANEXOS.....	44
ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO POR LÍQUIDO PENETRANTE.....	44
ANEXO B – CERTIFICADO DE TREINAMENTO PARA ENSAIO COM LÍQUIDO PENETRANTE.....	45
ANEXO C – NORMAS E MATERIAIS PARA ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE.....	46
ANEXO D – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA PARA SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO DO DISPOSITIVO.....	47

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário de seca vivido pelo Estado do Ceará e outros Estados, a Energia Eólica se encontra como fonte alternativa para atender a demanda de energia dessas regiões. Os períodos de estiagem, que causam impacto principalmente nas usinas da Bacia do Rio São Francisco afetando a geração de Energia Hidroelétrica, leva-nos a acreditar ainda mais na Energia Eólica como fonte segura e limpa, e que pode nos ajudar nesses períodos tão difíceis de seca.

A instalação de parques eólicos favorece o surgimento de empresas que tem como objetivo o desenvolvimento de mão de obra especializada na manutenção, fabricação e montagem de equipamentos e peças que atendam às suas demandas de operação.

Os parques eólicos tem como elemento principal as Turbinas Eólicas. As Turbinas Eólicas tem como peças principais: tramos metálicos ou de concreto, nacelle, hub e blades. Para transporte, movimentação, montagem e desmontagem dessas peças é necessário o uso de equipamentos de elevação de cargas como os guindaste de alta capacidade de carga. Para realizar a fixação ou conexão dessas peças com os guindastes é necessário o uso de Dispositivos de Içamento que são projetados para o içamento de cada peça em específico.

Os Dispositivos de Içamento, quando fabricados devem passar por processo de certificação para que sejam liberados para operação de içamento. Além da inspeção inicial após fabricação, anualmente esses dispositivos devem passar por novo processo de inspeção, teste e caso aprovado está certificado para mais um ano de operação. A certificação desses equipamentos deve ser realizada por empresas credenciadas e que conheçam o modo de trabalho de cada dispositivo e as cargas que neles são aplicadas.

Para certificação desses dispositivos é necessário o uso de ensaios não destrutivos que tem como objetivo a busca de falhas, descontinuidades, trincas em propagação e etc. Tais elementos, quando presentes em dispositivos de içamento, que são submetidos a elevadas cargas, devem ser analisados para que seja levantado um diagnóstico estrutural que esclareça se esses elementos presentes em sua estrutura são perigosos ou irrelevantes para sua operação.

A certificação desses dispositivos de içamento tem como objetivo principal garantir a segurança das pessoas envolvidas na operação desses equipamentos e evitar danos econômicos maiores como possíveis danos às peças em operação de montagem ou desmontagem. Para certificação desses equipamentos é necessário que se cumpra com fidelidade aos métodos de ensaios não destrutivos e que se aplique simulações de carga aos elementos mais solicitados em

operação de içamento com o objetivo de se garantir a integridade estrutural do dispositivo e de seus elementos constituintes.

Para simulação de carga nesses dispositivos de içamento são utilizados ensaios de tração realizados em prensa hidráulica com alta capacidade de aplicação de carga. Os ensaios de tração são realizados principalmente nos elementos mais solicitados em operação de içamento como em olhais de içamento, cabos de aço e manilhas.

Para realização de ensaios não destrutivos e ensaios de teste de carga é necessário o uso de materiais e pessoas certificadas que sejam autorizadas e capacitadas para a sua execução.

Neste trabalho, foi realizado um estudo com o objetivo de analisar a certificação realizada pela empresa Ceará Steel de um Dispositivo de Içamento utilizado na montagem, desmontagem e movimentação de Nacelles, um dos equipamentos principais de uma Turbina Eólica.

2 OBJETIVOS

- Submeter a inspeção visual todos os elementos constituintes de um Dispositivo de Içamento de cargas utilizado no Setor Eólico e analisar as observações;
- Realizar ensaio por líquido penetrante de olhais de içamento do Dispositivo e analisar os resultados obtidos;
- Realizar ensaio de tração de todos os elementos do Dispositivo que são solicitados quando em trabalho de içamento e analisar os resultados obtidos;
- Discutir a eficácia na detecção de falhas e descontinuidades na estrutura dos olhais de içamento através do Ensaio por Líquido Penetrante;
- Discutir garantia de segurança dos ensaios de tração em prensa hidráulica dos elementos do Dispositivo de Içamento;
- Analisar de forma geral e propor melhorias para o processo de certificação de Dispositivos de Içamento de cargas para o Setor Eólico.

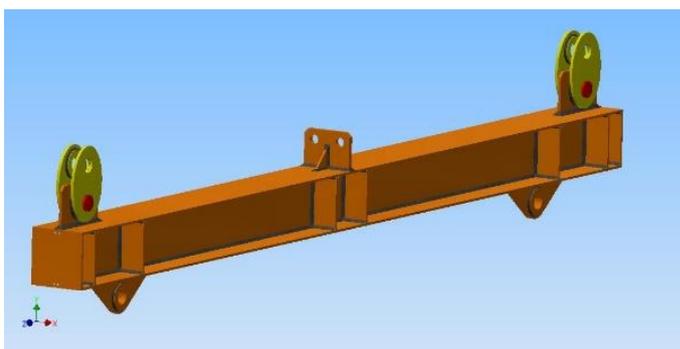
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Dispositivos de Içamento utilizados no Setor Eólico

Uma Turbina Eólica é formada por diferentes componentes, tais como: Tramos, que podem ser fabricados a partir de aço ou concreto, Nacelle, que em sua parte interna é formada por gerador, caixa amplificadora e outros, Hub e Pás ou Blades. Para montagem e movimentação desses componentes é necessário a utilização de dispositivos de içamento diversos que são projetados para um determinado serviço específico. Nas fotos abaixo, foi destacado alguns dispositivos de içamento, alguns em fase de projeto e fabricação e outros já em operação. Esses dispositivos são utilizados para a movimentação e montagem de pás, geradores, tramos metálicos e nacelles.

O dispositivo destacado na Figura 1 é um balancim utilizado para montagem e desmontagem de geradores elétricos de Turbinas Eólicas. Esse equipamento trabalha com uma carga limite de 50Ton. O mesmo apresenta dois olhais inferiores que são conectados ao gerador por meio de cabos de aço e manilhas com capacidades características. Em sua parte superior ele apresenta, também dois olhais, rotativos, que são presos ao moitão do guindaste por cabos de aço e ganchos especiais. Esse Balancim foi fabricado com chapas de aço ASTM A572, aço que apresenta resistência superior ao aço ASTM A36, mais comum no mercado.

Figura 1 – Balancim Gerador 50Ton – Energimp

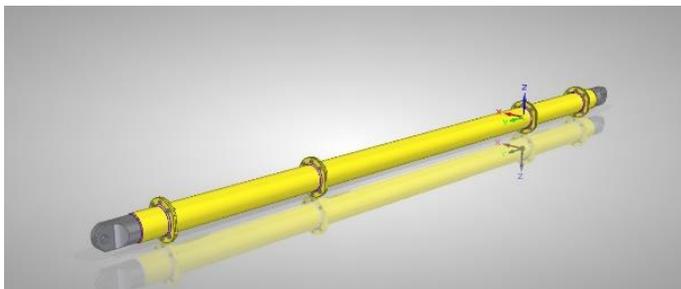


Fonte: próprio autor

O dispositivo destacado na Figura 2 corresponde a um balancim utilizado para descarregamento e montagem de pás ou blades de Turbinas Eólicas. Esse dispositivo apresenta característica interessante, pois seu comprimento pode ser mudado pela adição ou subtração de elementos intermediários, já que o mesmo é desmontável. Esse equipamento é fabricado a partir

de um tubo metálico de diâmetro de aproximadamente 400mm e de espessura próxima a 10mm. Essas dimensões são necessárias para que o dispositivo suporte as cargas de flambagem em operação. Esse dispositivo pode apresentar comprimento de até 6000mm.

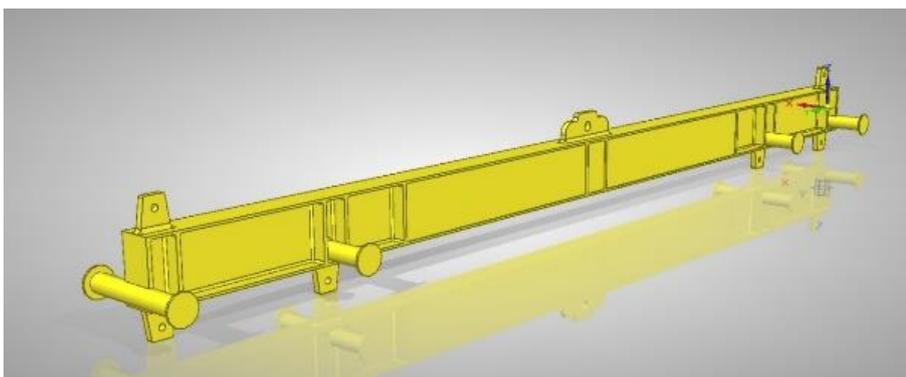
Figura 2 – Balancim Modular 15Ton – GE Wind Power



Fonte: próprio autor

O dispositivo destacado na Figura 3 corresponde, também, a um balancim utilizado para a montagem e descarregamento de pás ou blades de Turbinas Eólicas. A diferença dele com respeito ao dispositivo destacado na Figura 2 é que esse balancim apresenta capacidade de carga menor e que suas posições de içamento são fixas. Esse dispositivo é fabricado a partir de um perfil laminado W310 x 52 construído em aço ASTM A572.

Figura 3 – Balancim 8Ton – GE Wind Power

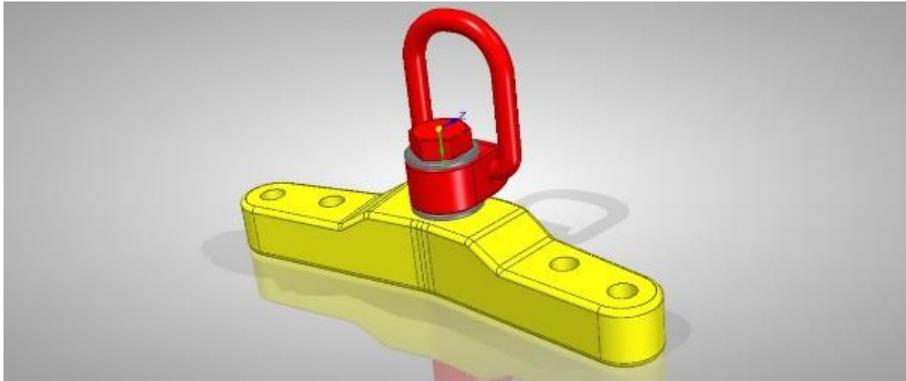


Fonte: próprio autor

O dispositivo destacado na Figura 4 corresponde a um equipamento utilizado para o trabalho de içamento e montagem de tramos de aço. Esse dispositivo é fixado à flange metálica dos tramos através da utilização de quatro conjuntos de fixadores M36 (parafuso, porca e arruelas). Para o trabalho de içamento e montagem desses tramos são utilizados 3 unidades do dispositivo destacado na Figura 4. Na parte superior do dispositivo é fixado um olhal roscado

giratório, esse olhal é o responsável por suportar a maior parte das cargas aplicadas ao dispositivo. O elemento inferior do dispositivo, destacado em amarelo, é fabricado a partir de uma chapa de 4'' de aço ASTM A572, esse elemento é fabricado por usinagem em um centro de usinagem CNC.

Figura 4 – Dispositivo de Içamento de Tramos Metálicos 30Ton – GE Wind Power



Fonte: próprio autor

O dispositivo representado na Figura 5 representa um dispositivo em fase de aprovação de projeto. Esse dispositivo foi solicitado por uma empresa fabricante de pás eólicas. Devido a demanda de pás e a necessidade de armazenamento das mesmas, a empresa solicitante viu a necessidade de empilhamento de pás para manter seu estoque e suprir a necessidade de consumo dos parques em construção. Esse dispositivo é conectado aos garfos de uma empilhadeira de grande porte que faz o içamento e armazenamento de pás no pátio da empresa fabricante de pás. Esse dispositivo é fabricado à partir de tubos quadrados de espessura elevada e perfis w em sua parte inferior onde é encaixado aos garfos da empilhadeira.

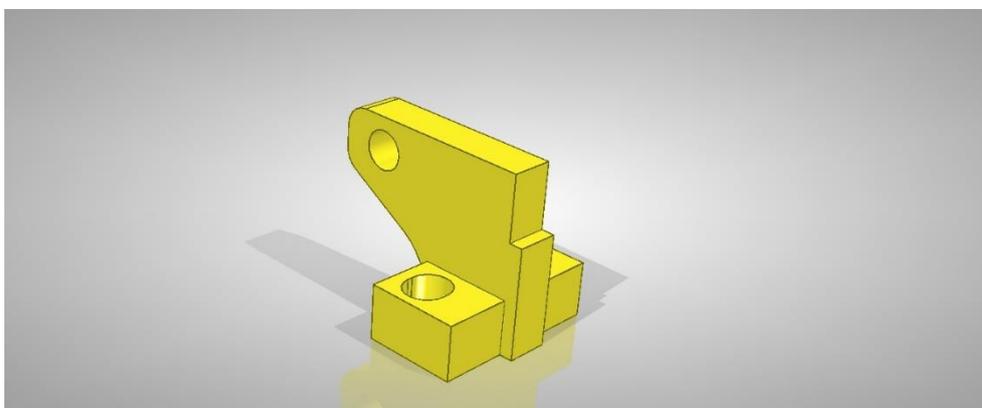
Figura 5 – Dispositivo de Elevação de Pás – Wobben Enercon



Fonte: próprio autor

O dispositivo destacado na Figura 6 é um dispositivo de içamento e verticalização do Hub de Turbinas Eólicas. Esse dispositivo é fixo na flange do Hub por sua base inferior utilizando dois conjuntos de fixadores M36 (parafuso, porca e arruelas). O mesmo é fabricado a partir de chapa de aço ASTM A572 de 2” de espessura. O processo de soldagem desse equipamento se inicia por um chanfro total da peça do olhal superior e após esse paço é feito a solda completa do espaço chanfrado. Esse processo de fabricação tem como objetivo impedir que nenhum espaço vazio exista entre as duas peças unidas.

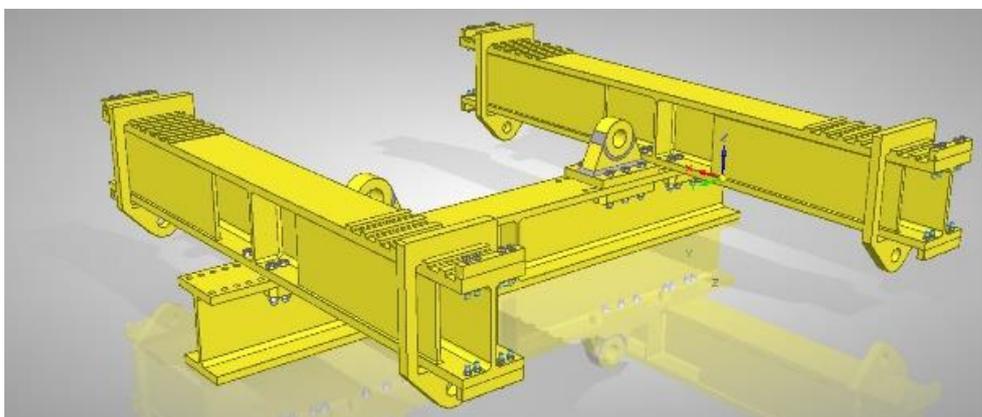
Figura 6 – Hub Lifting Device 20Ton – DPS Wind



Fonte: próprio autor

O dispositivo destacado na Figura 7 é um dispositivo de içamento e montagem de nacelles, esse dispositivo foi escolhido para detalhar o processo de certificação de dispositivos de içamento de carga. O funcionamento e os elementos constituintes desse dispositivo serão detalhados nos próximos passos deste trabalho.

Figura 7 – Dispositivo Nacelle Lifting 80Ton – CPFL Renováveis



Fonte: próprio autor

3.2 Ensaio Não Destrutivos

Os Ensaio não destrutivos são técnicas utilizadas no controle de qualidade de materiais em processo de fabricação ou de materiais já fabricados. Nos ensaios sobre peças já fabricadas e em operação os ensaios não destrutivos tem como objetivo principal a detecção e monitoramento de descontinuidades que podem colocar em risco a integridade estrutural da peça. Esses métodos de ensaio não prejudicam a posterior utilização dos produtos inspecionados.

Um defeito nada mais é do que uma descontinuidade que, por sua natureza, tipo, dimensões, localização ou efeito acumulado, torna a peça imprópria para uso, por não satisfazer os requisitos mínimos de aceitação da norma aplicável. Enquanto que uma descontinuidade é uma interrupção da estrutura típica de uma peça, no que se refere à homogeneidade de características físicas, mecânicas ou metalúrgicas. Uma descontinuidade não necessariamente é um defeito. [1]

No mundo atual, estamos em constante aquisição de bens industrializados que podem passar por diversas etapas no processo de fabricação até serem finalizados. Tais bens, caso não sejam fabricados segundo padrões de qualidade, podem oferecer risco a nossa segurança ao serem utilizados. Os ensaios não destrutivos além de detectar falhas, garantir a melhoria e aperfeiçoamento dos processos de fabricação, são ferramentas essenciais na garantia da segurança das pessoas envolvidas no uso das mais diversas peças e equipamentos fabricados e ensaiados.

Os ensaios não destrutivos abrangem desde técnicas de simples aplicação e que usam materiais simples, como o ensaio por líquido penetrante, até métodos mais complexos que se utilizam de equipamentos sofisticados, como o ensaio por partículas magnéticas, ensaio radiográfico e ensaio por ultrassom. Todos os métodos de ensaios não destrutivos possuem amplo poder de detecção de falhas quando são submetidos de forma correta e aplicados ao material correto, mas para isso é necessário a aquisição de informação de cada um deles e suas limitações.

O ensaio a ser realizado e os procedimentos a serem utilizados dependem, principalmente, das propriedades físicas do material, características dimensionais e estado da peça a ser analisada. Por isso os ensaios não destrutivos devem ser aplicados por pessoas treinadas e habilitadas para realizá-los.

Para obter resultados satisfatórios e válidos, é fundamental observar os seguintes elementos: pessoal treinado, qualificado e certificado que conduzam o ensaio segundo um

procedimento qualificado, elaborado com base em normas e critérios de aceitação previamente definidos e estabelecidos, um esquema detalhado para registro dos resultados e equipamentos calibrados. [2]

Os ensaios não destrutivos são utilizados na inspeção de produtos soldados, fundidos, forjados, laminados, entre outros, com vasta aplicação nos setores petroquímico, nuclear, aeroespacial, siderúrgico, naval, autopeças e transporte rodoferroviário.

Os Ensaio Não Destrutivos mais utilizados são: [1]

- Inspeção Visual
- Líquidos Penetrantes
- Partículas Magnéticas
- Ultrassom
- Radiografia
- Emissão Acústica
- Correntes Parasitas

3.2.1 Inspeção Visual

O ensaio visual foi o primeiro método de ensaios não-destrutivos aplicado pelo homem. É certamente o ensaio mais usado de todos, em todos os ramos da Engenharia. A história do exame visual de objetos, pertences, metais, etc., remonta a mais remota antiguidade. Por este motivo, pode-se imaginar que seja o ensaio mais simples de todos; entretanto, na moderna época em que vivemos, esse ensaio ainda é fundamental. [3]

O ensaio visual se apresenta como técnica simples de análise de desconformidades presentes no material em fabricação ou material já fabricado. Durante as fases de produção, por exemplo, na fase de soldagem, é possível durante a sua execução, detectar a olho nu poros que surgem devido a impurezas presentes na peça soldada. Essas detecções simples por análise visual evitam que após a conclusão do serviço essas falhas tenham que ser retiradas, aumentando o tempo de fabricação e os custos envolvidos.

A simples análise visual de um equipamento pode detectar falhas na construção de um equipamento, falhas essas, que não foram identificadas ou foram negligenciadas pelo responsável de fabricação do mesmo, e que podem colocar em risco a vidas das pessoas que estão em contato direto ou indireto com o equipamento.

Os ensaios não destrutivos mais complexos e sofisticados como o ensaio por ultrassom, radiografia, ensaio por partículas magnéticas e outros, não tornaram o ensaio visual, obsoleto ou ultrapassado, mas o utilizam de forma indireta nos seus procedimentos intermediários.

Podemos citar por exemplo, que todos os métodos antes de serem aplicados a uma peça, deve-se primeiro fazer um estudo das condições da mesma, verificando sua geometria, condições superficiais e outros.

O próprio ensaio visual tem o poder de dispensar a necessidade de execução de outro ensaio não destrutivo. Podemos citar, por exemplo, a detecção de uma trinca por ensaio visual em um eixo que será submetido a grandes esforços. Tal trinca reprova, certamente, o uso de tal peça, evitando assim danos futuros maiores.

A própria recuperação da peça com falhas ou defeitos superficiais é executada com o acompanhamento e monitoramento de inspeção visual, até que a mesma seja retirada e que a peça seja totalmente recuperada sem mais nenhum defeito.

Da mesma forma que os demais ensaios não destrutivos, é necessário que os ensaios visuais sejam realizados por pessoas qualificadas e certificadas, que possuam o mínimo de conhecimento dos processos de fabricação da peça a ser ensaiada e das possíveis falhas que a mesma pode vir a apresentar.

O ensaio visual é executado por uma série de inspeções visuais sobre as superfícies dos objetos avaliados. Dessas inspeções visuais é gerado um laudo sobre a aparência da superfície, formatos, dimensões e descontinuidades grosseiras sobre as mesmas. [3]

Uma das desvantagens do ensaio visual é a sua não capacidade de detectar falhas internas dos materiais, por isso, uma boa aparência, bom grau de acabamento, inexistência de defeitos na superfície de uma peça analisada não implica na conclusão de sua análise de qualidade e no que diz respeito às suas condições internas.

O ensaio visual trabalha juntamente com os outros ensaios não destrutivos com o objetivo de garantir a qualidade dos processos de fabricação e das peças e equipamentos diversos que são fabricados. Esses métodos contribuem assim para a garantia da confiabilidade e segurança de tais equipamentos e peças.

3.2.2 Ensaio Por Líquido Penetrante

3.2.2.1 Introdução

O ensaio por líquido penetrante é um método utilizado para detecção de descontinuidades superficiais de materiais sólidos de dimensões e geometrias diversas. As descontinuidades devem estar obrigatoriamente abertas ao meio externo. O método se utiliza da aplicação de um líquido que penetra nas descontinuidades, tais como, trincas, poros, dobras e etc., pelo fenômeno físico da capilaridade. Após a remoção do excesso é aplicado um revelador que retira

o penetrante da parte interna das discontinuidades e registra superficialmente, na forma de manchas, com cores similares ao do líquido penetrante utilizado.

O ensaio por líquido penetrante é utilizado nos ensaios de qualidade e conformidade de materiais sólidos diversos, como, alumínio, magnésio, aços carbono e inoxidáveis, ligas de titânio e zircônio e etc.. É também aplicado em cerâmica vitrificada, vidros e plásticos.

3.2.2.2 Classificação dos Penetrantes, Reveladores e Métodos

A aplicação do ensaio por líquido penetrante deve ser sempre baseada em um procedimento já previamente elaborado e aprovado. Tal procedimento deve conter todos os parâmetros essenciais para a execução do ensaio e deve ser baseado em norma ou especificação aplicável ao produto a ser inspecionado.

Abaixo segue a classificação dos tipos de materiais e métodos definidos na norma Petrobrás N-1596: [4]

- **Classificação dos Penetrantes**

Tipo I – Penetrante fluorescente.

Tipo II – Penetrante de contraste colorido.

- **Classificação dos métodos de remoção do excesso de penetrante**

Método A – Lavável com água.

Método B – Pós-emulsificante, Lipofílico.

Método C – Removível com solvente.

Método D – Pós-emulsificante, Hidrofílico.

- **Classificação dos Reveladores:**

Forma a – Seco.

Forma b – Solúvel em água.

Forma c – Em suspensão na água.

Forma d – Diluído em solvente.

3.2.2.3 Vantagens

O ensaio por líquido penetrante se apresenta como um método de fácil execução, de etapas simples e com resultados de fácil interpretação. É necessário pouco tempo de treinamento para o aprendizado de um inspetor.

O ensaio pode ser realizado durante o processo de fabricação, garantindo a qualidade das etapas do processo de fabricação ou pode ser realizado em peças já acabadas, com o objetivo de garantir e comprovar a integridade estrutural das peças a serem ensaiadas.

O método pode ser aplicado a todos os tipos de materiais sólidos com dimensões e geometrias diversas. Deve se atentar para as condições superficiais a que se encontram as peças a serem ensaiadas, evitando, somente, peças com rugosidades elevadas.

É o ensaio, de certa forma, mais apropriado para detecção de descontinuidades superficiais, considerando que o mesmo usa materiais de aplicação de baixo custo, resultados de fácil interpretação e possui elevada sensibilidade na detecção de falhas com dimensões na ordem de até 0,001mm de abertura.

3.2.2.4 Limitações

Para realização do ensaio por líquido penetrante é necessário a limpeza superficial da peça a ser ensaiada pois, impurezas, camadas de oxidação, escórias e outros resíduos podem obstruir a descontinuidades superficiais a serem detectadas.

O ensaio por líquido penetrante só detecta descontinuidades abertas ao meio externo pois é necessário a penetração do líquido penetrante para que posteriormente o mesmo seja retirado e revelado pelo revelador.

O ensaio não se aplica a superfícies rugosas pois tornaria difícil a remoção do excesso de líquido penetrante principalmente de forma manual e a permanência do excesso do líquido não retirado causaria o mascaramento dos resultados após aplicação do revelador.

A maioria dos fabricantes de líquidos penetrantes indicam que os ensaios devem ser realizados em ambientes que estejam na faixa de temperatura entre 10°C e 52°C. Aplicações de líquido penetrante em temperaturas elevadas levam a evaporação dos conteúdos voláteis do mesmo o que o torna insuficiente na detecção de falhas após ser aplicado o revelador. Temperaturas próximas a 100°C podem ocasionar a combustão dos líquidos utilizados no ensaio.

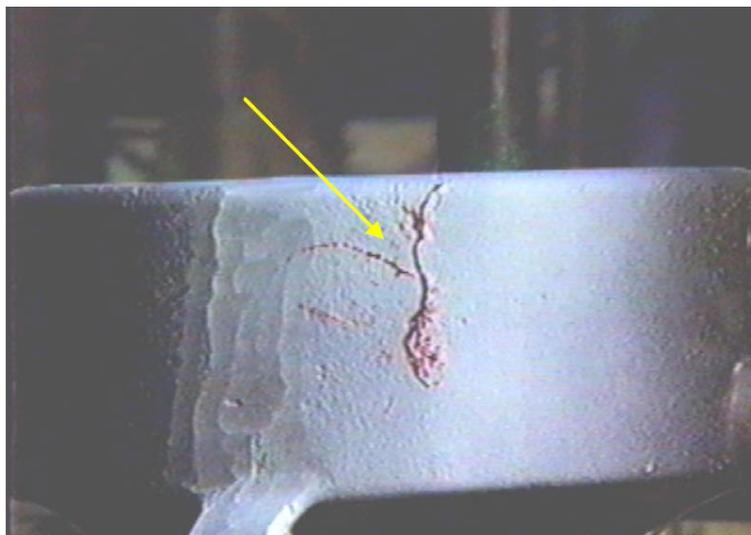
Em algumas situações durante a realização de ensaios é necessário a limpeza completa do material ensaiado, pois, existe o risco de contaminação do meio em contato com o material submetido ao ensaio. Essa situação é o caso da indústria alimentícia, que muitas vezes não utiliza tal método com o objetivo de evitar problemas maiores a serem resolvidos, como o caso de contaminação pelos como composto químicos presentes nos materiais utilizados para execução do ensaio.

Caso o material ensaiado seja submetido a uma posterior etapa de trabalho como soldagem ou pintura é necessário, também, a remoção completa dos resíduos deixados pelo ensaio por líquido penetrante, pois esses resíduos podem causar falhas nessas etapas de produção.

3.2.2.5 Aplicações

A técnica por líquido penetrante pode ser aplicada em grande variedade de produtos metálicos e não metálicos, ferrosos e não ferrosos, materiais forjados ou fundidos, cerâmicos de alta densidade e etc., desde que não sejam porosos. O ensaio por líquido penetrante fornece resultados técnicos e economicamente satisfatórios na revelação de descontinuidades superficiais, por menores que sejam. Esse método pode ser aplicado durante o processo de fabricação, ao final deste ou durante a manutenção. Quando aplicado na fase de manutenção o ensaio tem, principalmente, como objetivo detectar ou monitorar descontinuidades, que já existiam ou surgem, devido as solicitações de cargas à qual os materiais em ensaio são submetidos em serviço. [4]

Figura 8 – Resultado por líquidos penetrantes de uma peça fundida.

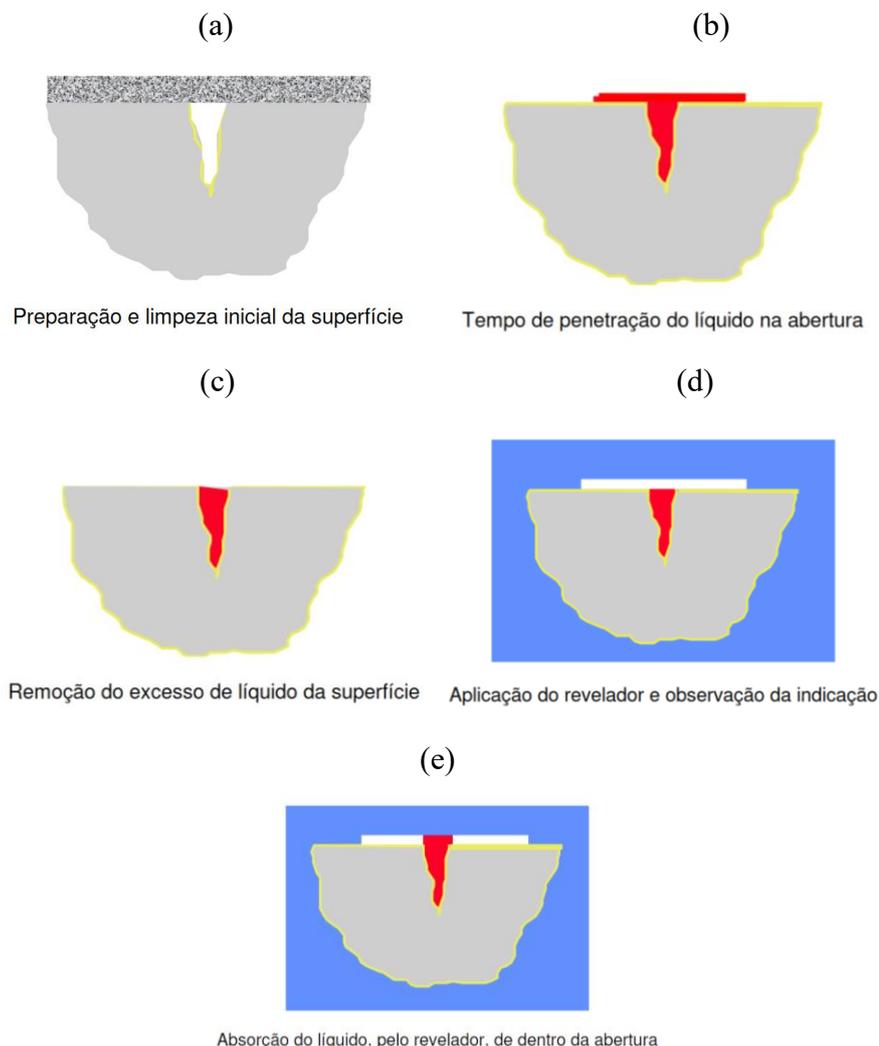


Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Ensaio por Líquido Penetrante. Abende, 2013.

3.2.2.6 Etapas do Ensaio [4]

(1) Preparação da superfície/limpeza; (2) Aplicação do penetrante; (3) Tempo de penetração; (4) Remoção do excesso do penetrante; (5) Secagem da peça, se o revelador utilizado for o seco ou o não aquoso; (6) Aplicação do revelador; (7) Tempo de revelação; (8) Inspeção, verificar a revelação das indicações e enquadrá-las no critério de aceitação e rejeição; (9) Elaboração do registro dos resultados obtidos no ensaio; (10) Limpeza após ensaio, para a retirada do revelador e penetrante da superfície e do penetrante do interior das descontinuidades; (11) Proteção da superfície e identificação.

Figura 9 – Etapas do ensaio de Líquido penetrante



Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Ensaio por Líquido Penetrante. Abende, 2013

3.2.3 Ensaio por Partículas Magnéticas

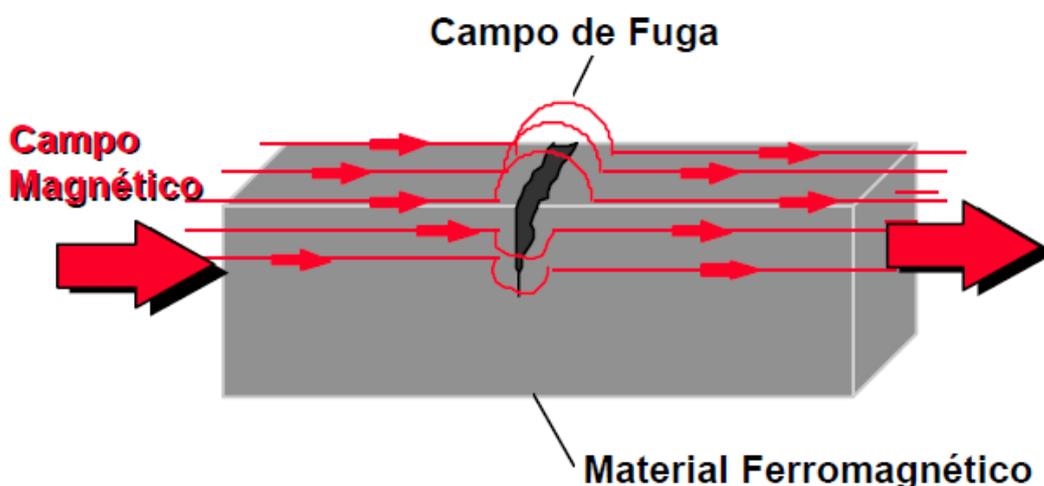
3.2.3.1 Introdução

O ensaio por partículas magnéticas é um método de detecção de falhas e descontinuidades aplicado somente a materiais ferromagnéticos. Esse ensaio pode ser aplicado durante o processo de fabricação de peças ou após o término de fabricação, em peças já acabadas, com objetivo de garantir a qualidade dos processos de fabricação e a qualidade das peças fabricadas.

O ensaio por partículas magnéticas é baseado no princípio de que o campo magnético aplicado em uma peça gera em sua estrutura interna um fluxo magnético. Descontinuidades, tais como, trincas, escórias, falta de fusão, porosidades, inclusões, e etc., possuem características magnéticas bem diferente do metal base. As linhas de campo ao encontrarem descontinuidades

internas sofrem desvios formando “campos de fuga”. Se a estrutura interna do material fosse totalmente homogênea e conseqüentemente possuísse as mesmas características magnéticas as linhas de campo não sofreriam nenhuma alteração e nenhum “campo de fuga” seria gerado. Os “campos de fuga” ao serem gerados criam em seu entorno dipolos magnéticos, que por sua vez atraem as partículas magnéticas aplicadas no ensaio. Ao se agruparem, as partículas magnéticas registram o contorno do “campo de fuga”, fornecendo a visualização do formato e da extensão das discontinuidades presentes no material em ensaio.

Figura 10 – Peça contendo uma trinca superficial, dando origem ao campo de fuga



Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Ensaio por Partículas Magnéticas. Abende, 2009.

Para que ocorra um campo de fuga adequado na região das discontinuidades, a intensidade de campo deve atingir valores adequados e as linhas de força devem ser o mais perpendicular possível ao plano da discontinuidade, ou então não será possível o acúmulo das partículas de forma nítida. [5]

Outra característica também é a não existência de um tamanho mínimo da discontinuidade para que ocorra o campo de fuga, o que faz com que, para materiais ferromagnéticos, o método de ensaio por partículas magnéticas seja o mais eficiente dos métodos superficiais, até mesmo mais que o ensaio por líquidos penetrantes. [5]

Figura 11 – Máquina para ensaio por partículas magnéticas de uma peça fundida para indústria hidroelétrica, usando a técnica multidirecional.



Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Ensaio por Partículas Magnéticas. Abende, 2009.

3.2.3.2 Vantagens

O ensaio por partículas magnéticas apresenta um método denominado por, magnetização multidirecional, que facilita a inspeção de componentes seriados e que permite a redução considerável do tempo de inspeção. O método de magnetização multidirecional economiza o uso de partículas magnéticas, pois cada peça é manuseada apenas uma vez. Tal método reduz a possibilidade de erros pelo inspetor, uma vez que é possível analisar ao mesmo tempo, tanto as descontinuidades longitudinais quanto as transversais.

O ensaio por partículas magnéticas se sobressai perante ao ensaio por líquido penetrante, pois o mesmo pode detectar descontinuidades sub-superficiais de até 12mm de profundidade que não necessariamente precisam estar abertas para o meio externo.

É um ensaio relativamente simples que requer os cuidados com a segurança do inspetor e que possui resultados de fácil interpretação.

3.2.3.3 Limitações

O ensaio por partículas magnéticas é aplicável apenas aos materiais ferromagnéticos, ou seja, principalmente aos aços estruturais, de baixa e média liga, ferros fundidos, ligas a base de cobalto e outros.

Alguns materiais ferromagnéticos possuem a capacidade de reter o campo magnético após a sua aplicação, durante o ensaio, tal capacidade é denominada retentividade. Caso o campo magnético não seja retirado da peça ensaiada o mesmo pode interferir nas etapas

seguintes de fabricação, como nos processos de soldagem, usinagem e de medições, caso a peça ainda não seja acabada.

Na realização de ensaio por partículas magnéticas são utilizados métodos de aplicação direta de corrente elétrica, por isso, durante aplicação de tal método é necessário cuidados redobrados, pois poderá ocorrer a abertura de arcos elétricos nos pontos de entrada e saída de corrente, causando a queima da peças nestas regiões.

3.2.3.4 Aplicações

O ensaio por partículas magnéticas é utilizado na localização de descontinuidades superficiais e sub-superficiais em materiais ferromagnéticos. Pode ser aplicado tanto em peças acabadas quanto semiacabadas e durante as etapas de fabricação. [5]

Esse ensaio não destrutivo é utilizado no setor metal mecânico em geral, como nas indústrias de caldeiraria, na fabricação e análise de tubulações, industriais naval, ferroviária, automobilística, de máquinas e equipamentos agrícolas, de estruturas e etc..

3.2.3.5 Etapas do Ensaio [5]

- Preparação da superfície;
- Efetuar uma limpeza superficial caso seja necessário;
- Seleção dos equipamentos para magnetização e das partículas ferromagnéticas;
- Planejamento do ensaio;
- Magnetização da peça;
- Aplicação das partículas ferromagnéticas;
- Eliminação do excesso de partículas da superfície;
- Observação das indicações;
- Avaliação e registro dos resultados;
- Desmagnetização.

3.2.4 Ensaio Radiográfico

3.2.4.1 Introdução

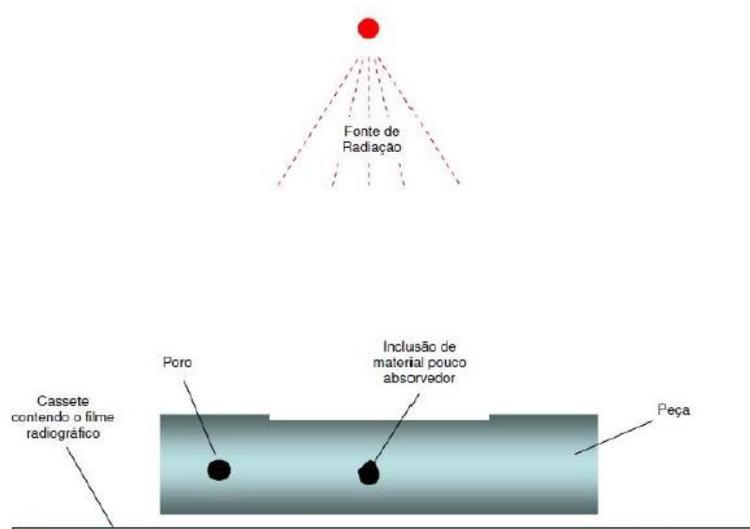
O ensaio por radiografia baseia-se na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça em inspeção. Devido os materiais não serem perfeitamente homogêneos, diferentes partes de uma mesma peça apresentam diferenças, mesmo que mínimas, em suas densidades.

Variações na composição do material e variações na espessura, são fatores que levam a peça a ser ensaiada a absorver a energia radiante de diferentes formas. Essa absorção diferenciada da radiação é registrada em um filme radiográfico, que por sua vez grava as características da estrutura da peça em estudo.

Dependendo das características do objeto em exame, como a sua geometria e o tipo de descontinuidades apresentadas pelo mesmo, o feixe de radiação sofrerá uma maior ou menor absorção, sensibilizando em menor ou maior grau o meio utilizado para o registro da imagem radiográfica. [6]

Durante a realização do ensaio radiográfico e emissão de feixes de radiação, as regiões da peça que apresentam maior espessura absorverão em maior quantidade os feixes de radiação do que regiões de menor espessura, conseqüentemente as regiões com maior espessura apresentarão uma tonalidade mais clara do que as regiões menos espessas. A mesma propriedade de absorção e tonalidade se aplica a poros, inclusões e outras falhas. Nos poros, que por serem vazios, quase não absorvem radiação comparado a metal base, isso proporciona uma aparição com tonalidade mais escura quando os mesmos são registrados no filme radiográfico. O mesmo ocorre com as inclusões. Caso o coeficiente de absorção do material da inclusão seja maior que do material base, a região da imagem radiográfica correspondente a posição da inclusão apresentará uma tonalidade tanto mais clara quanto maior for a absorção da radiação.

Figura 12 – Arranjo básico utilizado para realização do ensaio radiográfico



Fonte: JUNIOR, Silvério Ferreira da Silva; MARQUES, Paulo Villani. Ensaios Não Destrutivos. Belo Horizonte, 2006.

Figura 13 –Imagem radiográfica da peça apresentada na Figura 12.



Fonte: JUNIOR, Silvério Ferreira da Silva; MARQUES, Paulo Villani. Ensaios Não Destrutivos. Belo Horizonte, 2006.

Apesar de ser baseado em princípios simples, o ensaio radiográfico deve ser realizado de acordo com metodologias que assegurem uma sensibilidade adequada para a detecção das descontinuidades de interesse, bem como o estabelecimento de uma fácil correlação entre a localização de uma determinada descontinuidade na radiografia e a sua respectiva localização na peça examinada, de forma a facilitar a realização dos reparos, quando necessários ou possíveis. [6]

3.2.4.2 Vantagens

O ensaio radiográfico pode ser aplicado na grande maioria dos materiais, exceto em materiais que tem poder de blindagem como o chumbo. Permite uma imagem em registro permanente. Além disso, é possível inspecionar o interior dos materiais e assim revelar descontinuidades estruturais.

3.2.4.3 Limitações

O ensaio por radiografia se torna difícil de ser executado em peças de geometria complexa, pois é necessário o acesso a ambos os lados da peça, um lado para a fonte emissora de radiação e o outro lado onde se posiciona o anteparo com o filme revelador.

O ensaio radiográfico possui pouca capacidade na detecção de falhas de pequenas espessuras em planos perpendiculares aos dos feixes de radiação, essas falhas são quase sempre trincas ou defeitos lamelares. [6]

Como as radiações não podem ser detectadas por qualquer um dos nossos cinco sentidos, exigem-se rigorosas medidas de segurança. As radiações podem causar danos ou mesmo

destruição das células do corpo humano. Por esses fatos torna-se necessário o uso de detectores de radiações e conhecimento das regras de segurança. [7]

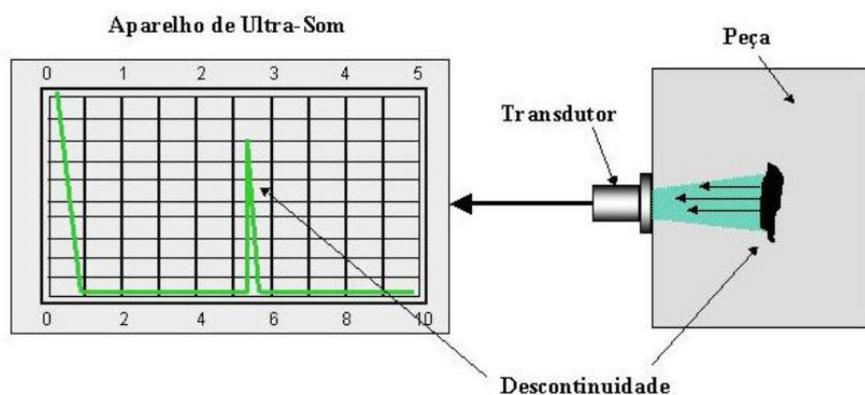
3.2.5 Ensaio por Ultrassom

A técnica por ultrassom utiliza a propriedade física de reflexão das ondas sonoras para detecção de descontinuidades internas de um material. O som se propaga no meio material podendo sofrer reflexão ou reverberação ao se chocar com um obstáculo, apesar de simples esse fenômeno constitui o fundamento do ensaio ultrassônico de materiais.

Esse ensaio se apresenta como ferramenta poderosa na detecção de falhas superficiais e internas de materiais acabados ou em fase de produção. O ensaio por ultrassom é muito utilizado nos diversos ramos da indústria atual com o objetivo de garantir a qualidade e confiabilidade dos mais diversos materiais fabricados.

Sua aplicação pode ser resumida pela aplicação de feixes ultrassônicos, induzidos no material, por transdutores com cristais piezoelétricos. Tais feixes ultrassônicos se propagam pela parte interna dos materiais e sofrem reflexão ao encontrarem descontinuidades como poros, trincas, inclusões diversas, dupla laminação, falta de fusão e falta de penetração.

Figura 14 – Princípio básico da inspeção de materiais por ultrassom



Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Aplicação Industrial: Ensaio por Ultrassom. Abende, 2009.

3.2.5.1 Vantagens

Este ensaio possui a capacidade de localizar e avaliar o tamanho das descontinuidades, enquanto que outros ensaios tem apenas a capacidade de detectar tais descontinuidades mas não podem mensurá-las e nem garantir sua posição exata de localização. A técnica por ultrassom não exige planos especiais de segurança e não necessita de etapas intermediárias para o processo de interpretação das indicações, o que torna menos burocrático o processo de realização do

ensaio. Os equipamentos, em geral, utilizados para realização do ensaio são de pequeno porte o que torna mais versátil a sua aplicação.

Figura 15 – Inspeção por ultrassom de um virabrequim.



Fonte: ANDREUCCI, Ricardo. Aplicação Industrial: Ensaio por Ultrassom. Abende, 2009.

3.2.5.2 Limitações

O ensaio não destrutivo por ultrassom requer grande conhecimento teórico e experiência por parte do inspetor. O registro permanente do teste não é facilmente obtido e faixas de espessuras muito finas constituem uma dificuldade para aplicação do método. Requer o preparo da superfície para sua aplicação. Em alguns casos de inspeção de solda, existe a necessidade da remoção total do reforço da solda, que demanda tempo de fábrica. [8]

3.2.5.3 Aplicações

O ensaio por ultrassom se apresenta como ferramenta importantíssima para a indústria moderna na detecção de falhas ou descontinuidades em peças de grande espessura e de geometria complexa. Esse ensaio é utilizado desde a indústria de fabricação de chapas e perfis de aço até as indústrias de ponta atuais. É ferramenta essencial para garantia da qualidade dos processos de fabricação de materiais metálicos na análise de tensões residuais. É utilizado também no monitoramento dos desgastes de componentes estruturais pois tem a capacidade de medir a espessura dos materiais, com isso, auxiliando na análise de corrosão e erosão sofrida por tais componentes.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Dispositivo Nacelle Lifting 80Ton

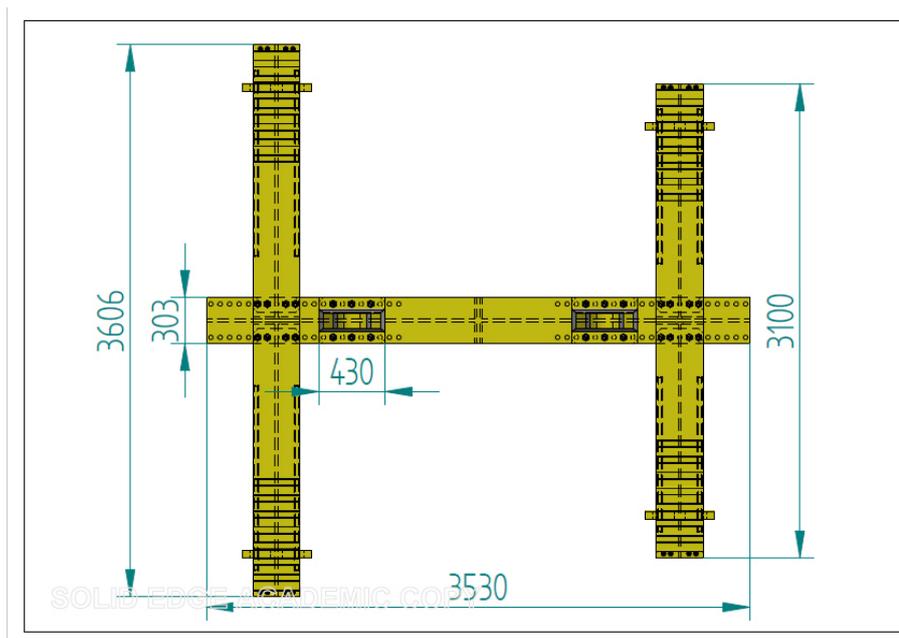
Para realização desse estudo de caso foi utilizado o dispositivo Nacelle Lifting 80Ton, da empresa CPFL Renováveis. Esse dispositivo é utilizado em operações de montagem e desmontagem da Nacelle dos aerogeradores de Turbinas Eólicas. O equipamento Nacelle Lifting possui uma capacidade de carga de 80Ton, capacidade essa, suficiente para suportar e realizar o içamento dos Nacelles e seus equipamentos internos.

Figura 16 – Equipamento Nacelle Lifting 80Ton.



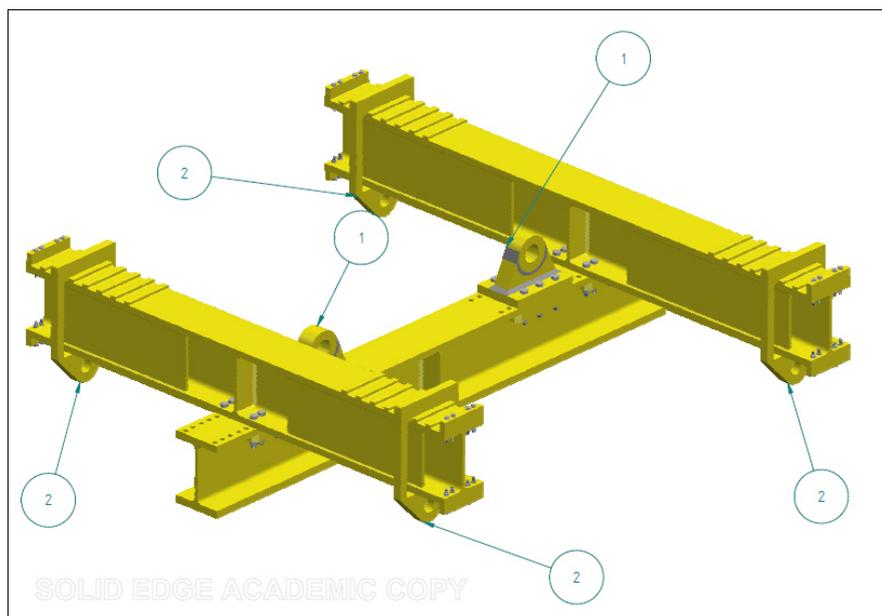
Fonte: fornecida por Suzlon

Figura 17 – Detalhamento dimensional de Dispositivo.



Fonte: próprio autor

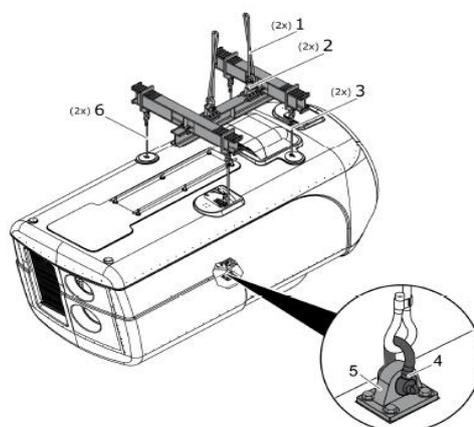
Figura 18 – Arranjo estrutural de olhais de içamento do Dispositivo.



Fonte: próprio autor

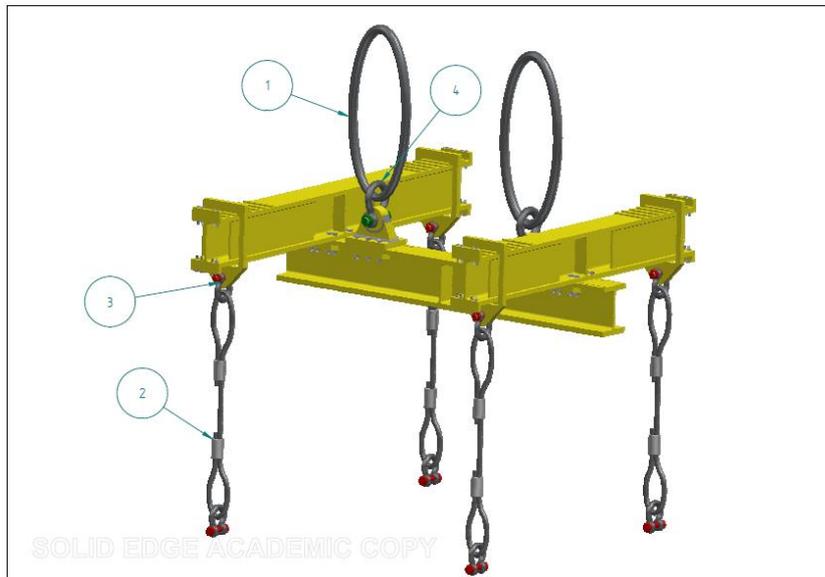
O dispositivo possui seis olhais de içamento, dois olhais superiores e quatro olhais inferiores. Os dois olhais superiores (itens 1 da Figura 18), são conectados ao moitão do guindaste. Os mesmos são responsáveis pelo içamento da carga total do equipamento, carga equivalente a 80Ton, então, cada um trabalha com carga igual a 40Ton. Os quatro olhais inferiores (itens 2 da Figura 18), são conectados ao equipamento, Nacelle, trabalham com quatro cargas iguais que somadas são equivalentes a soma das duas cargas dos olhais superiores, então os mesmos trabalham com cargas iguais a 20Ton.

Figura 19 – Arranjo estrutural de içamento de uma Nacelle 80Ton.



Fonte: fornecida por Suzlon

Figura 20 – Arranjo estrutural de cabos e manilhas do Dispositivo.

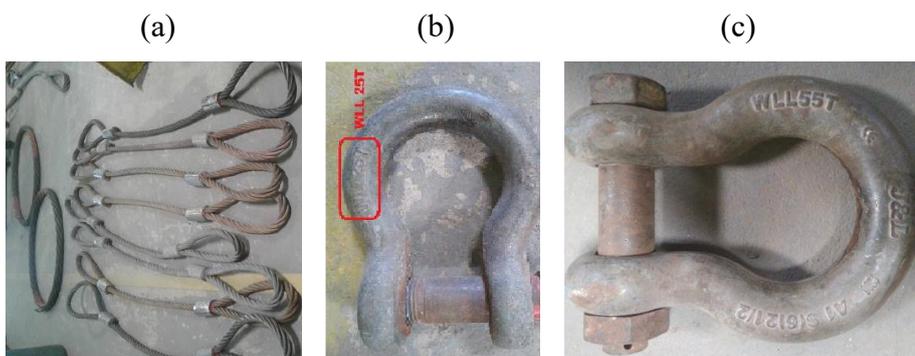


Fonte: próprio autor

O dispositivo Nacelle Lifting utiliza em sua operação duas Manilhas de 55Ton (item 4 da Figura 20) e dois cabos de aço trançados tipo laço de 60Ton (item 1 da Figura 20) para os olhais superiores, quatro Manilhas de 25Ton (item 3 da Figura 20) e quatro cabos de aço trançados de 25Ton (item 2 da Figura 20) para olhais inferiores. Os cabos de aço trançados de 25Ton dos olhais inferiores são posteriormente fixos aos quatro olhais internos do Nacelle através de mais quatro Manilhas de 25Ton, de acordo com a Figura 19 e Figura 20.

Na Figura 21 encontram-se destacados os cabos e manilhas utilizados no dispositivo Nacelle Lifting. A Figura 21(a) apresenta os cabos de aço utilizados para conexão ao guindaste e a Nacelle. A Figura 21(b) e Figura 21(c) apresentam, a manilha de 25Ton e a manilha de 55Ton, respectivamente.

Figura 21 – Cabos de aço e manilhas utilizadas no dispositivo Nacelle Lifting 80Ton.



Fonte: próprio autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

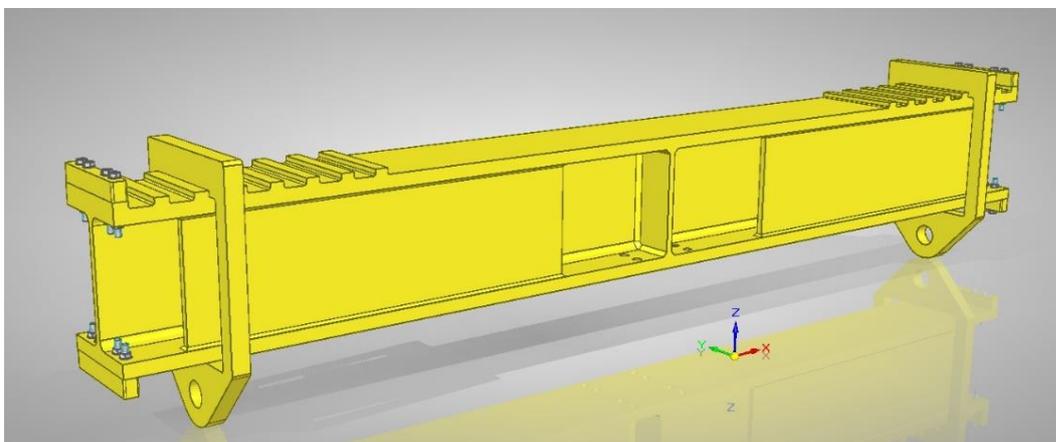
5.1 Processo de Certificação do dispositivo de içamento

5.1.1 Inspeção visual do dispositivo

O processo de certificação do dispositivo de içamento se iniciou por uma inspeção visual realizada no equipamento para detecção de alguma desconformidade estrutural que pudesse vir a causar algum impedimento de operação do mesmo.

O primeiro passo realizado foi a desmontagem dos Braços Secundários (Figura 22), os mesmo foram separados para melhor visualização, e melhor manuseio da peça na realização dos testes de carga. Foram analisados visualmente, condições de oxidação, existência de alguma deformação acentuada e a possível existência de trincas na peça bruta ou em soldas existentes. Os parafusos de união foram limpos para retirada de oxidação superficial e analisados para a existência de algum dano nas roscas e deformações acentuadas.

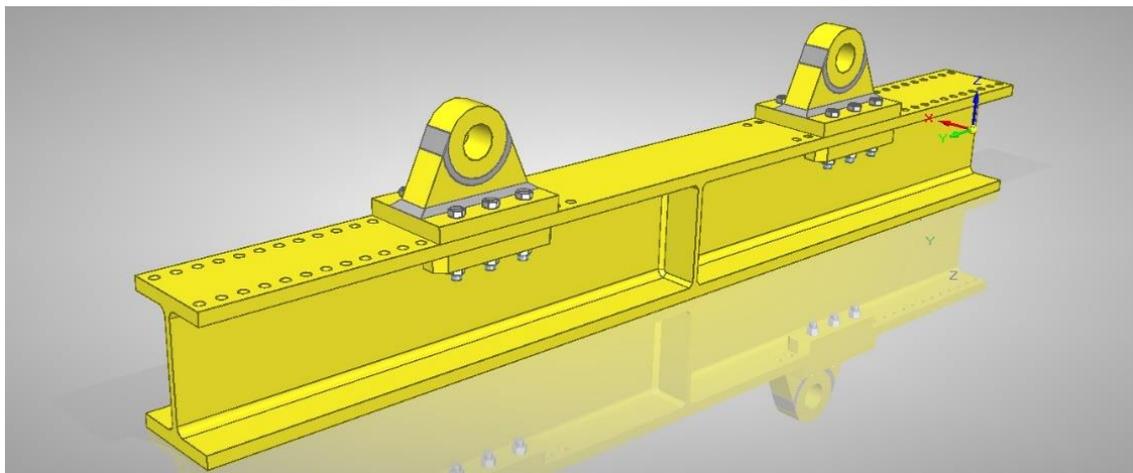
Figura 22 – Braço Secundário do Dispositivo de Içamento.



Fonte: próprio autor

O Braço Principal (Figura 23) do dispositivo de içamento, que possui dois olhais, foi também analisado visualmente. Foram analisados visualmente, condições de oxidação, existência de deformações acentuadas e a possível existência de trincas superficiais na peça bruta ou nas soldas existentes. O olhais do dispositivo não foram desmontados, pois os parafusos que o fixavam deveriam ser, também, certificados, já que os mesmos estão sendo sempre solicitados por cargas de tração em cada operação de içamento do dispositivo.

Figura 23 – Braço Principal do Dispositivo de Içamento.



Fonte: próprio autor

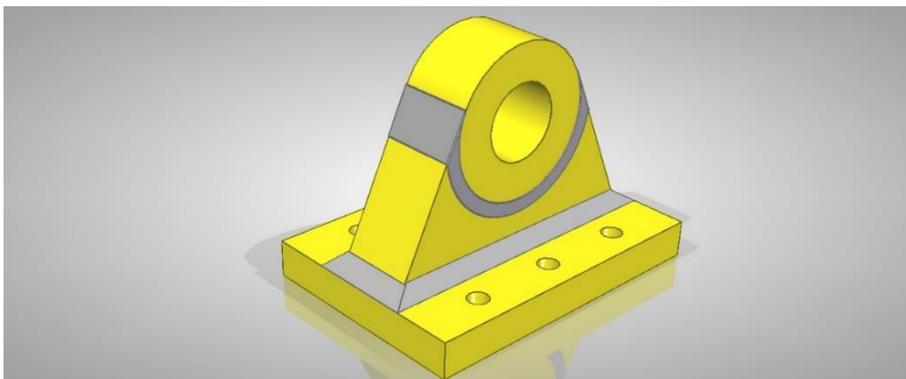
Os cabos de aço passaram por processo de inspeção visual para detecção de falhas, deformações e análise de oxidação, mas não foi encontrado nenhum dano estrutural que desqualificasse o uso em trabalho de içamento de algum deles. Os cabos de aço tipo laço fixados aos olhais superiores ainda se encontravam no prazo de validade de certificação pela empresa fabricante, então não foi necessário certificá-los. Foi realizado somente limpeza para retirada de oxidação superficial.

As manilhas também passaram por processo de inspeção visual para detecção de falhas, análise de oxidação superficial, análise das condições das roscas dos pinos travantes. Ao final do processo foi garantido que as manilhas se encontravam íntegras e capazes de serem utilizadas em trabalho de içamento de cargas.

5.1.2 Certificação dos Olhais Superiores

Os olhais superiores, representados na Figura 24, apresentam duas uniões soldadas, uma união completa soldada em sua base e uma união completa soldada em sua região superior. O olhal foi fabricado a partir do corte de uma chapa bruta de espessura igual a 4". Para certificação desse item foi realizado um ensaio por líquido penetrante e um ensaio por teste de carga de tração não-destrutivo. O ensaio por teste de carga de tração utilizou o Braço Principal por inteiro com o objetivo de analisar, também, a integridade estrutural dos elementos de fixação, parafusos, porcas e arruelas.

Figura 24 – Olhal superior do Dispositivo de Içamento.



Fonte: próprio autor

Figura 25 – Olhais Superiores limpos prontos para inspeção.



Fonte: próprio autor

5.1.2.1 Ensaio por Líquido Penetrante

Para a execução do ensaio por líquido penetrante dos olhais superiores do dispositivo de içamento, utilizou-se o procedimento PR-001, descrito pela ABENDE [4], que dita as condições a serem seguidas para a execução do ensaio não destrutivo por meio de Líquido Penetrante com o objetivo de detectar descontinuidades superficiais, método utilizado no Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em END - SNQC/END. Este procedimento tem como referência a norma ASME Seção V, edição 2004 [9].

Deixa-se claro que o ensaio por líquido penetrante é realizado após a conclusão do ensaio por teste de carga de tração em prensa hidráulica.

Para execução do ensaio foram utilizados o Penetrante Colorido (Tipo II) o Método A (lavável a água) e o Método C (removível com solvente).

A região soldada dos olhais de içamento superiores, destacados nas Figuras 26 e 27, foram totalmente limpas. Foi realizado a limpeza com o auxílio de escova de aço rotativa para a retirada da camada superficiais de tinta e oxidação. Após a limpeza mecânica com escova de aço rotativa a área soldada foi limpa com o auxílio de solvente para a retirada de possíveis óleos e graxas.

O ensaio foi realizado sobre 100% da área soldada, mais 20mm adjacentes para ambos os lados da solda, realizado sobre luz visível e executado em temperatura ambiente de aproximadamente 27°C.

O ensaio por líquido penetrante foi realizado por técnico habilitado e certificado para a realização do ensaio. O certificado foi exposto no ANEXO B desse trabalho.

Figura 26 – Olhal superior 01 (limpeza de olhais).



Fonte: próprio autor

Figura 27 – Olhal superior 02 (limpeza de olhais).



Fonte: próprio autor

Após a limpeza final utilizando solvente foi esperado 5 minutos para evaporação total do mesmo e aplicação do líquido penetrante.

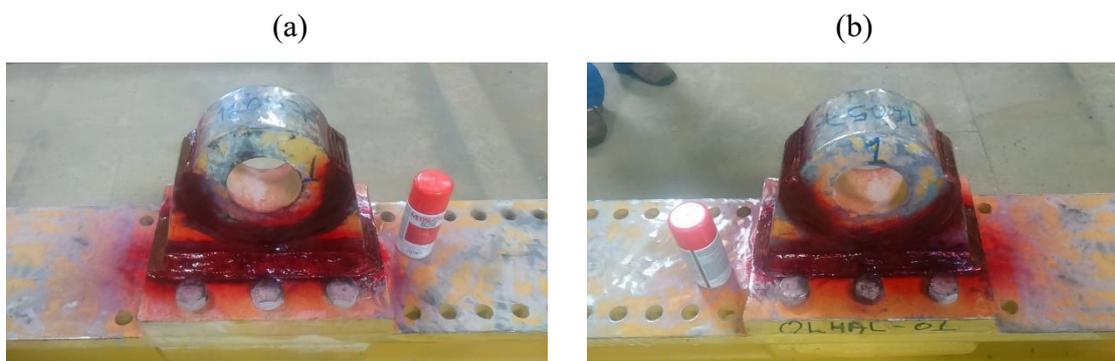
O líquido penetrante foi aplicado por meio de aerossol. O tempo de penetração foi de 15 minutos, obedecendo o tempo mínimo de 10 minutos e não sendo superior ao tempo máximo de 120 minutos.

O excesso de líquido penetrante foi retirado com o auxílio de água e em algumas regiões foi utilizado o removedor a base de solvente para melhor limpeza da região ensaiada. Após limpeza do líquido penetrante foi esperado mais cinco minutos para evaporação dos líquidos utilizados e aplicação do líquido revelador.

O revelador foi aplicado por meio de aerossol. Após aplicação do líquido revelador foi dado um tempo de 20 minutos para evaporação natural do mesmo e após o tempo dito foram feitas as análises do ensaio realizado.

Na Figura 28(a) e Figura 28(b), foi registrado a aplicação do líquido penetrante no olhal superior 01 em sua região anterior e posterior, respectivamente. O penetrante foi aplicado em toda região soldada, na parte frontal, posterior e laterais do olhal de içamento. A aplicação do penetrante tinha como objetivo fazer que o mesmo penetrasse nas discontinuidades, abertas para o meio externo, da região soldada.

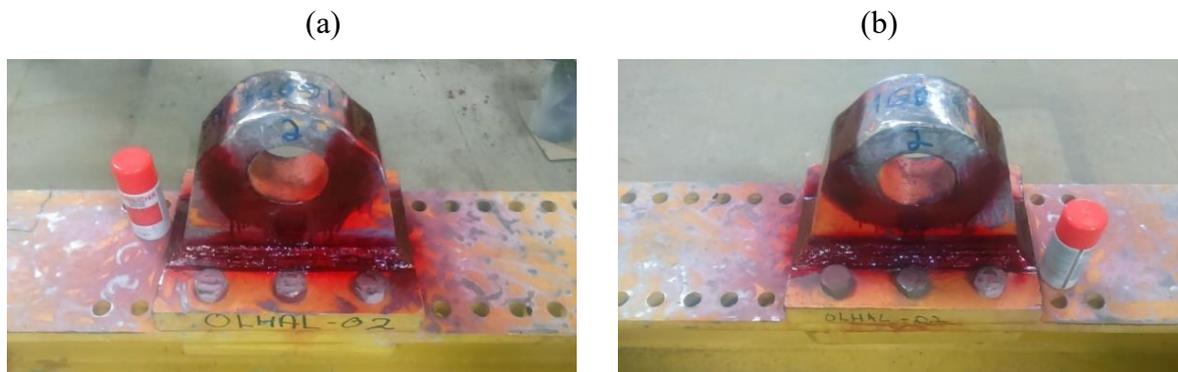
Figura 28 – olhal superior 01 (aplicação de líquido penetrante).



Fonte: próprio autor

Na Figura 29(a) e Figura 29(b), foi registrado o mesmo procedimento de aplicação de líquido penetrante realizado no olhal superior 01, agora submetido ao olhal superior 02 em sua região anterior e posterior, respectivamente. Pelo fato de serem iguais, o procedimento foi repetido e o penetrante foi aplicado em toda região soldada, na parte frontal, posterior e laterais do olhal de içamento. A aplicação do penetrante tinha como objetivo fazer que o mesmo penetrasse nas discontinuidades, abertas para o meio externo, da região soldada.

Figura 29 – olhal superior 02 (aplicação de líquido penetrante).



Fonte: próprio autor

As Figuras 30(a) e 30(b), registram o olhal superior 01 em sua região anterior e posterior, respectivamente, após a secagem do revelador, depois da limpeza superficial para retirada do excesso de penetrante. O revelador aplicado ao olhal superior 01 não registrou nenhuma descontinuidade nas soldas, o que garantiu a inexistência de nenhuma falha aberta para o meio externo.

Figura 30 – olhal superior 01 (aplicação de líquido revelador)



Fonte: próprio autor

As Figuras 31(a) e 31(b), registram o olhal superior 02 em sua região anterior e posterior, respectivamente, após a secagem do revelador, depois da limpeza superficial para retirada do excesso de penetrante.

Figura 31 – olhal superior 02 (aplicação de líquido revelador).



Fonte: próprio autor

Durante a fase de análise dos resultados mostrados pelo líquido revelador, foi notado que somente o olhal superior 02 apresentou poros superficiais. Os poros nas soldas foram mais notáveis no olhal 02 em sua região superior, como indicado na Figuras 31(a) e 31(b), acima.

Para o processo de retirada das falhas detectadas foi utilizado uma lixadeira elétrica com um disco de corte de $\text{Ø}4.1/2''$ para aço carbono. Com o auxílio da lixadeira foi realizado o corte da peça nas regiões das descontinuidades detectadas.

Após realização do corte com o objetivo de aprofundar a região, foi realizado um novo teste de líquido penetrante com o objetivo de detectar se as falhas haviam sido totalmente retiradas. Caso ainda existisse indicação de que os poros permaneciam deveria ser realizado um maior aprofundamento com o objetivo de retirá-los. Se o teste indicasse que não mais existisse a indicação de falhas deveria ser realizado um novo processo de soldagem na região aprofundada para torná-la semelhante a condição inicial existente.

Independentemente da quantidade de passos realizados para a retirada de cada falha detectada, as mesmas foram totalmente retiradas para que fosse garantido a integridade estrutural do equipamento e certificação do mesmo.

Após finalização dos ensaios por líquido penetrante os olhais foram limpos e totalmente pintados com tinta epóxi Amarelo Segurança com o objetivo de protegê-las contra qualquer danos por oxidação.

5.1.2.2 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo

Foi aplicado na Peça do dispositivo de içamento uma força de tração superior a 60tf em cada um dos dois olhais superiores. A carga aplicada visava simular o dispositivo em uma condição superior a carga suportada pelo mesmo em trabalho. Foi utilizado um fator de

segurança de 1,5 sobre a carga real de trabalho de cada olhal superior que é de 40tf, justificando assim, a carga utilizada no ensaio de tração.

Tal força foi reproduzida por um cilindro hidráulico, onde foi controlada a pressão para que a mesma tivesse um valor equivalente à força desejada. A força foi aplicada gradualmente para que pudesse ser verificada a estabilidade da Peça em ensaio.

Devido às dimensões da peça do dispositivo de içamento e a necessidade de aplicação de uma carga elevada para a execução do ensaio de tração, foi-se necessário a construção de um dispositivo adaptável ao olhal do dispositivo, como mostrado na Figura 32. O mesmo foi desenvolvido na própria empresa utilizando materiais lá existentes.

Segue abaixo os dispositivos e equipamentos utilizados no ensaio de tração:

- Prensa Hidráulica com cilindro de êmbolo de Ø100mm e camisa de Ø180mm;
- Manômetro analógico de 0 a 600Kg/cm² com certificação de calibração n°.0846/16 em anexo;
- Viga central do dispositivo de içamento com dois olhais similares a serem ensaiados.
- Suporte adaptável para ensaio de olhais.

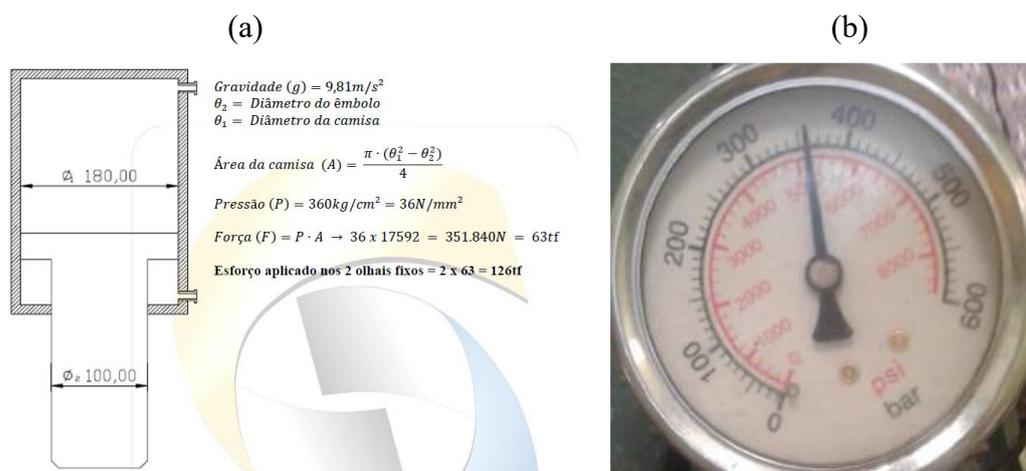
Figura 32 – Arranjo estrutural para ensaio de tração em olhais superiores.



Fonte: próprio autor

Após os olhais em ensaio serem devidamente fixados, foi ligada a bomba da prensa hidráulica e aplicado uma pressão média equivalente a 360kg/cm^2 , onde esta pressão equivale a um valor de 63tf em cada olhal central do Nacelle Lifting. Tal valor de pressão foi calculado e medido da seguinte forma descrita na Figura 33. A força para teste foi aplicada durante 30 segundos, aproximadamente.

Figura 33 – Pressão aplicada em Olhais Superiores.



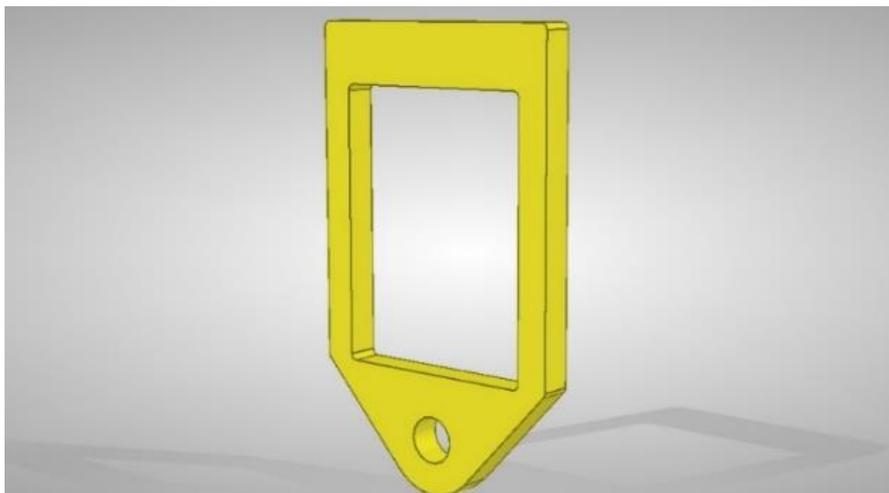
Fonte: próprio autor

Após finalização do teste de tração em prensa hidráulica dos olhais superiores, foi observado que os mesmos não sofreram e não apresentaram nenhuma deformação ou avaria na solda ou na sua estrutura, de forma que esses olhais foram aprovados para trabalhar no seu conjunto formado por um Nacelle Lifting com três peças em forma de H com um esforço equivalente total de 80tf, sem que haja qualquer deformação dos olhais ensaiados do dispositivo de içamento.

5.1.3 Certificação dos Olhais inferiores

O dispositivo de içamento Nacelle Lifting possui em sua estrutura quatro olhais inferiores (Figura34) similares que não apresentam nenhuma união por soldagem, pois os mesmos foram fabricados a partir do corte plasma de uma chapa bruta de espessura de 2''. Devido ao fato de esses olhais não apresentarem uniões soldadas não se fez necessário a realização de ensaios por líquido penetrante. Os mesmos foram limpos com escova de aço rotativa e examinados por um ensaio visual para detecção de alguma falha estrutural e depois submetidos a um teste de carga não destrutivo.

Figura 34 – Olhal inferior do Dispositivo de Içamento.



Fonte: próprio autor

5.1.3.1 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo

Foi aplicado na Peça do dispositivo de içamento uma força de tração superior a 30tf em cada um dos dois olhais inferiores. A carga aplicada visava simular o dispositivo em uma condição superior a carga suportada pelo mesmo em trabalho. Foi utilizado um fator de segurança de 1,5 sobre a carga real de trabalho de cada olhal inferior que é de 20tf, justificando assim, a carga utilizada no ensaio de tração.

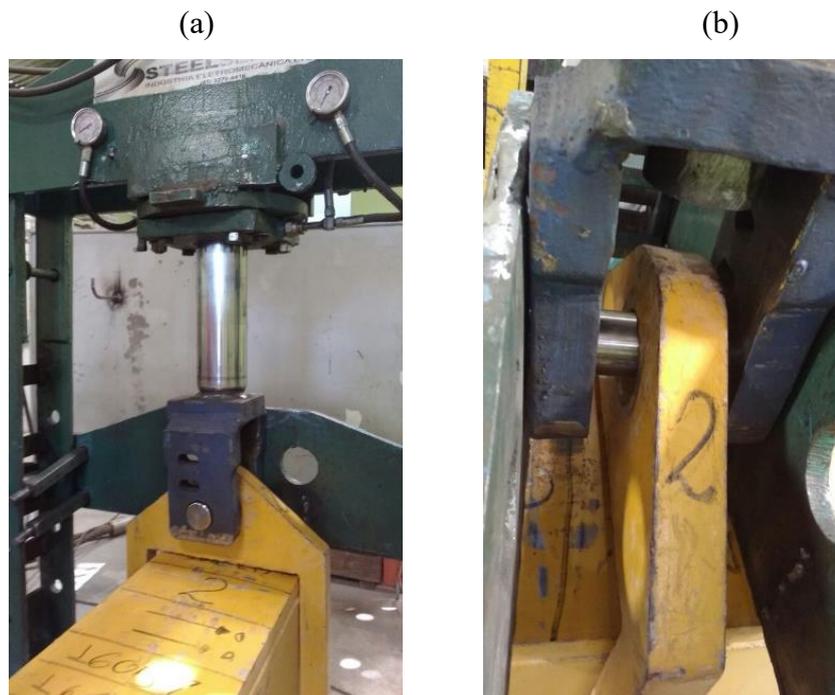
Tal força foi reproduzida por um cilindro hidráulico, onde foi controlada a pressão para que a mesma tivesse um valor equivalente à força desejada. A força foi aplicada gradualmente para que pudesse ser verificada a estabilidade da Peça em ensaio.

As dimensões e formato dos olhais ensaiados favoreceram a realização dos testes de carga na prensa hidráulica sem que fosse necessário a fabricação de nenhum elemento complementar de conexão entre o olhais ensaiados e a prensa hidráulica. O olhal foi somente fixado à prensa hidráulica através de um pino fabricado a partir de uma barra redonda de aço temperado. O arranjo estrutural do ensaio de tração dos olhais inferiores foi destacado na Figura 35.

Segue abaixo os dispositivos e equipamentos utilizados no ensaio de tração:

- Prensa Hidráulica com cilindro de êmbolo de Ø100mm e camisa de Ø180mm;
 - Manômetro analógico de 0 a 600Kg/cm² com certificação de calibração nº.0846/16 em anexo;
 - Vigas laterais do dispositivo de içamento com quatro olhais similares a serem ensaiados.
- Suporte adaptável para ensaio de olhais.

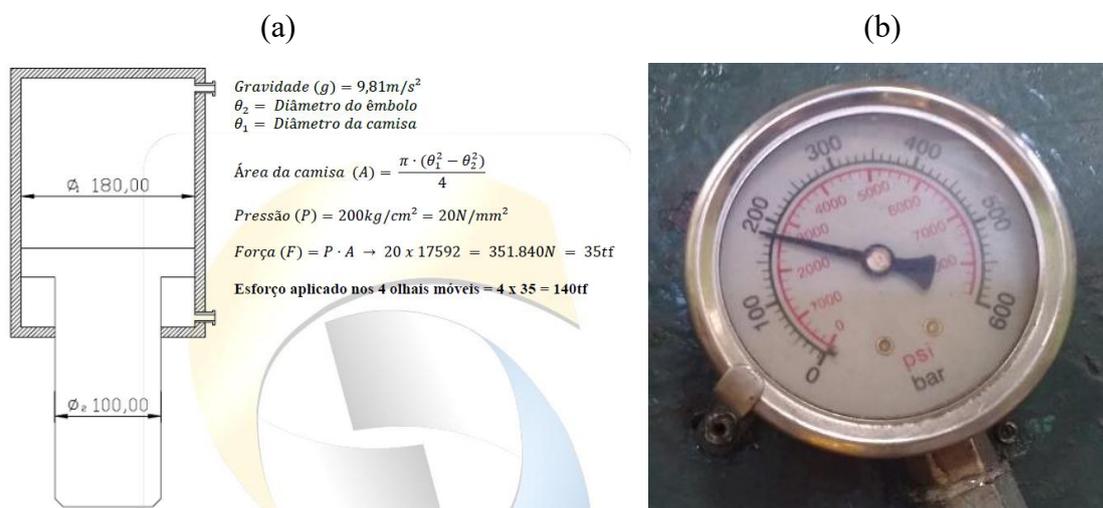
Figura 35 – Arranjo estrutural para ensaio de tração em olhais inferiores.



Fonte: próprio autor

Após os olhais em ensaio serem devidamente fixados, foi ligada a bomba da prensa hidráulica e aplicado uma pressão média equivalente a 200kg/cm², onde esta pressão equivale a um valor de 35tf em cada olhal central do Nacelle Lifting. Tal valor de pressão foi calculado e medido da seguinte forma descrita na Figura 36. A força para teste foi aplicada durante 30 segundos aproximadamente.

Figura 36 – Pressão aplicada em Olhais Inferiores.



Fonte: próprio autor

De forma equivalente aos olhais superiores, após finalização do teste de tração em prensa hidráulica dos olhais inferiores, foi observado que os mesmos não sofreram e não apresentaram nenhuma deformação ou avaria na sua estrutura, de forma que foram aprovados para trabalhar no seu conjunto formado por um Nacelle Lifting com três peças em forma de H com um esforço equivalente total de 80tf, sem que haja qualquer deformação dos olhais ensaiados do dispositivo de içamento.

5.1.4 Certificação das Manilhas e Cabos de Aço

O dispositivo de içamento Nacelle lifting faz o uso total de quatro cabos de aço e dez manilhas de duas cargas características. Em relação aos cabos de aço os mesmos foram totalmente inspecionados visualmente. Após inspeção visual e limpeza para retirada de oxidação dos cabos e manilhas os mesmos foram submetidos a teste de carga de tração não destrutivo.

5.1.4.1 Teste de carga (ensaio de tração) não destrutivo

Foi aplicado uma carga de tração superior a 38tf em cada um dos quatro cabos de aço de Ø2” x 9m e oito manilhas de 25t. Para certificação das duas manilhas de 55t foi aplicado uma carga de tração superior a 83tf. As cargas aplicadas visavam simular os componentes em uma condição superior as cargas suportadas pelas mesmas em trabalho real. Foi utilizado um fator de segurança de 1,5 sobre as cargas máximas de trabalho de cada componente que é de 25tf para os cabos e manilhas dos olhais inferiores e de 55tf para as manilhas dos olhais superiores, justificando assim, as cargas utilizadas nos ensaios de tração.

As forças foram reproduzidas por um cilindro hidráulico, onde foi controlada a pressão para que as mesmas tivessem um valor equivalente às forças desejadas. As forças foram aplicadas gradualmente para que pudesse ser verificada a estabilidade da Peças em ensaio.

Em relação ao ensaio de tração não destrutivo dos cabos de aço, devido os mesmos apresentarem um comprimento superior à altura da prensa hidráulica, foi-se necessário a construção de uma estrutura complementar para a devida fixação dos cabos e posterior realização do testes de carga. O arranjo estrutural do ensaio de tração dos cabos de aço foi destacado na Figura 37.

As dimensões das manilhas favoreceram a realização dos testes de carga na prensa hidráulica sem que fosse necessário a fabricação de nenhum elemento complementar de conexão entre os mesmos e a prensa hidráulica. As manilhas foram somente fixadas à prensa

hidráulica através de um pino fabricado a partir de uma barra redonda de aço temperado, como representado na Figura 38.

Segue abaixo os dispositivos e equipamentos utilizados no ensaio de tração:

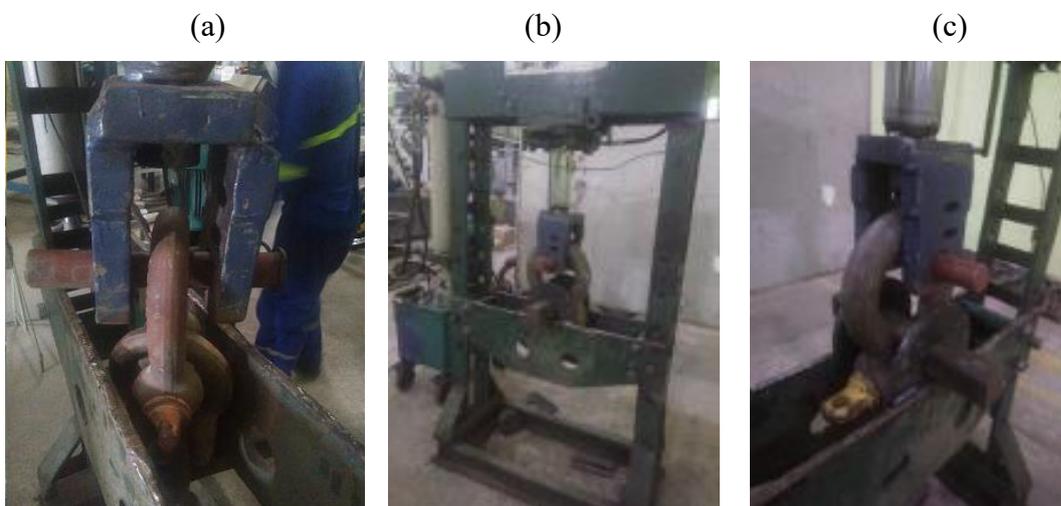
- Prensa Hidráulica com cilindro de êmbolo de $\text{Ø}100\text{mm}$ e camisa de $\text{Ø}180\text{mm}$;
- Manômetro analógico de 0 a 600Kg/cm^2 com certificação de calibração nº.0846/16 em anexo;
- Oito Manilhas de capacidade 25Ton., quatro Cabos de Aço de capacidade 25Ton. e duas Manilhas de capacidade de 55Ton.

Figura 37 – Ensaio de tração de Cabos de Aço Trançados de cap. 25Ton.



Fonte: próprio autor

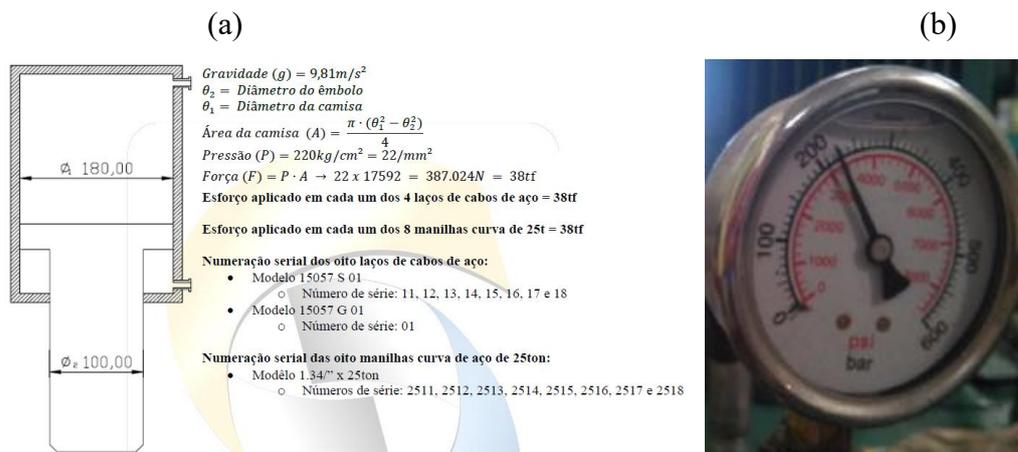
Figura 38 – Ensaio de tração de Manilhas de cap. 25Ton e 55 Ton.



Fonte: próprio autor

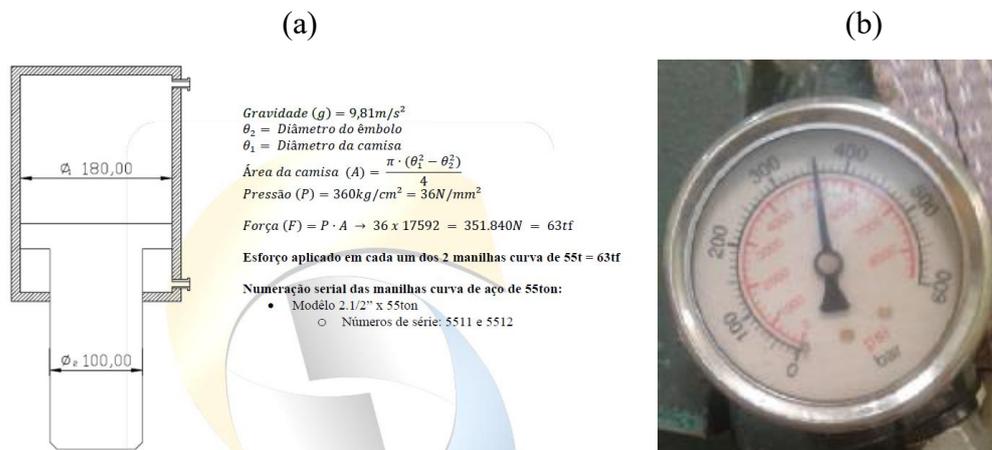
Após os olhais em ensaio serem devidamente fixados, foi ligada a bomba da prensa hidráulica e aplicado uma pressão média equivalente a 200kg/cm^2 , onde esta pressão equivale a um valor de 35tf em cada olhal central do Nacelle Lifting. Tal valor de pressão foi calculado e medido da seguinte forma descrita na Figura 39. A força para teste foi aplicada durante 30 segundos aproximadamente.

Figura 39 – Pressão aplicada em Cabos de Aço e Manilhas de 25Ton.



Fonte: próprio autor

Figura 40 – Pressão aplicada em Manilhas de 55Ton.



Fonte: próprio autor

Ao fim dos ensaios por teste de carga realizados foi observado que os cabos de aço e manilhas não sofreram e não apresentaram nenhuma deformação ou avaria em sua estrutura, de forma que os mesmos foram aprovados para trabalhar como peças essenciais no conjunto formado por um Nacelle Lifting que juntos suportam um esforço equivalente total de 80tf, sem que haja qualquer deformação ou dano de qualquer elemento do dispositivo de içamento.

5.2 Marcação e identificação de dispositivos certificados

Após as inspeções e testes de carga executados nos elementos constituintes do dispositivo de içamento Nacelle Lifting, os mesmos foram identificados com placas de identificação (Figuras 41, 42 e 43), que registram sua capacidade, peso bruto ou dimensão, número de série, modelo e mês e ano da última inspeção realizada. Essa identificação tem como objetivo garantir que os dispositivos foram inspecionados e certificados e que se encontram seguros para execução do trabalho de içamento a eles proposto. Abaixo, segue modelos das placas de identificação utilizadas para registrar os elementos certificados.

Figura 41 – Identificação de Nacelle Lifting 80Ton



Fonte: próprio autor

Figura 42 – Identificação de cabos de aço tipo laço 55Ton



Fonte: próprio autor

Figura 43 – Identificação de cabos de aço cap. 25Ton



Fonte: próprio autor

6 CONCLUSÕES

O ensaio por Líquido Penetrante foi eficaz na detecção de falhas superficiais nos olhais do Dispositivo de Içamento Nacelle Lifting. Porém, sabe-se que seu poder de detecção de falhas ou descontinuidades é apenas superficial.

A grande maioria dos dispositivos de içamento de carga apresentam em sua estrutura olhais fabricados a partir de chapas grossas com espessuras entre 1” e 4”. Para o processo de soldagem desses elementos é necessário a aplicação de vários cordões de solda que devem unir as peças soldadas com um única só.

Trincas, poros ou outras descontinuidades podem existir na parte interna dessas estruturas, comprometendo a segurança e integridade desses equipamentos. É necessário a utilização de outros ensaios não destrutivos como ultrassom, ensaio radiográfico ou outros que possam garantir a integridade estrutural interna desses equipamentos, garantia essa, não fornecida pelo líquido penetrante.

Podemos concluir que o ensaio por líquido penetrante não passa segurança na inspeção de falhas ou descontinuidades de olhais içamento, pois não se pode concluir nada sobre as condições internas do material.

Os testes de carga realizados em prensa hidráulica utilizaram um fator de segurança de 1,5 sobre a carga de trabalho de cada elemento ensaiado, sejam eles olhais, manilhas ou cabos de aço. As forças nos ensaios executados foram aplicadas gradualmente com o objetivo de analisar o comportamento da estrutura dos elementos em ensaio.

A norma brasileira da ABNT NBR 13545 que rege sobre Movimentação de Cargas com Manilhas, descreve que o ensaio de deformação para Manilhas deve utilizar uma carga de 2 vezes a carga de trabalho, registrada em cada elemento. O fator de segurança utilizado na recertificação das manilhas do dispositivo não foi superior sequer ao fator proposto pela norma brasileira especificada.

Podemos concluir que o fator de segurança aplicado aos elementos, ser somente de 1,5, torna o laudo de certificação do dispositivo um pouco inseguro e arriscado, já que o mesmo não atende as normas regulamentadoras.

Em relação aos testes de carga é importante discutir em relação ao tempo de aplicação das forças aplicadas nos ensaios de tração. Os dispositivos em operação levam, muitas vezes horas suportando sua carga de trabalho, devido ao peso, dimensão dos equipamentos e necessidade de montagem para em seguida liberação da carga. Na literatura normativa de outros

equipamentos que, também, suportam cargas, em ensaios de teste de carga, forças específicas são aplicadas por intervalos de tempo, por exemplo, entre 3 e 5 minutos.

A aplicação das forças nos teste de carga dos elementos foi de aproximadamente 30 segundos, tempo necessário para somente retirada de fotos dos manômetros que indicavam a pressão aplicada ao cilindro hidráulico. Não foi visualizado o comportamento da estrutura dos elementos ensaiados em uma aplicação de carga por um tempo mais extenso.

Podemos concluir, pelos fatos apresentados, que a aplicação instantânea de uma força em determinado olhal, cabo ou manilha não garante a sua integridade estrutural, ou capacidade de suportar uma carga mais elevada que a sua carga de trabalho, por um intervalo de tempo maior.

De forma geral, a certificação do Dispositivo Nacelle Lifting não garantiu segurança em relação ao fator confiabilidade da estrutura, pois os testes realizados deixam muitas reflexões, sobre o próprio processo, sem respostas. A certificação de um Dispositivo não deve gerar dúvidas sobre a sua capacidade de trabalho, mas fornecer segurança para sua utilização.

Com o objetivo de melhor certificar Dispositivos de içamento, deve ser realizado obrigatoriamente ensaios não destrutivos como o método por ultrassom, que detectam descontinuidades internas na estrutura do equipamento, garantindo assim, a total inspeção, por exemplo, de olhais soldados fabricados a partir de chapas de grande espessura.

Para execução dos testes de carga por tração em olhais de içamento, manilhas e cabos de aço, deve-se usar obrigatoriamente coeficientes de segurança maiores ou iguais a 2, sendo que as forças devem ser aplicadas durante um intervalo de tempo de 2 a 4 minutos. Coeficientes de segurança e tempos de aplicação maiores, garantem que a estrutura do Dispositivo de Içamento está segura para suportar sua carga máxima por um intervalo de tempo equivalente ao tempo de montagem do equipamento.

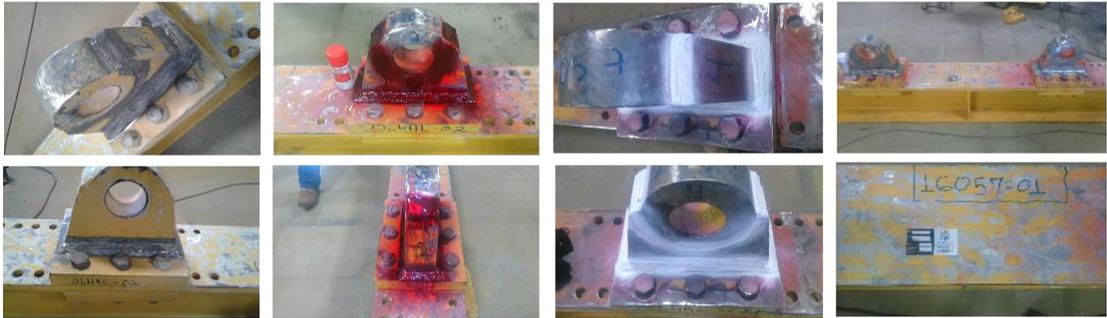
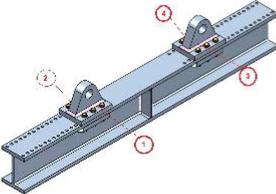
É de extrema importância que esses Dispositivos de Içamento sejam realmente certificados anualmente com o objetivo de garantir sua integridade estrutural e fornecer segurança e confiança para as pessoas que trabalham diretamente em suas operações.

REFERÊNCIAS

- [1] JUNIOR, Silvério Ferreira da Silva; MARQUES, Paulo Villani. Ensaio Não Destrutivos. Belo Horizonte, 2006.
- [2] Metal Check, Ensaio Não Destrutivos. Disponível em: <<http://www.metalchek.com.br/ensaios-nao-destrutivos/o-que-sao-ensaios-nao-estrutivos>>. Acesso em Outubro de 2017.
- [3] SAMPAIO, Raimundo. Curso de Inspeção de Equipamentos. Inspeção Visual. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA2agAE/apostila-inspecao-visua>> Acesso em Outubro de 2017.
- [4] ANDREUCCI, Ricardo. Líquidos Penetrantes. Abende, 2013.
- [5] ANDREUCCI, Ricardo. Partículas Magnéticas. Abende, 2009.
- [6] ANDREUCCI, Ricardo. Radiologia Industrial. Abende, 2009.
- [7] ANDREUCCI, Ricardo. Aspectos Industriais: Proteção Radiológica. Abende, 2013
- [8] ANDREUCCI, Ricardo. Aplicação Industrial: Ensaio por Ultrassom. Abende, 2009.
- [9] Código ASME Sec. V – Ed.2010, AD. 2011 – Nondestructive Examination.

ANEXOS

ANEXO A – RELATÓRIO DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO POR LÍQUIDO PENETRANTE

RELATÓRIO DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO LÍQUIDO PENETRANTE						 Fundação e tecnologia industrial, calibrada, solda e estrogo em peso	
OBRA: INSPEÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVO NACELLE LIFTING 80T						NORMA DE ACEITAÇÃO: ASTM E 165 e AWS D1.1 (Parte D 6.14.5)	
CLIENTE: SUZLON ENERGIA EÓLICA DO BRASIL LTDA						CONTRATO: 0026	
DESENHO: 16057						EQUIPAMENTO NACELLE LIFTING 80T	
PROCEDIMENTO: SS-PRLP-01							
EPS: GMAW-001/12		METAL DE BASE: ASTM A36				LOCAL DA INSPEÇÃO <input type="checkbox"/> REVESTIMENTO <input type="checkbox"/> RAIZ <input checked="" type="checkbox"/> SOLDA <input type="checkbox"/> METAL DE BASE <input type="checkbox"/> CHANFRO	
ESPESSURA: Varias		METAL DE ADIÇÃO: A5.18 ER70S6					
DIÂMETRO: N/A		LOTE:					
Solvente METAL - CHEK		Tempo de Aplicação 01 min.		Nome E 59		Lote Nº 22504	Validade 06/2018
Penetrante METAL - CHEK		15min.		VP 30		19706	01/2017
Revelador METAL - CHEK		20min.		D 70		22699	06/2018
DESCONTINUIDADES						REGIÃO INSPECIONADA	
JUNTA	SINETE	TIPO DE DESC.	LOCALIZAÇÃO (mm)	DIMENSÃO (mm)	LAUDO		
Junta 01	-	-	-	-	A	Solda (Peça 16057-1)	
Junta 02	-	-	-	-	A	Solda (Peça 16057-1)	
Junta 03	-	-	-	-	A	Solda (Peça 16057-1)	
Junta 04	-	-	-	-	A	Solda (Peça 16057-1)	
							
OBSERVAÇÃO: : Os ensaios de líquido penetrante está de acordo com os requisitos da norma AWS D.1.1 em 6.14.5 deste código e seguindo o método padrão estabelecido na norma ASTM E 165 e o padrão de aceitação de acordo com procedimento de inspeção SSPRLP-01 e seção 6, parte C do código AWS D1.1.							
LEGENDA TL – TRINCA LONGITUDINAL PA – POROSIDADE ALINHADA TT – TRINCA TRANSVERSAL PG – POROSIDADE AGRUPADA TR – TRINCA RAMIFICADA PR – POROSIDADE TI – TRINCA IRRADIANTE PO - PORO OUTROS				CROQUI 01 			
A – APROVADO R – REJEITADO NE – NECESSÁRIO EXAME COMPLEMENTAR N/A – NÃO APLICÁVEL							
RASTREABILIDADE							
RL. Anteriores:		RL. Detecção Nº 16057-1		RL. Remoção Nº 16057-1		RL. Aprovação Nº 16057-1	
INSPECTOR		CONTROLE DE QUALIDADE		FISCALIZAÇÃO		CLIENTE	
VIUNEI CABRAL RIBEIRO MECATRONICO CREA 0604053382		VIUNEI CABRAL RIBEIRO MECATRONICO CREA 0604053382					

Fonte: próprio autor

ANEXO B – CERTIFICADO DE TREINAMENTO PARA ENSAIO COM LÍQUIDO PENETRANTE

Certificado Treinamento de Ensaio com Líquido Penetrante

ASTM E 165 – Standard Practice for Liquid Penetrant Inspection Method

AWD D1.1 – End.2010 Structural Welding Code

Petrobrás N-1596 – Ensaio Não Destrutivo – Líquido Penetrante

Certifico que Alexssandro Teixeira Maia participou do Treinamento de Ensaio Não Destrutivo com Líquido Penetrante, carga de 08 (Oito) horas-aula, com abordagem dos temas constantes no verso, realizado no dia 06 de Abril de 2015 na Ceará Steel em Fortaleza – CE conforme procedimento SS-PRLP-01 aprovado por Luiz Shuiti Mikami NDT N3 – ASNT 65.402 / SNQC 0699.

Fortaleza/CE, 06 de Abril de 2015



Vinícius Cabral Ribeiro

Registro no CREA 060405538-2

Ceará Steel Indústria e Comércio Ltda.



Alexssandro Teixeira Maia

CPF.018.416.013-81

Técnico em Manutenção SENAI-CE



Conteúdo Programático

✳ **Regulamentação**

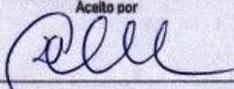
- ✳ ASTM E 165 – Standard Practice for Liquid Penetrant Inspection Method;
- ✳ AWS D1.1 – Ed.2010 Structural Welding Code;
- ✳ PETROBRAS – N-1596 – Ensaio Não Destrutivo – Líquido Penetrante.

✳ **Carga Horária**

- ✳ Normas e regulamentos aplicáveis aos ensaios com líquido penetrante;
- ✳ Materiais a serem ensaiados;
- ✳ Produtos a serem utilizados e qualificados;
- ✳ Condições dos Ensaio e preparação de superfície;
- ✳ Modo de preparação aplicação e remoção do líquido penetrante;
- ✳ Modo e tempo de secagem do líquido penetrante e do revelador;

Fonte: próprio autor

ANEXO C – NORMAS E MATERIAIS PARA ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE

	PROCEDIMENTO		SS-PRLP-01	
	ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS POR LÍQUIDOS PENETRANTES		REVISÃO: 00	FOLHA: 1/11
ELABORADO POR	APROVADO POR	DATA		
Kaio Frugoli Fernandes	Luiz Shuiti Mikami	18/09/2013		
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Este procedimento tem como objetivo padronizar a rotina da execução e critérios de aceitação dos ensaios por Líquidos Penetrantes.</p> <p>2. NORMA DE REFERENCIA</p> <p>Código ASME Sec. V - Ed.2010, Ad. 2011 - Nondestructive Examination Código ASME Sec. VIII - Ed. 2010, Ad. 2011 - Rules for Construction of Pressure Vessels - Division 1 ASTM E 165 - Standard Practice for Liquid Penetrant Inspection Method AWS D1.1 - Ed. 2010 Structural Welding Code PETROBRAS - N-1596 - Ensaio Não Destrutivo - Líquido Penetrante PETROBRAS - N-2370D - Líquido Penetrante - Especificação</p> <p>3. MATERIAIS À SEREM ENSAIADOS</p> <p>3.1 Materiais: aço carbono, aços liga, aço carbono baixa liga (até 6% de liga), aço inoxidável austenítico, aço inoxidável ferrítico, aço inoxidável martensítico, titânio, bronze, liga de níquel e alumínio. 3.2 Processo de Fabricação: laminados, juntas soldadas, fundidos e forjados 3.3 Formas: superfícies planas, chapas planas, juntas de ângulo em T e tubos com juntas circunferenciais.</p>				
Elaborado por Kaio Frugoli Fernandes ASNT - N2 - 1910 - UT-PT-VT-MT-RT	Aprovado por Luiz Shuiti Mikami NDT N3 - ASNT 68.402/ SNQC 0698/ TUV NORD 04-502-02476	Aceito por  VIUNEL CABRAL RIBEIRO CREA-CE 060405538-2		
<p>ESTE PROCEDIMENTO É DE PROPRIEDADE DA STEEL SERVICE. NÃO É PERMITIDA A SUA REPRODUÇÃO OU COMUNICAÇÃO A TERCEIROS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO.</p>				

Fonte: próprio autor

ANEXO D – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA PARA SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO DO DISPOSITIVO



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-CE

ART OBRA / SERVIÇO -
REGISTRO ANTES DO
TÉRMINO DA
OBRA/SERVIÇO
CE20160127020

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

INICIAL
INDIVIDUAL

1. Responsável Técnico

VIUNEI CABRAL RIBEIRO

Título profissional: **TECNICO EM ELETROTECNICA, TECNICO EM MECANICA**
Empresa contratada: **CEARÁ STEEL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA - ME**

RNP: **060405538-2**
Registro: **000045223-8**

2. Contratante

Contratante: **CEARÁ STEEL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA**
Avenida Deputado Paulino Rocha, 1979 Cajazeiras

CPF/CNPJ: **13.773.550/0001-95**
Nº:

Complemento:

Bairro:

Cidade: **FORTALEZA**

UF: **CE**

CEP: **60864311**

País: **Brasil**

Telefone: **(85)32794416**

Email: **gerencia@cearasteel.com.br**

Contrato: **060405538200034**

Celebrado em: **25/10/2016**

Valor: **R\$ 19.000,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA**

Ação Institucional: **NENHUMA - NÃO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

Proprietário: **SUZLON ENERGIA EÓLICA DO BRASIL LTDA**
AVENIDA Deputado Paulino Rocha

CPF/CNPJ: **08.146.882/0001-00**
Nº: **1979**

Complemento:

Bairro: **Cajazeiras**

Cidade: **FORTALEZA**

UF: **CE**

CEP: **60864311**

Telefone: **(85) 3265-1308**

Email: **cecilia.tavares@suzlon.com**

Coordenadas Geográficas: **Latitude: 0 Longitude: 0**

Data de Início: **31/10/2016**

Previsão de término: **30/11/2016**

Finalidade: **SEM DEFINIÇÃO**

4. Atividade Técnica

A3 - SUPERVISAO OU COORDENACAO

Quantidade

Unidade

04 - Supervisão > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> MATERIAIS -> #1340 - ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

2,00

un

17 - FISCALIZAÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - MECÂNICA -> ENGENHARIA DE QUALIDADE -> #2363 - QUALIDADE E CONFIABILIDADE

2,00

un

47 - CERTIFICAÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - MECÂNICA -> TECNOLOGIA MECÂNICA -> #2412 - INSPEÇÃO

2,00

un

46 - INSPEÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - MECÂNICA -> TECNOLOGIA MECÂNICA -> INSPEÇÃO -> #2416 - ESTRUTURA

2,00

un

46 - INSPEÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - MECÂNICA -> METALURGIA FÍSICA -> #2465 - SOLDAGEM

2,00

un

17 - FISCALIZAÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> #4106 - OBRAS E SERVIÇOS - SEGURANÇA DO TRABALHO

2,00

un

17 - FISCALIZAÇÃO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - MECÂNICA -> TECNOLOGIA MECÂNICA -> EQUIPAMENTOS/MÁQUINAS EM GERAL -> #5002 - TRANSPORTE VERTICAL

2,00

un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Serviços de inspeção e ensaios não destrutivos de dois dispositivos de içamento Nacelle Lifting com capacidade de 80ton com os números de série 16057-1 e 16057-2. Garantia de responsabilidade técnica até 09/11/2017.

6. Declarações

Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

VIUNEI CABRAL RIBEIRO - CPF: 201.910.303-68

Local _____ de _____ de _____
data

CEARÁ STEEL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA - CNPJ: 13.773.550/0001-95

9. Informações

* Somente é considerada válida a ART quando estiver cadastrada no CREA, quitada, possuir as assinaturas originais do profissional e contratante.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 195,96**

Pago em: **10/11/2016**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-ce.sitac.com.br/publico/>, com a chave: D27AyC
Impresso em: 10/11/2016 às 11:22:35 por: ip: 177.22.47.54

Fonte: próprio autor