

UNIVERSIDADE TIRADENTES

PEDRO WILLIAM NASCIMENTO SILVA

ESTRUTURAS METÁLICAS:

Metodologia para controle de conformidades

Aracaju

2018

PEDRO WILLIAM NASCIMENTO SILVA

ESTRUTURAS METÁLICAS:

Metodologia para controle de conformidades

Monografia apresentada à
Universidade Tiradentes como um
dos pré-requisitos para a obtenção
do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

ORIENTADORA: PROF. MSC. RENATA CAMPOS ESCARIZ

Aracaju

2018

PEDRO WILLIAM NASCIMENTO SILVA

ESTRUTURAS METÁLICAS:

Metodologia para controle de conformidades

Monografia apresentada à
Universidade Tiradentes como um
dos pré-requisitos para a obtenção
do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em ___ / ___ / ___

Banca Examinadora

Professor Orientador – Universidade Tiradentes
Prof^a. MSc. Renata Campos Escariz

Professor Examinador – Universidade Tiradentes
Prof^a. MSc. Raquel Alves Cabral Silva

Professor Examinador – Universidade Tiradentes
Prof^a. Dra. Denise de Jesus Santos

RESUMO

No Brasil o estudo sobre patologias em edificações ainda se restringe muito às construções convencionais, sendo poucas as pesquisas que tratam das manifestações patológicas em estruturas metálicas, visto que a construção com aço ainda é tida como uma nova tecnologia construtiva.

Ainda existe no mercado do país a ideia de que as estruturas metálicas não podem ser utilizadas em locais mais agressivos, com maresia por exemplo, porque sofrerão com desgaste por corrosão acelerada. Estes e outros tabus persistem principalmente pela falta de informação sobre o processo tecnológico da construção metálica, e de que existem meios de evitar ocorrências indesejadas na estrutura metálica, assim como existe para as estruturas mais usuais.

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa especializada em estruturas metálicas do estado de Sergipe, e teve como objetivo propor soluções para uma metodologia de controle de conformidades. Para isso, foram analisados 62 documentos internos relacionados aos problemas ocorridos nos últimos anos, referentes à 17 diferentes obras.

Da análise dos relatórios foram identificados onze tipos diferentes de não conformidades, sendo as mais recorrentes causadas nas atividades da fábrica. Além disso, para que as causas dos problemas fossem identificadas, foi realizada observação das atividades cotidianas nos setores de projetos, fábrica e montagem, analisando o passo a passo da execução, as ferramentas de gestão da qualidade utilizadas as relações entre os setores.

Ao final foram analisados os pontos falhos nos processos que podem ter sido causa das não conformidades identificadas, e foram feitas propostas de novas atividades e ferramentas dentro de cada setor para que haja maior confiabilidade nos processos.

Palavras Chave: estruturas metálicas, qualidade, projeto, fabricação, montagem.

ABSTRACT

In Brazil, the study of pathologies in buildings continues to be restricted to the first generations, with few studies dealing with pathological manifestations in metallic structures, since construction with steel is still a new constructive technology.

There is still in the market of the country the idea that metallic structures can not be used in more aggressive places, with sea air for example, because they will suffer with wear by accelerated corrosion. These and other taboos persist mainly because of the lack of information about the technological process of the metal construction, and that there are ways to avoid undesired occurrences in the metal structure, as it exists for the more usual structures.

This work was developed in a company specialized in metallic structures in the state of Sergipe, and had the objective of proposing solutions for a conformities control methodology. For this purpose, 62 internal documents related to the problems that occurred in the last years, related to the 17 different works, were analyzed.

From the analysis of the reports, eleven different types of nonconformities were identified, the most recurrent ones being caused in the factory activities. In addition, in order to identify the causes of the problems, an observation was made of the daily activities in the project, plant and assembly sectors, analyzing the step by step of the execution, the quality management tools used the relations between the sectors.

At the end, we analyzed the flaws in the processes that may have been the cause of the nonconformities identified, and proposals were made for new activities and tools within each sector so that there is greater reliability in the processes.

Keywords: metal structures, quality, design, manufacture, assembly.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da evolução na participação dos setores consumidores de aço...	14
Figura 2 – Fluxograma do processo de execução das estruturas metálicas	16
Figura 3. Detalhes geométricos em estruturas metálicas.....	19
Figura 4. Detalhes das bases de pilares metálicos	22
Figura 5. Detalhes construtivo da laje steel deck	23
Figura 6 a) Flambagem local da mesa. b) Flambagem local da alma.	29
Figura 7 – Flambagem lateral com torção.....	30
Figura 8: Comparativo entre vigas e lajes sem ação mistas e com ação mista.	30
Figura 9: Exemplo de diagrama de Causa e Efeito elaborado em uma fábrica.....	33
Figura 10: Símbolos para elaboração de fluxogramas	34
Figura 11: Exemplo de diagrama de Pareto elaborado em uma fábrica	36
Figura 12: Exemplo de histograma elaborado em uma construtora	36
Figura 13: Exemplo de gráfico de controle.....	37
Figura 14: Exemplo de gráfico de dispersão	38
Figura 15: Modelo do RNC utilizado na empresa.....	40
Figura 16: Fluxograma do processo atual no Setor de Projetos.....	42
Figura 17: Fluxograma do processo atual da Fábrica	44
Figura 18: Exemplo de peça assembled.	45
Figura 19: Fluxograma do processo atual do Setor de Montagem.....	47
Figura 20: Chumbadores com gabarito para chapas de base.....	48
Figura 21: Detalhe nos chumbadores mostrando as porcas e contraporcas.	49
Figura 22: Análise dos relatórios de não conformidades de 2016 a 2018.....	51
Figura 23: Exemplo de RNC com posicionamento incorreto de elementos nas peças	52
Figura 24: Exemplo de RNC com material danificado.....	53
Figura 25: Exemplo de RNC com reclamação sobre corrosão.....	54
Figura 26: Exemplo de RNC com deformação excessiva em terças.....	55
Figura 27: Exemplo de RNC com deformação excessiva em viga.....	56
Figura 28: Fluxograma do processo proposto para o Setor de Projetos.	58
Figura 29: Fluxograma do processo proposto para a Fábrica.....	60
Figura 30: Fluxograma do processo proposto para a Montagem.....	63
Figura 31: Exemplo de adaptação do <i>steel deck</i> para fixação dos pinos.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise SWOT para o setor de estrutura metálica.....	14
Quadro 2 – Categorização da corrosividade por ambiente.	25
Quadro 3 – Descolamentos máximos recomendados.....	28
Quadro 4 – Relação de ocorrências por obra.....	39

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Ficha de Visita Prévia	73
APÊNDICE 2 – Ata de Reunião de Detalhamento	74
APÊNDICE 3 - Relatório de Qualidade da Fabricação.....	75
APÊNDICE 4 – Relatório de Conferência de Locação das Bases	76
APÊNDICE 5 – Relatório de Qualidade da Obra.....	77
APÊNDICE 6 – Vistoria Final de Obra	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVO GERAL:	12
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	13
2.2. PROCESSO TECNOLÓGICO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	15
2.2.1. Procedimentos de dimensionamento.....	17
2.2.2. Procedimentos de detalhamento	18
2.2.3. Procedimentos de fabricação	20
2.2.4. Procedimentos de montagem.....	21
2.3. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS	23
2.3.1. Corrosão metálica.....	24
2.3.2. Deformações excessivas.....	27
2.3.3. Flambagem local e global.....	28
2.3.4. Deformações e fissuras em lajes steel deck.....	31
2.3.5. Corrosão e infiltração em telhas metálicas	31
2.4. GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	32
2.4.1. Diagramas de causa e efeito	33
2.4.2. Fluxogramas	34
2.4.3. Folhas de verificação.....	35
2.4.4. Diagramas de Pareto.....	35
2.4.5. Histogramas.....	36
2.4.6. Gráficos de controle.....	37
2.4.7. Diagramas de dispersão	37
3. METODOLOGIA	39
3.1. OBJETO DE ESTUDO	39
3.2. ESTUDO DE CASO	39
3.2.1. Setor de projetos	41
3.2.2. Fábrica.....	43
3.2.3. Setor de Montagem	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51

4.1. NÃO CONFORMIDADES IDENTIFICADAS	51
4.2. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA CONTROLE DE CONFORMIDADES	57
4.2.1. Setor de Projetos	57
4.2.2. Fábrica.....	59
4.2.3. Montagem.....	62
5. CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICES.....	73

1. INTRODUÇÃO

A competitividade acirrada entre as empresas de construção civil tem como um dos seus efeitos benéficos o surgimento de novos materiais e tecnologias construtivas para os clientes. Tais inovações trazem ganhos em economia, qualidade, modernidade e sustentabilidade para o desenvolvimento de novos projetos. Como tendência mundial, a utilização de estruturas metálicas para a construção de edifícios vem crescendo no Brasil, visto que traz consigo os ganhos mencionados anteriormente (SILVA, 2012).

No entanto, a utilização de estruturas metálicas tem despontado no Brasil tardiamente, em comparação com os países mais desenvolvidos, havendo muita resistência no mercado, visto que traz consigo ainda muitas dúvidas sobre a execução, inclusive no que diz respeito à qualidade e no atendimento aos requisitos estabelecidos pelo cliente (CASTRO, 1999).

Raad (1999) afirma que é importante que seja compreendido e difundido todo o processo de execução das estruturas metálicas e que se identifiquem as relações existentes entre as atividades. Com esse conhecimento fica mais fácil encontrar soluções para perceber e reduzir os impactos negativos que possam ocorrer. Guarnier (2009) corrobora com esse pensamento, e afirma que o ensino sobre estrutura metálica nas faculdades ainda é muito superficial, fato que dificulta a difusão na utilização das estruturas metálicas no país.

Silva (2012) acredita que ainda existem muitos tabus em relação a utilização do aço na construção civil, principalmente em relação ao desgaste por corrosão. Porém, estruturas mais convencionais como o concreto armado também estão sujeitas a patologias diversas caso não tenham sido bem concebidas ou executadas, sendo de extrema importância que as causas das patologias metálicas sejam identificadas e divulgadas.

Para que as ocorrências das patologias sejam mitigadas, é importante que se trate o problema na causa e não apenas por meios corretivos. Assim, é imprescindível que se tenha uma visão ampla de todo o processo produtivo desde a concepção à entrega final da estrutura, só desta forma será possível identificar onde e como os problemas acontecem (SACCHI E SOUZA, 2016).

1.1.OBJETIVO GERAL

Propor uma metodologia para avaliar a conformidade de estruturas metálicas, desde o projeto de fabricação à entrega final.

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as patologias e acidentes mais recorrentes em obras de estruturas metálicas;
- Identificar os níveis de inspeção de qualidade no projeto, fabricação e montagem das estruturas metálicas;
- Propor uma metodologia de gestão para o acompanhamento de obras em estruturas metálicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

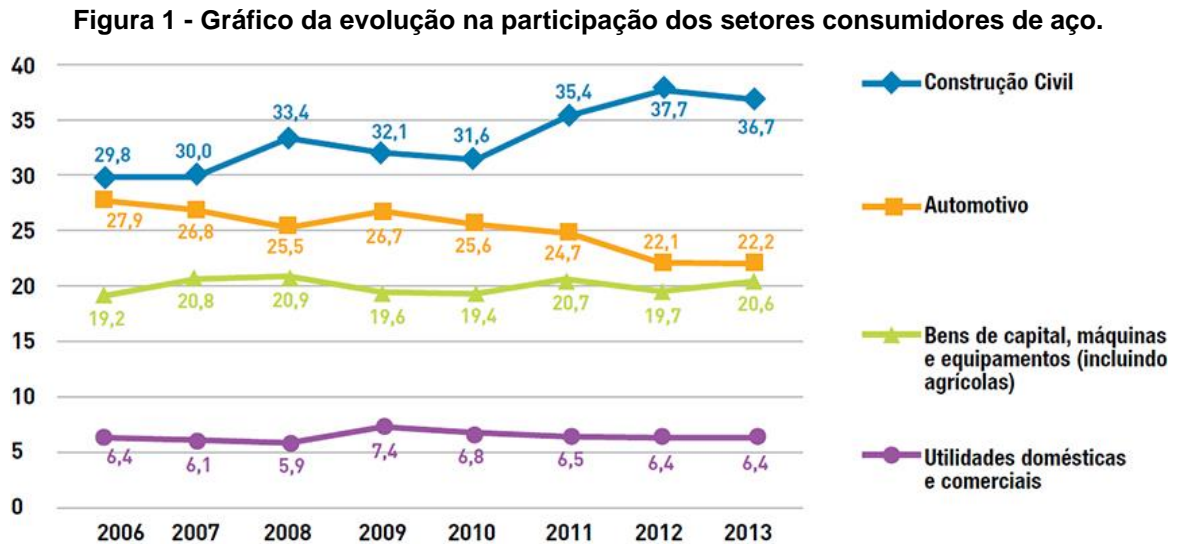
A falta de conhecimento sobre uma nova tecnologia faz com que o homem tenda a desconfiar e depreciar os seus resultados, vindo até mesmo a dificultar a sua propagação na região. No entanto, quando passa a conhecer e dominar a técnica, passa a adotá-la no seu cotidiano chegando até mesmo a desenvolver soluções inovadoras com este novo método. Com as estruturas metálicas ainda ocorre situação parecida. A difusão do conhecimento sobre o concreto armado ainda faz boa parte dos construtores desconfiarem da eficiência e durabilidade das estruturas metálicas (CASTRO, 1999).

A evolução na criação e aperfeiçoamento de materiais, a definição de novos métodos relacionados ao projeto e execução de obras, e a concorrência cada vez maior entre as construtoras geraram mudanças consideráveis na forma de construir. A construção, antes artesanal, passou a utilizar os conceitos de montagem influenciados pela indústria, onde os materiais são acoplados uns aos outros, reduzindo a necessidade de cortes e desperdícios no canteiro (CASTRO e MICHALKA, 2004).

A construção em aço tem início há aproximadamente 200 anos na Inglaterra, onde obteve grande evolução nas técnicas de dimensionamento e execução. No Brasil, a sua utilização iniciou-se entre o final do século XIX e início do século XX com ênfase em construções industriais, principalmente devido a falta do produto no mercado nacional. Em 1946 foi criada a CSN, Companhia Siderúrgica Nacional, e com fabricação nacional, a utilização de estrutura metálica foi cada vez mais impulsionada para atender ao mercado da construção (INABA e COELHO, 2015).

De acordo com Faleiros *et al.* (2012), em uma análise de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, os desembolsos do BNDES destinados a empresas do setor de construção metálica saltaram de cerca de R\$ 6 milhões em 2001 para mais de R\$ 156 milhões em 2010. Estes dados evidenciam que o processo de industrialização da construção, com a utilização das estruturas metálicas, está de fato ocorrendo no país, corroborando com a pesquisa realizada por Inaba e Coelho

(2015), na qual se percebe o crescimento da participação da Construção Civil na utilização do aço, em relação aos demais setores consumidores, saindo de 29,8% em 2006 para 36,7% em 2013, conforme Figura 1.



Fonte: Inaba e Coelho (2015)

Para entender o porquê do crescimento na utilização das estruturas metálicas no país e analisar a possível continuidade no ritmo de crescimento, a ABCEM (2010) ilustra o potencial mercadológico da construção metálica. Conforme o Quadro 1, foram apresentados os pontos fortes e fracos do produto e da cadeia produtiva, bem como as oportunidades e as ameaças que o mercado pode oferecer para estes construtores.

Quadro 1 – Análise SWOT para o setor de estrutura metálica

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Resistência e segurança	Cadeia de produção
Reciclável	Pouca conscientização do consumidor
Flexibilidade no projeto	Falta de mão de obra qualificada
Fornecimento local	Falta de infraestrutura
Imagem de material mais sustentável	
Alta velocidade de construção	
Precisão dimensional	
Baixa geração de resíduos	
Oportunidades	Ameaças
Mercado amplo com pequena participação do aço	Possibilidade de não ser um material "local"
Necessidade crescente de moradias	Falta de análise econômica
Ambiente receptivo a soluções construtivas com menor impacto ambiental (economia de água e energia, menos resíduos, maior segurança no canteiro de obras.	Esforços de desenvolvimento do mercado de substitutos
	Falta de conhecimento de outros materiais
	Cultura no uso de concreto e madeira

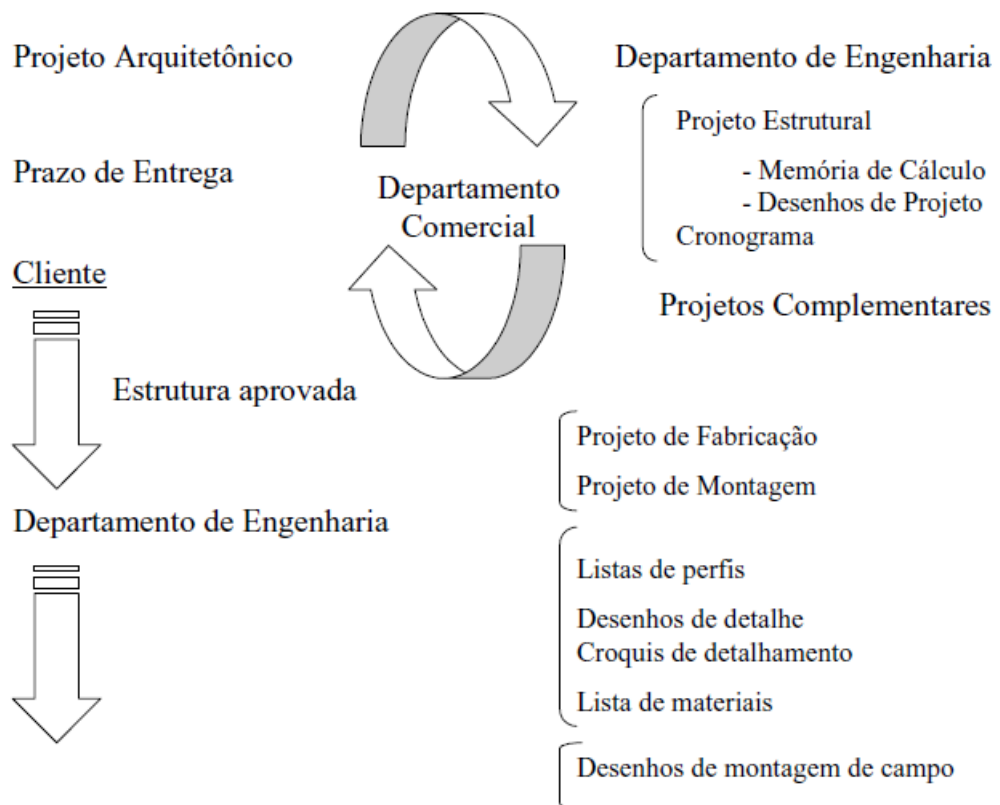
Fonte: adaptado de Construção Metálica (2010).

2.2. PROCESSO TECNOLÓGICO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

A construção convencional ainda é muito utilizada no Brasil, no entanto, tem como características a baixa produtividade, com procedimentos pouco automatizados, altos custos, muito desperdício, alta variabilidade na qualidade dos produtos e serviços, e baixa performance ambiental. Como consequência, amplia-se o potencial da construção industrializada no mercado brasileiro, visto que permite melhores soluções em relação ao custo benefício, com redução de desperdícios, melhoria na qualidade e redução de resíduos (SILVA, 2015).

Dal´Bó e Sartorti (2012) afirmam que as estruturas metálicas se mostram como uma excelente opção para a industrialização da construção civil. Tal afirmativa se confirma pela facilidade de adaptação e versatilidade na concepção e montagem, bem como no aumento da qualidade e no desempenho ambiental, visto que as peças são produzidas na fábrica e levadas para a obra já prontas, sendo necessária apenas a montagem na obra, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo de execução das estruturas metálicas



TRABALHOS DE FÁBRICA:

Suprimento, manuseio e corte do material

Fabricação ou aquisição de perfis

Traçagem

Usinagem

Montagem

Parafusagem e ou Soldagem

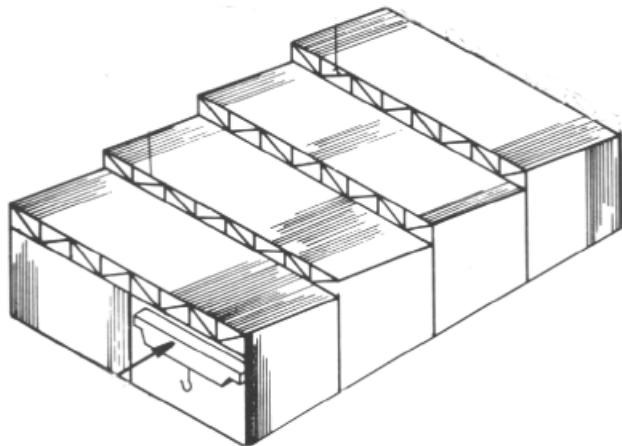
Desempeno à quente

Inspenção

Acabamento

Limpeza e pintura

Embarque



Fonte: Raad (1999)

Para o início das atividades do contrato, o cliente deve encaminhar os projetos arquitetônicos, e demais informações que serão analisadas no departamento de engenharia, onde será desenvolvido o cálculo estrutural, primeira etapa do processo. Definidos os materiais a serem utilizados para a composição dos elementos estruturais, as informações são encaminhadas para a segunda etapa, ainda dentro do

departamento de engenharia, o detalhamento dos projetos. Nesta etapa, são elaborados os croquis de fabricação de cada peça e os projetos de montagem dos elementos estruturais na obra (ABCCEM, 2010).

A lista de materiais, output do cálculo estrutural e do detalhamento de fabricação, é entregue ao setor de suprimentos, que deve providenciar a chegada dos materiais de acordo com o cronograma estabelecido com o cliente. Ao chegar, os materiais devem passar pela inspeção de conformidade do setor de suprimentos, e ser armazenados de acordo com as orientações dos fornecedores (ABCCEM, 2010).

Os materiais são encaminhados para a fábrica e passam por todos procedimentos de industrialização necessários. O corte, a dobra e a furação, podem ser feitos com equipamentos manuais ou através de máquinas automáticas, utilizando as informações do detalhamento de projetos. Os produtos desse processo são encaminhados para a caldeiraria (GUARNIER, 2009).

Na caldeiraria, são realizados os procedimentos de traçagem e usinagem. No procedimento de traçagem os caldeireiros e montadores marcam nas peças os locais onde deverão ser unidas as partes como peças de quebra-cabeças, bem como posições onde deverão ser realizados os procedimentos de usinagem, furação manual, abertura de roscas, desbaste, entre outros (RAAD, 1999).

Com as partes das peças já posicionadas onde deverão ser unidas, estas passam por inspeção de qualidade, e seguem para o setor de soldagem. A solda deve ser realizada por profissionais qualificados e com o processo e materiais consumíveis adequados a cada caso, devendo observar sempre as orientações do setor de projetos. Os elementos estruturais já soldados, seguem para os procedimentos de acabamento que são o lixamento, jateamento de superfície e pintura (GUARNIER, 2009).

2.2.1. Procedimentos de dimensionamento

O projeto executivo é um documento, um conjunto de desenhos e memória de cálculo que definirá toda a estrutura. No cálculo estrutural são dimensionados todos os elementos estruturais, todas as ligações e demais peças (“acessórios”). Nele, também são definidos cortes, arestas, espessura de solda, diâmetro de furos, diâmetros de parafusos, além do posicionamento de todos (PALATNIK, 2011).

Para o desenvolvimento do cálculo, é necessária a definição precisa da geometria do projeto, qual será utilização de cada ambiente, níveis de cada pavimento, enfim, que o projeto arquitetônico esteja concluído e detalhado. A ABCEM (2010) recomenda que o projetista forneça o memorial de cálculo informando as cargas consideradas, o método de cálculo utilizado, devendo obedecer a NBR 8800 e os documentos contratuais.

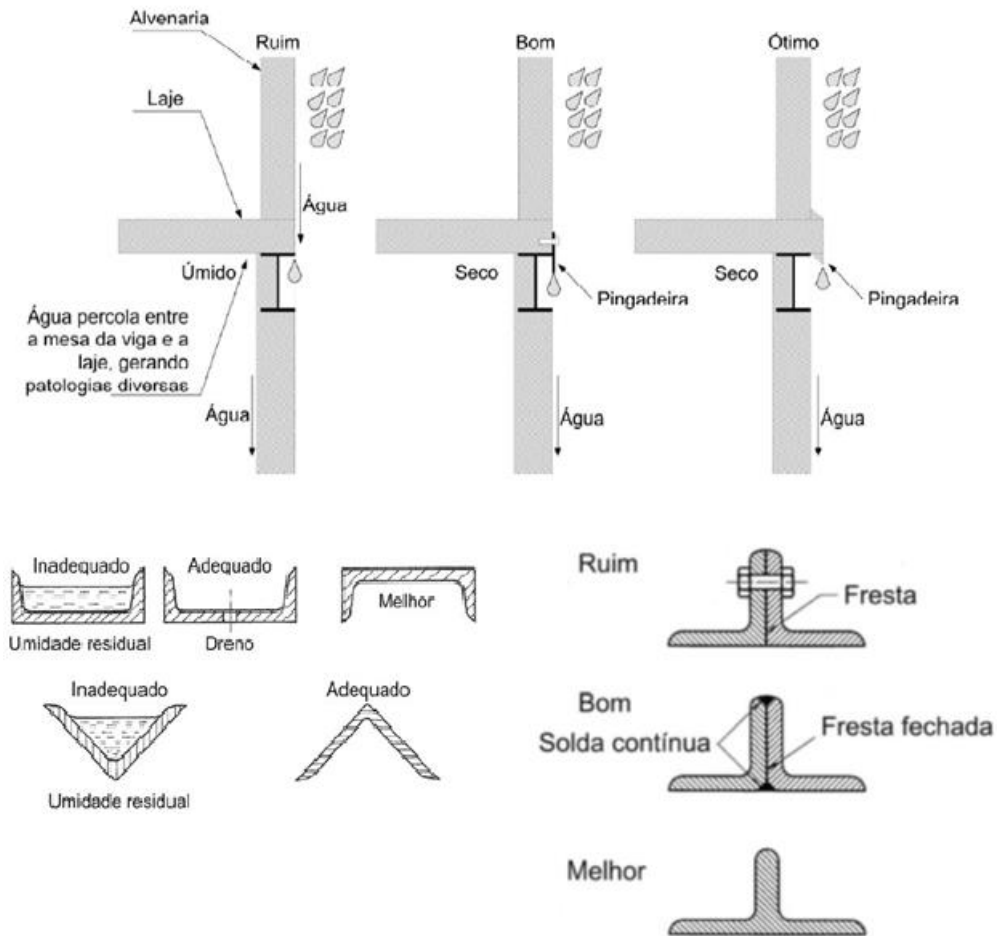
De acordo com Guarnier (2009), as saídas do processo de dimensionamento da estrutura metálica deve conter o memorial de cálculo, lista de materiais (perfis, chapas, cantoneiras, etc), lista de parafusos, ligações entre os elementos com indicação do tipo de solda a ser utilizada e planta de bases com as reações para cálculo de fundações. Guimaraes (2016) também recomenda que seja realizado o dimensionamento das lajes mistas steel deck, incluindo as armaduras adicionais.

2.2.2. Procedimentos de detalhamento

Feito o dimensionamento da estrutura, deve ser elaborado o modelo da estrutura metálica para aprovação. Visto que esta modelagem servirá também para a compatibilização entre os demais projetos da obra, BORDIN *et al* (2016) afirmam que a projeção tridimensional facilita na identificação prévia de interferências entre os elementos em todos os planos da estrutura. Além da compatibilização mais clara, os projetos em 3D tornam mais simples a visualização da obra para planejamento logístico da fabricação, transporte e montagem, como pode ser visto na Figura 3.

Além de representar a estrutura de maneira fiel ao dimensionamento, na fase de modelagem se deve observar as posições das peças considerando a sua forma geométrica. Essa maior atenção tem como finalidade atender às restrições de acesso na montagem e posteriormente na manutenção do sistema estrutural. Além disso, e não menos importante, PANNONI (2009) afirma que é indispensável pensar no controle de corrosão da estrutura também nas fases de modelagem e detalhamento, dentre os itens a verificar estão os arranjos geométricos que evitem o acúmulo de água.

Figura 3. Detalhes geométricos em estruturas metálicas



Fonte: Pannonni (2009)

Finalizada a modelagem, o fabricante deve repassar o modelo da estrutura para análise e aprovação do cliente. De acordo com as práticas recomendadas pela ABCEM (2010), o cliente deve analisar as inconsistências que possam vir a comprometer o desenvolvimento da obra como um todo, solicitando ajustes que forem indispensáveis, no entanto, após aprovação o fabricante não fica eximido da sua responsabilidade quanto à precisão das dimensões das peças ou pelo ajustamento perfeito durante a montagem dos conjuntos.

A partir da aprovação da modelagem pelo cliente, como qualquer produto industrializado, é necessário o desenvolvimento do projeto de fabricação das estruturas. Conforme preconiza a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008) na NBR 8800, os projetos de fabricação devem traduzir com fidelidade os dados contidos no projeto de dimensionamento, fornecendo informações completas para a confecção de todos os elementos partes da estrutura. Isto deve incluir as especificações dos materiais a serem utilizados, posicionamento das peças,

todas as furações com indicação de posicionamento e diâmetro, tipos e dimensões dos parafusos e soldas a serem realizadas.

Os projetos de fabricação são extraídos do modelo da estrutura. Para isso a estrutura é dividida em conjuntos que são definidos principalmente de acordo com as restrições de transporte e montagem. As pranchas dos conjuntos serão enviadas para a fábrica com todas as informações para que as equipes de caldeiraria consigam identificar as suas partes e as posições de soldagem. Para a fabricação das partes são elaborados os croquis de peças, e cada peça deve conter uma marca individual (GUARNIER, 2009).

Para que os conjuntos sejam montados nas posições corretas na obra, é essencial a elaboração dos detalhamentos de montagem. A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008) recomenda que os projetos de montagem devam trazer as dimensões principais da estrutura, e as dimensões de suas partes, as marcas das peças e dos conjuntos de elementos, elevação nas placas de base de pilares e informações sobre os elementos de ligação, se serão utilizados chumbadores, parafusos ou solda em obra. É importante também que sejam indicados os elementos temporários que sejam essenciais a integridade da estrutura durante a montagem.

2.2.3. Procedimentos de fabricação

Após a compreensão das necessidades do cliente, da realização dos projetos e compra dos materiais, iniciam-se as atividades de fábrica. O processo deve começar sempre com a programação dos serviços a ser desenvolvida pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção). Serão definidas as sequencias de entradas e saídas de acordo com as prioridades nos cronogramas de contrato (RAAD, 1999).

A ABCEM (2010) recomenda que no projeto de fabricação cada peça a ser confeccionada deve conter uma identificação, seja por punção ou com marcadores industriais. Estas marcas facilitarão a identificação e evitarão a troca acidental dos elementos estruturais na fábrica, no embarque e na obra.

O manuseio dos materiais ocorrerá de acordo com as necessidades de cada peça, sendo os principais procedimentos fabris o corte, a furação, a dobra, a soldagem e a pintura. Os métodos utilizados para o desempenho dessas atividades variam de acordo com a capacidade e disponibilidade dos equipamentos do fabricante. No

entanto, em todos os casos, deverão ser implantados procedimentos de inspeção do material fabricado (GUARNIER, 2009).

De acordo com Sacchi e Souza (2016), o trabalho desenvolvido em uma fábrica de estruturas metálicas deve se sujeitar a diversos métodos de inspeção. A fábrica deve implantar métodos de controle da qualidade das peças, de modo a garantir que as exigências previstas em projeto e em normas sejam atendidas. As inspeções devem ocorrer no recebimento da matéria prima, durante os procedimentos de fabricação e durante a montagem na obra, sendo realizadas por profissionais qualificados dentro das suas áreas de inspeção.

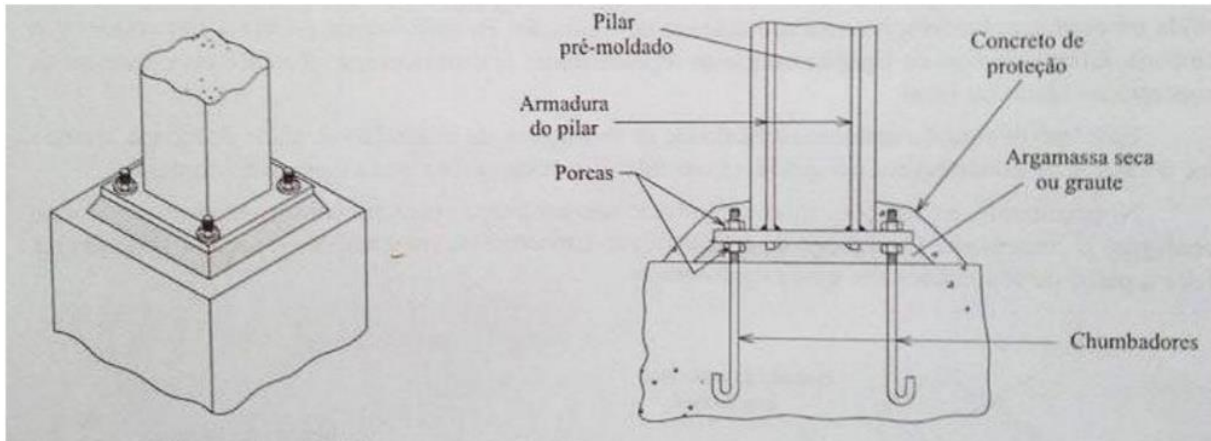
2.2.4. Procedimentos de montagem

Concluída a fabricação e inspeção final, as peças devem ser adequadamente carregadas em caminhão ou carreta e enviadas para a montagem na obra. A ABCEM (2010) recomenda que os materiais devam ser enviados por etapa, facilitando a organização e sua utilização no canteiro de obras, devendo a frequência no envio das estruturas respeitar a capacidade de armazenamento e montagem da obra.

Antes de iniciar a montagem propriamente, é de extrema importância que sejam conferidas a topografia e medidas de locação das bases, sendo recomendável que seja feita essa conferência antes mesmo da concretagem dos chumbadores. Sacchi e Souza (2016) afirmam que são recorrentes problemas de montagem de pilares fora do eixo, tal circunstância gera problemas posteriores como a necessidade de corte e solda em obra de outras peças para adaptarem-se ao posicionamento inadequado do pilar.

Raad (1999) afirma que durante a montagem dos pilares é necessário realizar o nivelamento fino das bases e para isso, pode-se utilizar técnicas diversas a depender do porte da peça. Para colunas de porte pequeno, a base já grouteada recebe uma chapa fina de aço, e serão adicionadas outras chapas até se adquirir o nível adequado. Para pilares de porte maior, estes devem vir com a placa de base em sua estrutura, e o nivelamento será feito com a utilização de contraporcas. Após o nivelamento, deve-se proceder com o grouteamento e cobrimento de concreto, conforme a Figura 4.

Figura 4. Detalhes das bases de pilares metálicos



Fonte: Ueno e Farah (2017)

Para a montagem dos demais elementos, os cuidados necessários dependem do tipo de ligação, se serão soldadas ou parafusadas. No caso das ligações parafusadas, é importante que seja realizada a adequada separação e identificação dos fixadores, para que não ocorram troca e utilização inadequada dos materiais, fato que pode gerar graves acidentes. Além disso, deve-se observar a se a superfície está isenta de tintas, óleos, graxas, rebarbas ou outros elementos que atrapalhe a perfeita fixação entre os elementos (DALDEGAN, 2016).

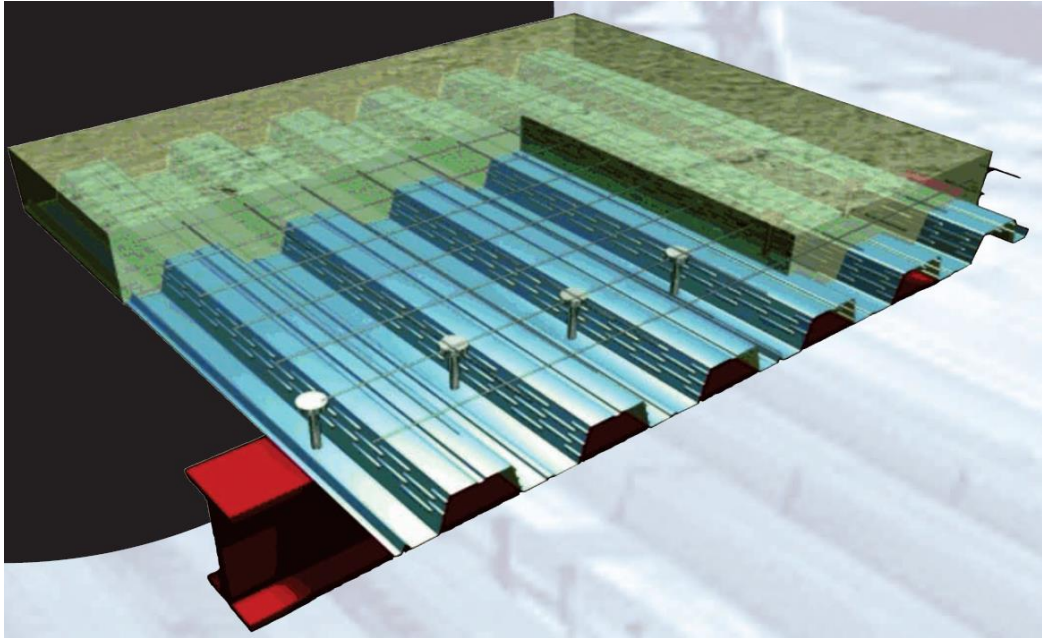
Para Teixeira (2007) outro cuidado a se tomar com as ligações parafusadas é em relação ao torque aplicado. O toque não deve exceder o indicado para aplicação em cada parafuso, ou limite das placas. A aplicação de torque acima do indicado por causar tensões de tração desnecessárias e deformação do parafuso. É necessário, portanto, realizar a conferência do aperto após os procedimentos de montagem das estruturas metálicas.

Valenciani (1997) afirma que para as ligações soldadas, é imprescindível que os soldadores sejam qualificados para a função, que haja controle do material consumível a ser utilizado e que seja realizada a inspeção final do serviço. A verificação da conformidade deve seguir a normatização da área, podendo ser inspeção visual, inspeção por líquido penetrante, por ultrassom, dentre outros métodos.

Finalizada a montagem das vigas, inicia-se a montagem das lajes *steel deck*, cuja sequencia de atividades é: lançamento das formas, fixação dos pinos *stud bolts*, fixação dos parafusos de costura, montagem das telas soldadas e armaduras adicionais e finalização com a concretagem. Para que a laje funcione como estrutura mista, é necessário que o concreto, o *steel deck* e a estrutura metálica apresentem

uma boa conexão, conforme a Figura 5, seguindo fielmente as orientações de projeto. Caso contrário, poderão ocorrer problemas de ordem estrutural na laje e/ou nas vigas (GUIMARÃES, 2016).

Figura 5. Detalhes construtivo da laje steel deck



Fonte: METFORM (2018)

2.3. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

De acordo com Granato (2012), a patologia é a ciência que estuda as origens, sintomas e a natureza das doenças. Logo, por analogia, a patologia da construção é estudo das anomalias relacionadas à deterioração dos elementos construtivos. Sendo essencial que os profissionais envolvidos com a concepção e a execução tenham o mínimo de conhecimento sobre os principais processos de degradação e as suas causas mais comuns.

Pereira (2017) acrescenta que a manutenção dos edifícios deve ser pensada na fase do projeto, onde serão estabelecidos os procedimentos essenciais à sua conservação, manutenção e recuperação. Tal posicionamento se apoia na Lei de Sitter, segundo a qual as intervenções tardias em estruturas fazem crescer os custos em projeção geométrica de razão 5 (cinco) a cada fase avançada no processo produtivo.

As peculiaridades de cada edificação trazem características de resistência “próprias” frente aos mais variados agentes ambientais. O surgimento de manifestações patológicas nas edificações e/ou suas partes podem ter causas originadas nas fases de projeto, construção ou até mesmo na fase de uso. Em virtude da grande variedade de eventos possíveis, fica inviável prever qual reação ocorrerá na edificação ao ser submetida aos agentes ativos (FIORITI; TSUTSUMOTO; SANTOS, 2014).

Para Raad (1999), fica claro que é essencial uma maior interação entre os setores de projeto e execução, que no caso das estruturas metálicas são os setores de suprimentos, fábrica e montagem. Como resultado, as soluções poderão ser melhor discutidas com o intuito de evitar incompatibilidades na montagem, falta de segurança, custos excessivos e consequentes problemas na qualidade da estrutura.

Segundo Pravia e Betinelli (2016) as manifestações patológicas mais recorrentes em estruturas de aço são a corrosão localizada, a corrosão generalizada, as deformações excessivas, as flambagens local ou global, fraturas e propagação de fraturas.

Corroborando com a relação de manifestações mais recorrentes citadas acima, Silva (2012) acrescenta mais alguns problemas que ocorrem com grande frequência nos sistemas construtivos metálicos. São as deformações e fissuras em lajes steel deck, a corrosão e a infiltração de água em telhas metálicas, sejam para coberturas ou fechamentos laterais.

2.3.1. Corrosão metálica

De um modo geral, a corrosão é um processo resultante da ação do meio sobre um determinado material, causando sua deterioração. A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo, passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, reações anódicas e catódicas. Essas reações são mais frequentes na natureza e se realizam necessariamente na presença de água, na maioria das vezes a temperatura ambiente e com a formação de uma pilha de corrosão, ocorrendo como resultado a ferrugem (MERÇON, GUIMARÃES e MAINIER, 2004).

Para Oliveira (2012), a corrosão pode se apresentar sob múltiplas situações, capazes de produzir degradação do material, envolvendo diferentes tipos, como a corrosão uniforme e a corrosão localizada, que agravam a perda de massa e a redução acelerada das propriedades mecânicas e físico-químicas do material. O

processo de degradação do material metálico também sofre aceleração de acordo com o ambiente em que está inserido. A INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2018) estabelece na norma ISO 12944 um quadro de categorias de corrosividade de acordo com os ambientes típicos, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Categorização da corrosividade por ambiente.

Categoria de agressividade	Perda de massa e espessura para aço baixo carbono, após 365 dias de exposição		Exemplos de ambientes típicos (informativo)	
	Perda de massa (g/m ²)	Perda de espessura (μm)	Exterior	Interior
C1 (muito baixa)	≤ 10	≤ 1,3	—	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis).
C2 (baixa)	> 10 a 200	> 1,3 a 25	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais.	Edificações onde a condensação é possível, como armazéns e ginásios cobertos.
C3 (média)	> 200 a 400	> 25 a 50	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por SO ₂ . Áreas costeiras de baixa salinidade.	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, fábricas de alimentos, laticínios, cervejarias, etc.
C4 (alta)	> 400 a 650	> 50 a 80	Áreas industriais e costeiras de salinidade moderada.	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas.
C5-I (muito alta, industrial)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva.	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição.
C5-M (muito alta, marinha)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas costeiras com alta umidade e atmosfera agressiva.	

Fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2018)

Coelho (2015) afirma que a corrosão uniforme é um tipo de corrosão que se processa aproximadamente igual em toda a superfície exposta ao meio corrosivo. Esse tipo de corrosão também é chamado por alguns de corrosão generalizada, isto é, em toda a extensão da superfície corroída. Para Sacchi e Souza (2017), a corrosão generalizada tem como um dos principais motivos a falta de proteção superficial.

A INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2018) na norma ISO 12944 também estabelece os esquemas adequados de pintura por categoria de exposição ambiental e durabilidade estimada da estrutura. Além do tipo de tinta e espessura da película, também são indicados os tipos de preparo de

superfície (Jateamento) a cada caso, o que afeta diretamente na qualidade da aderência da película na superfície metálica (Tabela 1).

Tabela 1: Esquemas de pintura por categoria de exposição

Sistema No.	Grau de Preparo de Superfície		Primer				Acabamento Incluindo Camada intermediária			Sistema		Durabilidade Estimada			
	St 2	Sa 2 1/2	Resina	Tipo	Demãos	Espessura seca (µm)	Resina	Demãos	Espessura seca (µm)	Demãos	Espessura seca (µm)	Baixa 2 a 5 anos	Média 5 a 15 anos	Alta >15 anos	
Sistemas de Pintura – Categoria de Agressividade C2															
C2.01	X		A	Vários	2	80	A	1-2	80	3-4	160		X		
C2.02	X		A	Vários	2	80	AC	1-2	80	3-4	160		X		
C2.03	X		A	Vários	1-2	80	A	2-3	120	2-5	200			X	
C2.04		X	A	Vários	1-2	80	A	1-2	80	2-4	160			X	
C2.05		X	EP	Vários	1-2	80	EP, P ²	1-2	80	2-4	160			X	
Sistemas de Pintura – Categoria de Agressividade C3															
C3.01		X	A	Vários	1-2	80	A	1-2	80	2-4	160		X		
C3.02	X		A	Vários	1-2	80	A	2-3	120	3-5	200		X		
C3.03		X	EP	Vários	1	160	A	1	40	2	200			X	
C3.04		X	EP	Vários	1-2	80	EP, P ²	2-3	120	3-5	200			X	
C3.05		X	EP	Vários	1-2	80	EP, P ²	2-3	160	3-5	240			X	
Sistemas de Pintura – Categoria de Agressividade C4															
C4.01		X	A	Vários	1-2	80	AC	2-3	160	3-5	240		X		
C4.02		X	AC	Vários	1-2	80	AC	2-3	160	3-5	240		X		
C4.03		X	EP	Vários	1	160	AC	1	120	2	280			X	
C4.04		X	EP	Vários	1-2	80	EP, P ²	2-3	200	3-5	280			X	
C4.05		X	EP	Vários	1-2	80	EP, P ²	3-4	240	4-6	320			X	
Sistemas de Pintura – Categoria de Agressividade C5-I															
C5I.01		X	EP, P	Vários	2	120	AC	1-2	80	3-4	200		X		
C5I.02		X	EP, P	Vários	1	80	EP, P ²	3	200	4	280			X	
C5I.03		X	EP, P	Zn(R)	1	40	EP, P ²	3	200	4	240			X	
C5I.04		X	ES	Zn(R)	1	80	AC	3	200	4	280			X	
C5I.05		X	ES	Zn(R)	1	80	EP, P ²	2-4	240	3-5	320			X	
Sistemas de Pintura – Categoria de Agressividade C5-M															
C5M.01		X	EP, P	Vários	1	150	EP, P ²	1	150	2	300		X		
C5M.02		X	EP, P	Vários	1-2	80	EP, P ²	3-4	240	4-6	320			X	
C5M.03		X	EP, P	Vários	1	250	EP, P ²	1	250	2	500			X	
C5M.04		X	EP, P	Zn(R)	1	40	EP, P ²	3-4	280	4-5	320			X	
C5M.05		X	ES	Zn(R)	1	80	EP, P ²	2-4	240	3-5	320			X	
Sistemas de Pintura – Categoria de Imersão Im1, Im2 e Im3															
Im.01		X	EP	Vários	1	80	EP, P ²	2	300	3	380		X		
Im.02		X	EP	Vários	1	80	EP	1	400	2	480			X	
Im.03		X	EP	Vários	1	800	-	-	-	1	800			X	
Resinas para Fundo e Acabamento															
Resinas Para Fundo			Tintas líquidas				Resinas para Acabamento					Tintas Líquidas			
			No. de componentes		Possibilidade de base água	No. de componentes						Possibilidade de base água			
1 lata	2 latas	1 lata	2 latas												
A = Alquídica			X		X	A = Alquídica					X		X		
AC = Acrílica			X		X	AC = Acrílica					X		X		
EP = Epóxi				X	X	EP = Epóxi						X	X		
ES = Etil Silicato			X	X		P = Poliuretano					X	X			
P = Poliuretano			X												

1) Zn(R) = primer rico em zinco

2) Se brilho e retenção de cor forem necessários, recomenda-se que a última demão seja baseada em poliuretano alifático

3) St 2 = limpeza manual, executada com ferramentas manuais, como escovas, raspadores, lixas e palhas de aço

4) Sa 2 1/2 = jato abrasivo ao metal quase-branco

Fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 12944 (2018)

Já a corrosão localizada tende a ser mais perigosa que a corrosão uniforme, visto que é mais agressiva e afeta pequenas partes da estrutura e, portanto, os sinais são menos visíveis. A corrosão em frestas, por exemplo, ocorre em locais em que

duas superfícies estão muito próximas ou em contato. A água se aloja nas fendas criadas entre as superfícies e tende a causar pilhas de aeração diferencial, devido à concentração de oxigênio ser maior na superfície externa que na interna, fazendo dessa uma região anódica. Como consequência, o processo de corrosão se concentra na parte mais profunda da fresta, tornando o acesso e o diagnóstico de difícil execução (FORMIGONI *et al*, 2014).

2.3.2. Deformações excessivas

Para Castro (1999), nas estruturas de concreto, verifica-se que é durante a etapa de elaboração dos projetos que surgem grande parte dos erros que dão origem a inúmeros problemas patológicos. Este fato também é muito constatado nas estruturas de aço, principalmente porque o projeto em aço normalmente possui um grande número de detalhes, e todos com precisão milimétrica. Os problemas mais comuns que ocorrem nesta etapa são: ausência de elementos estruturais, falta de ancoragem, dimensionamento insuficiente, fundações inadequadas, deformabilidade excessiva.

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008) na norma NBR 8800 apresenta, em seu Anexo D, os valores máximos permitidos para deformações em estruturas metálicas, valores acima dos quais serão considerados deslocamentos preocupantes do ponto de vista estrutural. A norma detalha os valores de deformação por tipo de elemento estrutural (Quadro 3).

Quadro 3 – Descolamentos máximos recomendados

Descrição	δ^a
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c,d}$
- Terças de cobertura ^{g)}	$L/180^e$
	$L/120^f$
- Vigas de cobertura ^{g)}	$L/250^h$
- Vigas de piso	$L/350^h$
- Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: ^{j)}	
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN	$L/600^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas	$L/800^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN	$L/1000^i$
- Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas	$L/400$
- Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/300$
- Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/400^{k,l}$
Edifícios de dois ou mais pavimentos:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/400$
- Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$h/500^m$
Lajes mistas	Ver Anexo Q
<p>^a L é o vão teórico entre apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço, H é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base, h é a altura do andar (distância entre centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre centros das vigas e a base no caso do primeiro andar).</p> <p>^b Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam).</p> <p>^c Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento.</p> <p>^d Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento) com seu valor característico.</p> <p>^e Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente.</p> <p>^f Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de sucção) com seu valor característico.</p> <p>^g Deve-se também evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade.</p> <p>^h Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm.</p> <p>ⁱ Valor não majorado pelo coeficiente de impacto.</p> <p>^j Considerar combinações raras de serviço.</p> <p>^k No caso de pontes rolantes siderúrgicas, o deslocamento também não pode ser superior a 50 mm.</p> <p>^l O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não pode superar 15 mm.</p> <p>^m Tomar apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.</p>	

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008)

2.3.3. Flambagem local e global

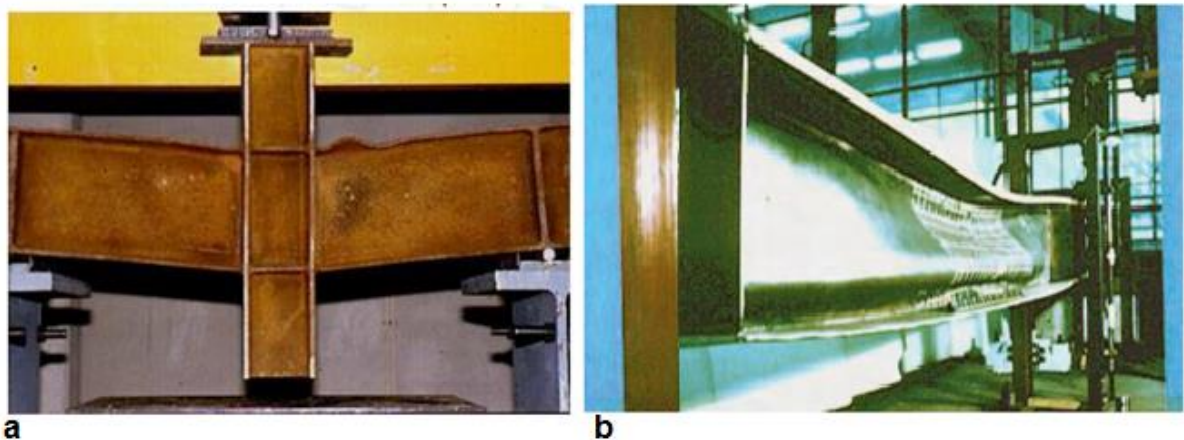
Durante a fase de dimensionamento das estruturas metálicas, deve-se realizar a verificação de flambagem dos perfis utilizados. São verificadas as flambagens locais da mesa e da alma e flambagem lateral por torção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008). Falhas na verificação, seja por erro de cálculo ou por

considerações incorretas sobre o a concepção do projeto, podem levar a patologias nos perfis metálicos que são consideradas graves para a estabilidade da estrutura.

Castro (1999) afirma que:

- A flambagem local da mesa (FLM) ocorre com mais frequência nas regiões de maior momento fletor, devido à compressão acima do suportado pela mesa do perfil metálico (Figura 6.a);
- Flambagem local da alma (FLA) ocorre pelo mesmo motivo da FLM, porém com a compressão no sentido vertical (Figura 6.b).

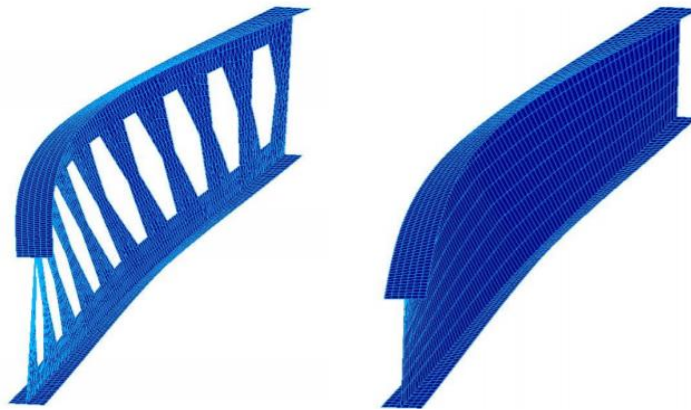
Figura 6 a) Flambagem local da mesa. b) Flambagem local da alma.



Fonte: HANSEN (2007).

A flambagem lateral com torção (FLT) apresenta simultaneamente o deslocamento lateral e a torção da alma, de ambos no plano da seção transversal, conforme a Figura 7. No caso dos perfis I, o fato acontece devido à mesa comprimida se tornar instável, porém, como está ligada à mesa tracionada pela alma da viga, ocorre a flambagem lateral da viga. Neste momento, por haver estabilidade na mesa tracionada, ocorre também uma torção na seção transversal (MOURA, MARTINS E MOURA, 2016).

Figura 7 – Flambagem lateral com torção.

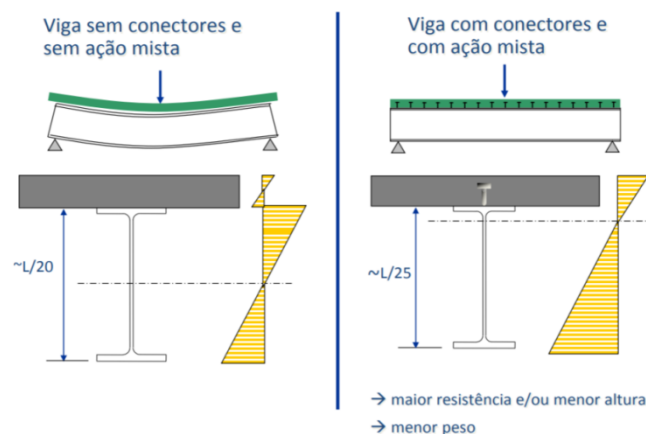


Fonte: CARINI e MORSCH (2014).

No dimensionamento de estruturas metálicas, com o intuito de maior economia no uso do material metálico e de garantir maior rigidez, muitas vezes as vigas são tratadas no cálculo como vigas mistas, onde haverá integração da laje de concreto com a viga metálica, no sentido de garantir maior estabilidade do conjunto. Um elemento misto é mais rígido que um não rígido com as mesmas medidas, sofrendo menor deformação, menor vibração e reduzindo consideravelmente a probabilidade de problemas com instabilidade global ou local (ANDRADE, 2012).

De acordo com Tristão (2002), a interação que ocorre entre a laje de concreto e a viga de aço ocorre devido à presença de elementos metálicos fixados na viga e inseridos no concreto, conhecidos por conectores de cisalhamento. Os conectores tem a função de evitar a separação vertical entre o elemento de concreto e o de aço, bem como transfere esforços longitudinais de cisalhamento do concreto para o aço, garantindo o funcionamento das partes como um conjunto único, como se pode observar na Figura 8.

Figura 8: Comparativo entre vigas e lajes sem ação mistas e com ação mista.



Fonte: SOUZA, 2014.

2.3.4. Deformações e fissuras em lajes steel deck

Além do mencionado na seção 2.3.3, em relação à integração entre a laje e as vigas metálicas, Castro (1999) acrescenta que as fissuras no concreto de lajes *steel deck* são ocorrências frequentes neste sistema estrutural. A principal causa decorre da falta de armaduras adicionais nas regiões de momento negativo, visto que muitas vezes no cálculo das vigas secundárias, estas são tratadas como vigas biapoiadas, no entanto, existe a tendência de continuidade e, como consequência, surgem tensões na laje no sentido do eixo da viga principal.

Em seu boletim técnico de produto, a METFORM (2018), informa que a telha *steel deck* possui dupla função, atua como forma e como armadura positiva das lajes. Sendo assim, é necessário que se especifique também armadura nas duas direções, ou tela soldada, para evitar fissuras devido à retração do concreto, bem como armaduras localizadas acima das vigas principais e no contorno de pilares, a fim de evitar fissuras devido à tendência de continuidade sobre a laje sobre os apoios e efeitos de punção.

Dentre as principais vantagens da utilização de lajes *steel deck*, a eliminação total ou parcial da utilização de escoras durante a concretagem ganha destaque devido à redução nos custos e no prazo da obra. Mesmo quando é necessário utilizar escoras, não se trabalha da mesma forma que na concretagem de lajes maciças, apenas uma linha de escoramento é instalada (SILVA, 2018).

2.3.5. Corrosão e infiltração em telhas metálicas

Miranda (2011) afirma que os pontos de ferrugem que surgem na superfície dos telhados costumam ter como causa o acúmulo de limalha de aço decorrente do corte e furação das telhas e estrutura metálica. Quando a limalha entra em contato com a umidade do ar, inicia rapidamente o processo de oxidação, o que inicialmente é apenas um problema estético. Porém, caso a limalha oxidada permaneça na superfície da telha, além de manchá-la, pode vir a provocar oxidação na chapa de aço, motivo pelo qual é aconselhável a varrição da cobertura ao final de cada dia de montagem.

A ABCEM (2010) afirma que, mesmo sendo a telha resistente às variações climáticas, deve-se ter cuidados especiais no seu armazenamento e conferência no

recebimento, visto que a umidade pode criar manchas de óxido de zinco, buscando sempre ambientes cobertos, secos e ventilados para a estocagem. Durante a montagem é essencial que logo após a furação e corte das peças seja realizada a limpeza da superfície. As limalhas resultantes dos cortes e furos grudam na telha e facilitam o processo de corrosão.

2.4. GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O conceito de qualidade é subjetivo, e está diametralmente relacionado às percepções de cada indivíduo. A cultura, o tipo de produto ou serviço executado, bem como as necessidades e expectativas criadas são fatores capazes de influenciar diretamente o conceito de qualidade. Para qualidade exista não é necessário que o produto tenha as melhores características do mercado, mas é essencial que cumpra com as exigências do cliente a que está destinado (COSTA, 2013).

No setor da construção civil, as quatro primeiras etapas, principalmente durante o planejamento e o projeto, são essenciais para garantir o nível adequado de satisfação do usuário final, já que os aspectos de qualidade do produto final devem ser definidos na concepção do projeto e controlados em todas as fases subsequentes. O acompanhamento é imprescindível, visto que as falhas podem ser originadas em qualquer momento durante a construção ou até mesmo durante a utilização da obra (PRADO, 2016).

Para atingir a qualidade requerida, é preciso que a equipe de projetistas e os demais envolvidos compreendam as expectativas do cliente final, e sejam capazes de visualizar a entrega final de forma interdisciplinar (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010). Para Pereira (2017), as atividades e os processos da empresa executante também são essenciais para o gerenciamento da qualidade. As políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades devem ser determinados de modo que os projetos executados cumpram com o que foi proposto aos clientes.

A durabilidade é um item da qualidade de extrema importância para os produtos da construção civil. É a capacidade que o produto final tem de permanecer em estado adequado ao uso, atendendo as expectativas dos usuários, seja um sistema construtivo completo ou apenas um componente. A durabilidade traduz a possibilidade que o produto tem de desempenhar as suas funções em condições de excelência, em um intervalo de tempo, sem a necessidade de reparos ou manutenções. (CARNEIRO, 2013).

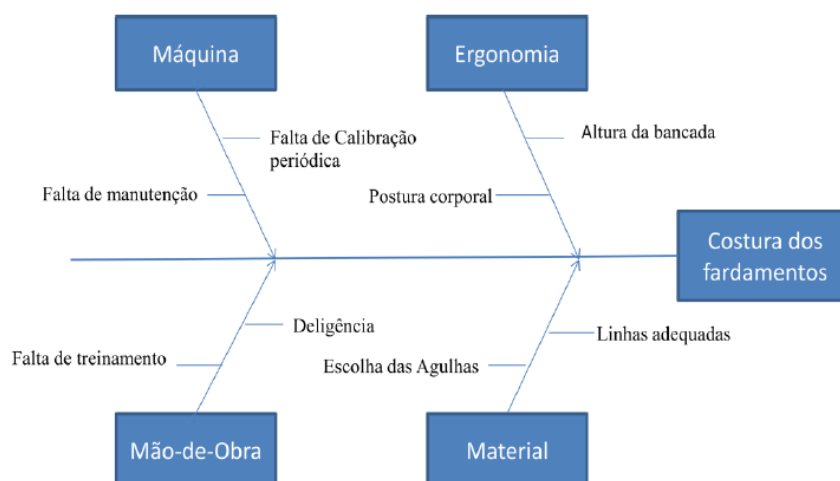
Segundo o PMI (2017) para que a gestão da qualidade ocorra de forma adequada e com o mínimo de falhas, é indispensável que se estabeleçam procedimentos para a determinação e auditoria dos requisitos do produto. Com este objetivo, é importante que se utilizem diversas ferramentas da qualidade, dentre as quais se destacam sete: diagramas de causa e efeito, fluxogramas, folhas de verificação, diagramas de Pareto, histogramas, gráficos de controle e diagramas de dispersão.

2.4.1. Diagramas de causa e efeito

Conhecido como Diagrama de Ishikawa e Diagrama de Espinha de Peixe, o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta gráfica criada pelo engenheiro Kaoru Ishikawa em 1943, com o objetivo de identificar e distribuir de forma organizada as causas prováveis de um problema (SILVA e LOPES, 2009).

De acordo com Holanda e Pinto (2009), o diagrama de causa e efeito, é um instrumento utilizado para mostrar a relação existente entre uma ocorrência e as causas que possam ter contribuído para esse fim. É uma técnica bastante útil para a resolução de problemas com foco na causa, não apenas realizando a correção do dano ocorrido, como se pode ver na Figura 9.

Figura 9: Exemplo de diagrama de Causa e Efeito elaborado em uma fábrica



Fonte: Pereira et al (2014)

Ishikawa (1999) *apud* Estumano et al (2015) propôs a divisão do diagrama de causa e efeito em 6 áreas, dentro das quais estariam as causas do problema

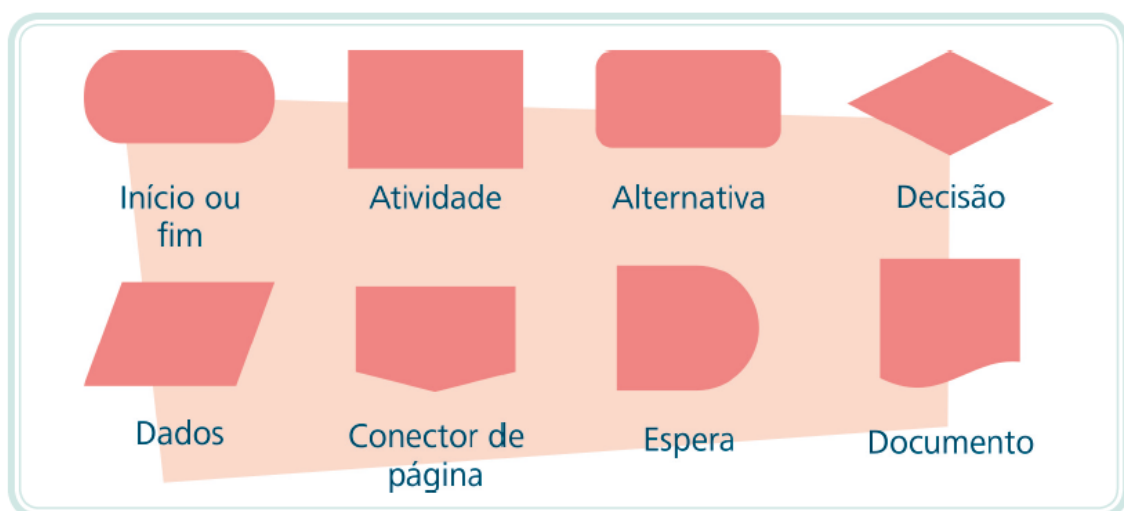
identificado. As áreas a serem investigadas são: Método (procedimentos operacionais, projetos, instruções de trabalho), matéria prima (fornecedores, especificação, recebimento, armazenamento), mão de obra (treinamento, seleção, habilidades), máquinas (manutenção, capacidade, proteção), medição (ferramentas de inspeção, métodos de inspeção) e meio ambiente (clima, limpeza, condições de acesso).

2.4.2. Fluxogramas

O fluxograma tem o objetivo de identificar o percurso utilizado e o percurso ótimo no processo de um produto ou serviço, reconhecendo os desvios recorrentes. É uma forma de visualizar as etapas dos processos, evidenciando as relações existentes entre cada etapa, utilizando símbolos de fácil reconhecimento que podem significar operações ou relações entre as operações (MACHADO, 2012).

Vasconcelos *et al* (2009) afirma que o fluxograma é uma representação gráfica que exibe mostrando todo o caminho de um processo, detalhando as suas etapas. O fluxograma nos mostra um excelente panorama do processo, sendo útil para verificar as relações entre os passos do processo. A utilização dos elementos gráficos, conforme Figura10, facilita a elaboração e utilização da ferramenta.

Figura 10: Símbolos para elaboração de fluxogramas



Fonte: Machado, 2012.

2.4.3. Folhas de verificação

Também conhecidas como folhas de resultados e *checklists*, as folhas de verificação são utilizadas como uma lista de verificação/confirmação ao se realizar coletas de dados. São utilizadas para facilitar a coleta de dados úteis sobre um processo, bem como não deixar que sejam esquecidos itens de grande importância para o reconhecimento dos resultados de um processo ou identificação de problemas (PMI, 2017).

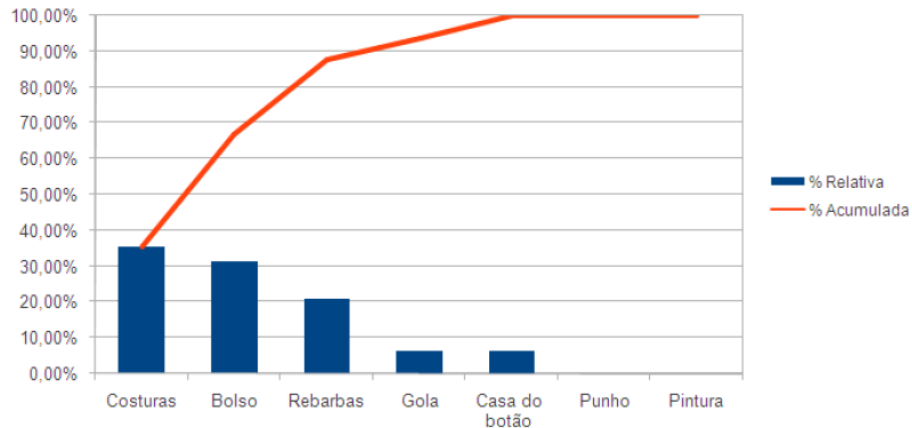
Segundo Machado (2012), os *checklists* são tabelas ou planilhas que objetiva tornar mais simples a coleta e análise dos dados, visto que há economia de tempo e trabalho evitando o redesenho de figuras ou inserção de informações repetitivas. São fichas planejadas, nas quais as informações são preenchidas de maneira clara e precisa, desta forma, os dados podem ser verificados admitindo uma instantânea percepção da realidade estudada, o que auxilia diretamente na tomada de decisões.

2.4.4. Diagramas de Pareto

De acordo com Teixeira (2013) o diagrama de Pareto tem o objetivo de formar um panorama visual de segregação entre os itens mais e menos importantes, através de um gráfico de barras complementado com uma curva de cumulatividade, conforme a Figura 11. Desta forma, o diagrama de Pareto estabelece uma relação de proporção onde se percebe, na maioria dos casos, que 80% dos efeitos são gerados por 20% das causas.

O diagrama de Pareto é muito utilizado na indústria para melhoria contínua, visto que dá subsídios para ações em favor da redução das causas de problemas, indicando os mais impactantes e os problemas secundários. Assim, a análise de Pareto auxilia na segregação do quais itens precisam de controle mais urgente e quais itens deve podem ser colocados em segundo plano (FERREIRA, 2013).

Figura 11: Exemplo de diagrama de Pareto elaborado em uma fábrica

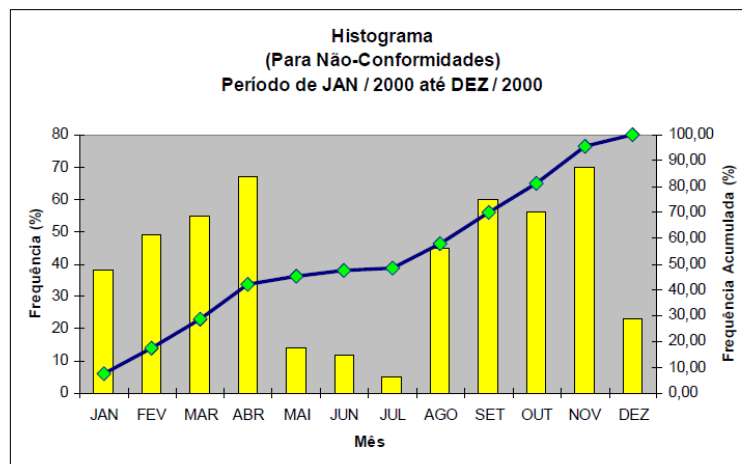


Fonte: Pereira *et al* (2014)

2.4.5. Histogramas

Segundo Pereira *et al* (2014) os histogramas são gráficos de barras onde se distribuem as informações por categorias, facilitando a visualização da frequência com que os eventos ocorrem, como mostra a Figura 12.

Figura 12: Exemplo de histograma elaborado em uma construtora



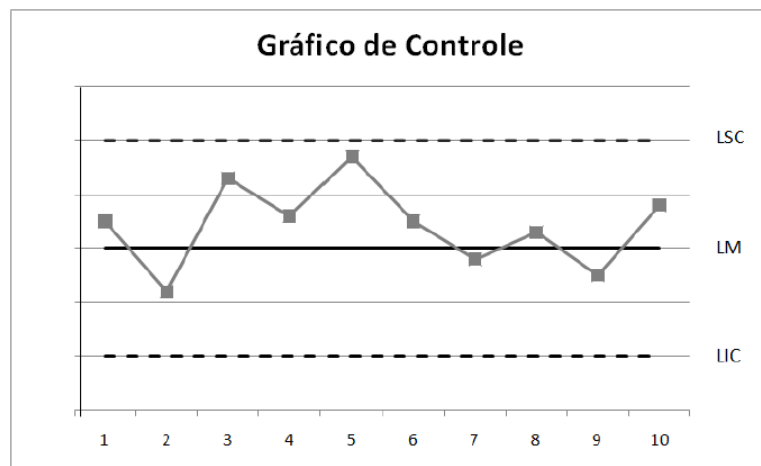
Fonte: Tubino (2013)

Machado (2012) afirma que o histograma tem o objetivo de mostrar a distribuição dos dados por meio de um gráfico de barras onde são apresentados os números de unidades de cada grupo. Trata-se, portanto, de uma distribuição gráfica de dados que facilita a visualização da frequência de um evento em comparação com outros.

2.4.6. Gráficos de controle

Os gráficos ou cartas de controle tem a finalidade de trazer à tona o que é a flutuação normal de um processo e o que é a variabilidade, apontando para as situações atípicas. Esta análise utiliza critérios estatísticos a partir de dados coletados no processo que se está verificando, onde são estabelecidos os limites de controle, e então, conforme a Figura 13, visualizados os pontos em que os valores ultrapassam os limites, para mais ou para menos (TEIXEIRA, 2013)

Figura 13: Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Trivellato (2010)

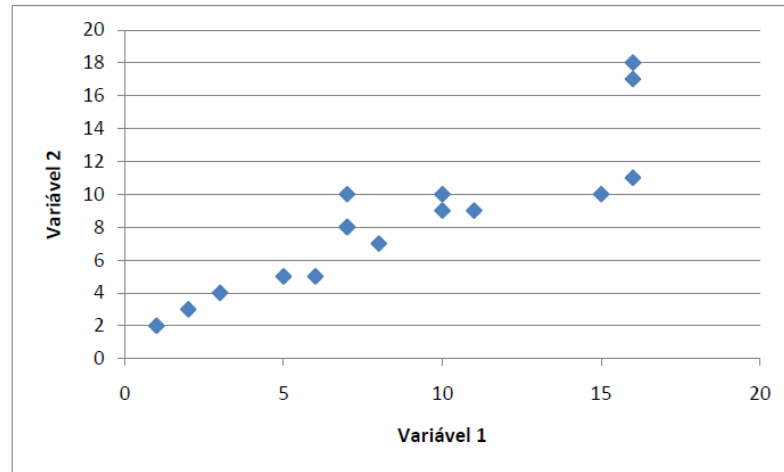
As cartas de controle são usadas para confirmar se o processo é estável e se existe previsibilidade no seu desempenho, com base nos limites mínimo e máximo estabelecidos. Os gestores podem fazer uso das informações das cartas de controle para estabelecer os pontos a partir dos quais devem ser tomadas ações corretivas para se manter a estabilidade e capacidade do processo (PMI, 2017).

2.4.7. Diagramas de dispersão

De acordo com Pacheco (2012), os diagramas de dispersão formam um gráfico com pares ordenados (x, y) para analisar a dependência entre as variáveis. Assim, como resultado será averiguado se variações em um elemento afetam o resultado do outro elemento. A correlação pode ser positiva, onde uma variação no elemento x faz

variar proporcionalmente e na mesma direção o elemento y, negativa, onde a variação no elemento x faz o elemento y reagir de forma inversa, ou inexistente, caso não exista dependência entre x e y, como mostra a Figura 14.

Figura 14: Exemplo de gráfico de dispersão



Fonte: Trivellato (2010)

3. METODOLOGIA

3.1. OBJETO DE ESTUDO

O trabalho foi realizado em uma empresa de médio porte do estado de Sergipe, e como se pode analisar no Quadro 4, o objeto de estudo consiste em 47 RNC's (Relatórios de Não Conformidade) emitidos nos anos de 2016 e 2017 referente a 13 obras e 15 relatos por e-mails de ocorrências dos anos de 2017 e 2018 referente a 4 obras, visto que o sistema de gestão da qualidade da empresa deixou de ser implantado em 2017 e desde então o RNC deixou de ser utilizado.

Quadro 4 – Relação de ocorrências por obra

OBRA		LOCAL	QTD DE RNC	QTD E-mails
1	Residência Unifamiliar 1	Barra dos Coqueiros - SE	4	
2	Ampliação de Escola	Aracaju - SE	3	
3	Hotel	Aracaju - SE	3	
4	Galpão Industrial 1	Nossa Senhora do Socorro - SE	4	
5	Edifício de Flats 1	Aracaju - SE	4	
6	Edifício para Faculdade 1	Aracaju - SE	3	
7	Pórtico para Condomínio 1	Barra dos Coqueiros - SE	3	
8	Escadas de Emergência	Aracaju - SE	2	
9	Edifício para Shopping	Camaçari - BA	5	
10	Galeria Comercial	Aracaju - SE	3	
11	Galpão Industrial 2	Poço Verde - SE	4	
12	Edifício de Flats 2	Aracaju - SE	5	
13	Cobertura para Shopping	Camaçari - BA	4	
14	Residência Unifamiliar 2	Nossa Senhora da Glória - SE		3
15	Edifícios para Faculdade 2	Lagarto - SE		5
16	Galpão Industrial 3	Maceió - AL		4
17	Galpão Industrial 4	Nossa Senhora do Socorro - SE		3
Total			47	15

Fonte: elaborado pelo autor

3.2. ESTUDO DE CASO

Foi feita uma seleção de documentos elaborados durante os anos de 2016, 2017 e 2018, referentes à qualidade dos produtos e processos da empresa. Entre os

períodos de 2016 e meados de 2017 era costume na empresa a utilização do RNC (Relatório de Não Conformidade), conforme o modelo apresentado na Figura 15, sempre que algum setor percebesse problemas relativos à qualidade dos produtos ou procedimentos realizados. O RNC foi aos poucos entrando em desuso devido à parada na implantação do sistema de gestão da qualidade (SGQ), fato agravado com a forte crise econômica ocorrida no período, tendo o SGQ ficado fora de prioridade.

Figura 15: Modelo do RNC utilizado na empresa.

 RELATÓRIO DE NÃO CONFORMIDADE		Código: RG 023	
		Revisão: 00	
		Data: 22/05/2014	
		Página 1 de 4	
CLASSIFICAÇÃO			
<input checked="" type="checkbox"/> REAL - AÇÃO CORRETIVA		<input type="checkbox"/> POTENCIAL - AÇÃO PREVENTIVA	
DATA:	NUMERO:	AUTOR	
16/10/2014	009	Erick Cerqueira	
CLIENTE	ÁREAS/SETORES/DEPARTAMENTOS		
XXXXXXXXXXXX	PINTURA		
FONTE / ORIGEM			
<input checked="" type="checkbox"/> Não - conformidade interna / processo <input type="checkbox"/> Análise Crítica da Direção <input type="checkbox"/> Pesquisa de Satisfação do Cliente <input type="checkbox"/> Auditoria Interna		<input type="checkbox"/> Medição (Inspeção de entrega) <input type="checkbox"/> Não - conformidade do Fornecedor <input type="checkbox"/> Reclamações / devoluções dos clientes <input type="checkbox"/> Outros: _____	
PRODUTO / SERVIÇO	Estrutura montada em geral	QTD	
PROJETO / ROMANEIO		ETAPA	
DESCRIÇÃO DA NÃO - CONFORMIDADE			
Diversas peças da obra estão apresentando problemas com corrosão precoce.			
EVIDENCIA OBJETIVA DA NÃO-CONFORMIDADE			
			
ANALISE			
<input checked="" type="checkbox"/> Procedente		<input type="checkbox"/> Improcedente	
Se Improcedente motivo:			
DATA	RESPONSÁVEL	SETOR	
AÇÃO IMEDIATA (DISPOSIÇÃO)			
GEROU RETRABALHO ?	CONCESSÃO?	REINSPEÇÃO ?	

Fonte: Empresa

Para a análise das informações do segundo semestre de 2017 e do ano de 2018, foi averiguado com os setores os e-mails e/ou relatórios fotográficos com reclamações de clientes internos ou externos.

Os dados colhidos foram planilhados para a verificação da frequência de cada tipo de não conformidade e/ou patologia identificada. Ao total foram selecionados 62 documentos, entre relatórios e e-mails, nos quais foram identificados os motivos das reclamações e quantificada a frequência de cada um dos problemas elencados abaixo:

- Posicionamento incorreto dos elementos nas peças;
- Detalhamento de projeto inadequado/insuficiente;
- Material danificado no transporte ou armazenamento;
- Posicionamento dos furos;
- Dimensões erradas nas peças;
- Corrosão;
- Infiltrações na cobertura;
- Deformação excessiva de peças após a montagem;
- Soldagem em desacordo com o projeto;
- Troca de elementos na peça;
- Erro no posicionamento das bases dos pilares.

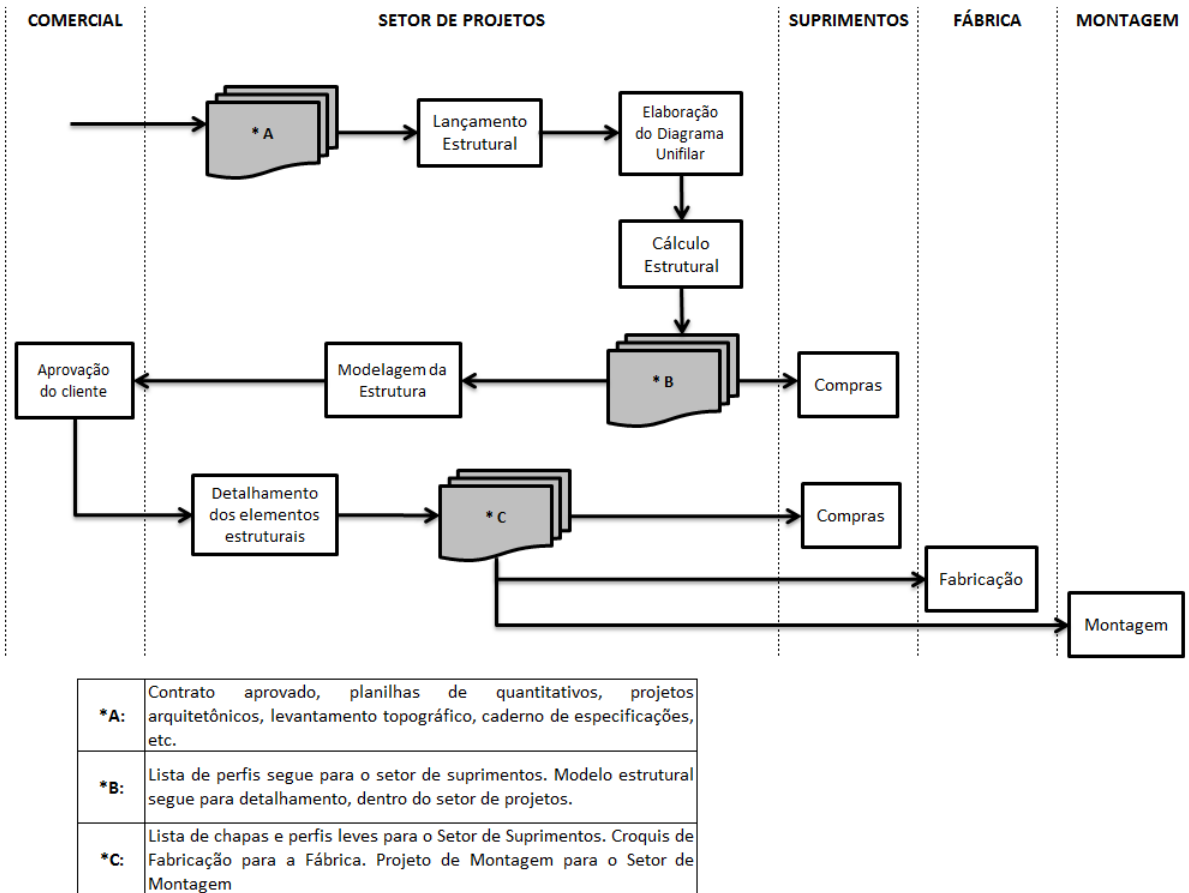
Para compreender como funcionam os procedimentos de trabalho nos setores e avaliar as falhas nos processos que são possíveis causadores dos problemas questionados nos relatórios de não conformidades, foi observado *in loco* as atividades executadas nos setores de projetos, fábrica, e montagem, considerando cinco obras em execução no segundo semestre de 2018.

Para a concretização dessa tarefa foram observados os procedimentos nos locais de trabalho, investigando com os envolvidos como as atividades acontecem e quais as relações entre elas. Ao final das observações foram elaborados os fluxogramas dos processos atuais, como segue:

3.2.1. Setor de projetos

Após o fechamento do contrato, definição do projeto arquitetônico pelo cliente e a partir da liberação da Diretoria Comercial, o setor de projetos inicia os seus serviços referentes à obra. Na Figura 16 pode ser visualizado todo o processo realizado no setor de projetos, com a indicação das informações e de entrada e das informações de saída.

Figura 16: Fluxograma do processo atual no Setor de Projetos



Fonte: elaborado pelo autor

Para o desenvolvimento do cálculo estrutural é necessário que as seguintes informações da obra estejam disponíveis: projeto arquitetônico completo, com plantas baixas e cortes, informações sobre a utilização de cada ambiente, informações adicionais sobre cargas especiais que venham a ser postas sobre a estrutura e localização da obra.

O cálculo estrutural é então elaborado, com a utilização do software SAP2000, e as seguintes informações são repassadas para o detalhamento de projetos e suprimentos: projeto unifilar com os tipos de materiais utilizados nos elementos estruturais (pilares, vigas, terças, treliças, etc.), cálculo com croqui das ligações entre os elementos indicando as espessuras das chapas, diâmetros dos parafusos e espessuras dos cordões de solda.

No detalhamento, atualmente realizado por dois desenhistas projetistas, as informações recebidas são processadas com o objetivo de elaborar desenhos em que seja possível traduzir os conceitos originais do projeto unifilar em esquemas e notas

técnicas que sirvam de instrumento para o corte, furação, soldagem e montagem dos elementos estruturais.

Além das informações obtidas do cálculo estrutural, os desenhistas precisam do projeto arquitetônico, para a verificação de interferências que possam ter passado despercebido no cálculo estrutural, devido a falta de precisão espacial do projeto unifilar.

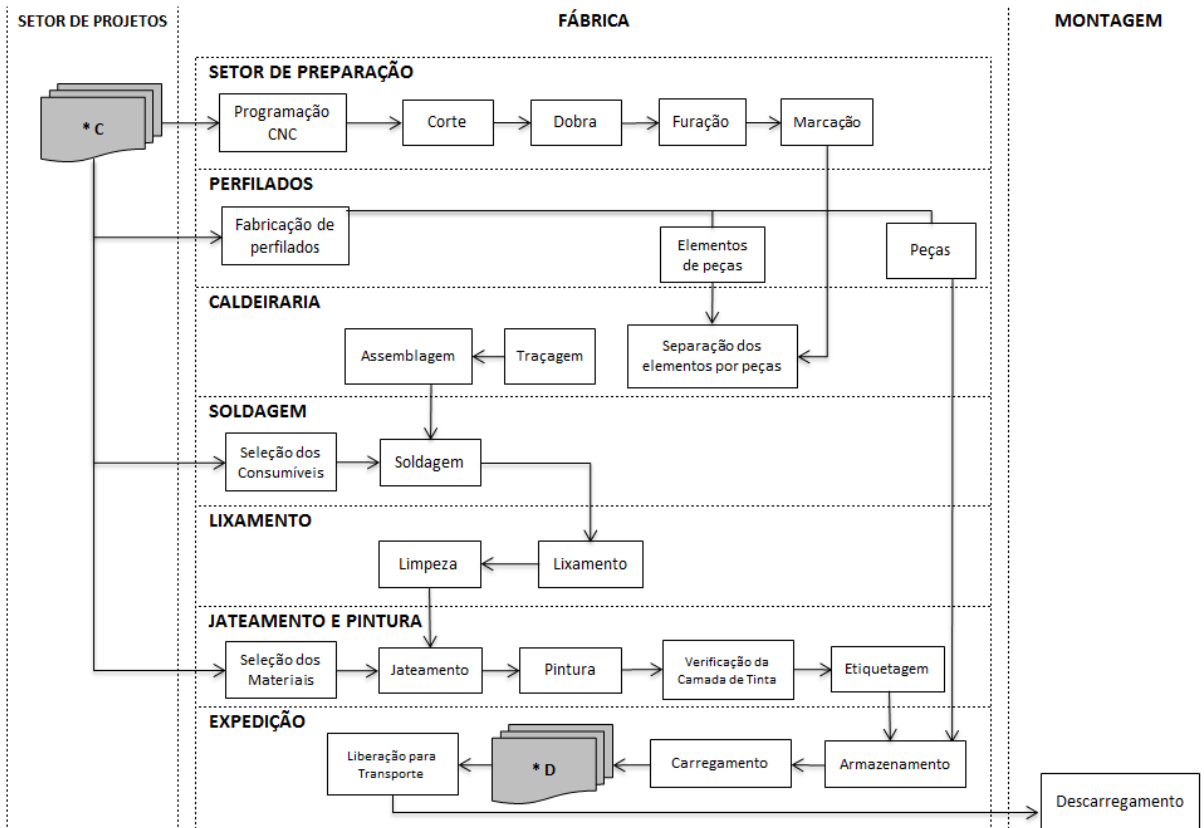
Os desenhistas utilizam atualmente o software Tecnometal, que facilita o detalhamento, visto que tem função específica e, portanto, possui ferramentas que auxiliam neste processo. Além disso, os arquivos elaborados no Tecnometal tem extensão compatível com as máquinas de comando numérico computadorizado que fazem parte das instalações da fábrica da empresa.

Ao final do processo de detalhamento são produzidos os seguintes documentos: listas de chapas, cantoneiras e outros perfis leves, lista de fixadores, croquis de fabricação, projetos de montagem com plano de bases, paginação de cobertura, paginação de fechamento lateral, paginação de telhas forma steel deck, detalhes de elementos de cobertura (cumeeiras, calhas, e rufos).

3.2.2. Fábrica

Após a conclusão do detalhamento da obra, ou de etapas desta, e após a disponibilização dos materiais pelo setor de suprimentos, a fábrica inicia os seus serviços. Atualmente a fábrica da empresa está dividida em sete setores de produção: preparação, caldeiraria, soldagem, lixamento, perfilados, jateamento e pintura e expedição, como se pode ver na Figura 17.

Figura 17: Fluxograma do processo atual da Fábrica



*C:	Croquis de Fabricação vindo do Setor de Projetos para a Fábrica.
*D:	Romaneio de peças e Notas Fiscais.

Fonte: elaborado pelo autor

O layout da fábrica prioriza a redução na movimentação dos materiais, possuindo, além das máquinas de processo, diversos equipamentos de transporte como esteiras de roletes, pontes rolantes, mini grua, empilhadeiras, visto que seus produtos são peças com dimensões e pesos consideráveis e, sendo assim, o seu manuseio gera custo alto com pessoal e consumo de energia, além do aumento na probabilidade de acidentes graves.

Para a maioria das peças o processo de fabricação inicia no setor de preparação. É neste setor onde estão instaladas máquinas de tecnologias mais avançadas da fábrica, programadas através de controle numérico computacional, utilizando os arquivos desenvolvidos no detalhamento. No setor de preparação, as chapas, perfis W, e cantoneiras são cortados, furados e marcados de acordo com os croquis de fabricação, formando os elementos, chamados de marcas, que serão componentes das peças.

Algumas peças são processadas inicialmente no setor de perfilados, onde ficam as máquinas perfiladeiras que tem o objetivo de confeccionar perfil U, C, Z, telhas trapezoidais e telhas *steel deck*. Os equipamentos deste setor tem tecnologia mais simples e necessita de maior atenção dos operadores para a fabricação de seus produtos. O setor tem função de fabricar marcas que serão partes de peças metálicas ou produtos finais como terças, telhas e formas *steel deck*.

Após a produção das marcas, nos setores de preparação e perfilados, a caldeiraria recebe esses materiais e promove a separação das marcas por peças. Os caldeireiros, líderes das equipes de caldeiraria, fazem a traçagem das peças, ou seja, marcam no elemento central os pontos onde as demais marcas serão fixadas, conforme a Figura 18, utilizando os croquis de fabricação. Com as traçagem da peça completa, os auxiliares de produção realizam a montagem das marcas, onde as partes são unidas apenas por pontos de solda e são realizados os desbastes das áreas onde serão realizados os cordões de solda.

Figura 18: Exemplo de peça assembled.



Fonte: elaborado pelo autor

Após a montagem das marcas, o caldeireiro libera as peças para o setor de soldagem. Os soldadores identificam cada peça nos croquis de fabricação, e segue as suas orientações para a execução da solda, utilizando o material adequado e realizando os cordões de solda com a espessura determinada.

As peças já soldadas são liberadas para o lixamento onde o operador de lixadeira realiza o acabamento das soldas conforme as orientações do caldeireiro, deixando as peças finalizadas e prontas para o tratamento de superfície.

As peças são então movimentadas até a cabine de jateamento abrasivo. Nesta etapa, o jateador faz a limpeza superficial das peças metálicas com a utilização de gralha de cobre, e deve atender ao tipo de jateamento indicado no projeto. O jateamento tem a função de retirar todas as impurezas da superfície do substrato, evitando temporariamente a formação de óxidos e melhorando a qualidade da aderência das tintas a serem aplicadas posteriormente.

No setor de pintura é finalizado o processo de fabricação. Nesta fase as peças são separadas por etapas de obras e posicionadas nas bancadas de pintura. Os materiais a serem utilizados no tratamento de superfície dependem do esquema de pintura indicado no projeto, que varia consideravelmente de acordo com o ambiente onde será montada a estrutura e/ou com a utilização da futura edificação.

A aplicação dos materiais de base e de acabamento devem atender as orientações do fornecedor, tanto em relação a sua preparação e aplicação, quanto ao tempo de cura da camada de tinta para movimentação da peça e aplicação de nova demão. Ao final dos procedimentos de pintura, as peças passam por avaliação da espessura de camada de tinta, com a utilização de um medidor de espessura ultrassônico, conhecido entre os operadores como micrômetro.

As peças já com a tinta seca têm as suas marcas apontadas na planilha de produção, recebem as etiquetas de identificação e são liberadas para o setor de expedição. O supervisor de expedição orienta os auxiliares onde devem armazenar as peças prontas de acordo com as programações de transportes do material para as obras.

As peças são apoiadas sobre pallets ou sobre barrotes de madeira, nunca diretamente sobre o chão, visto que são movimentadas com o auxílio de equipamentos como empilhadeiras e pontes rolantes e é necessário que as peças sejam elevadas por baixo. Durante o armazenamento tem-se o cuidado de deixar os códigos marcados nas peças virados para cima, para que a identificação seja facilitada no momento do carregamento e expedição.

Chegado o dia programado para a expedição, as peças são novamente movimentadas e içadas com a utilização de pontes rolantes ou caminhões munck, onde as peças são içadas presas a cintas de carga e empilhadas nos caminhões ou carretas. É realizada a amarração adequada das peças no automóvel e liberadas para

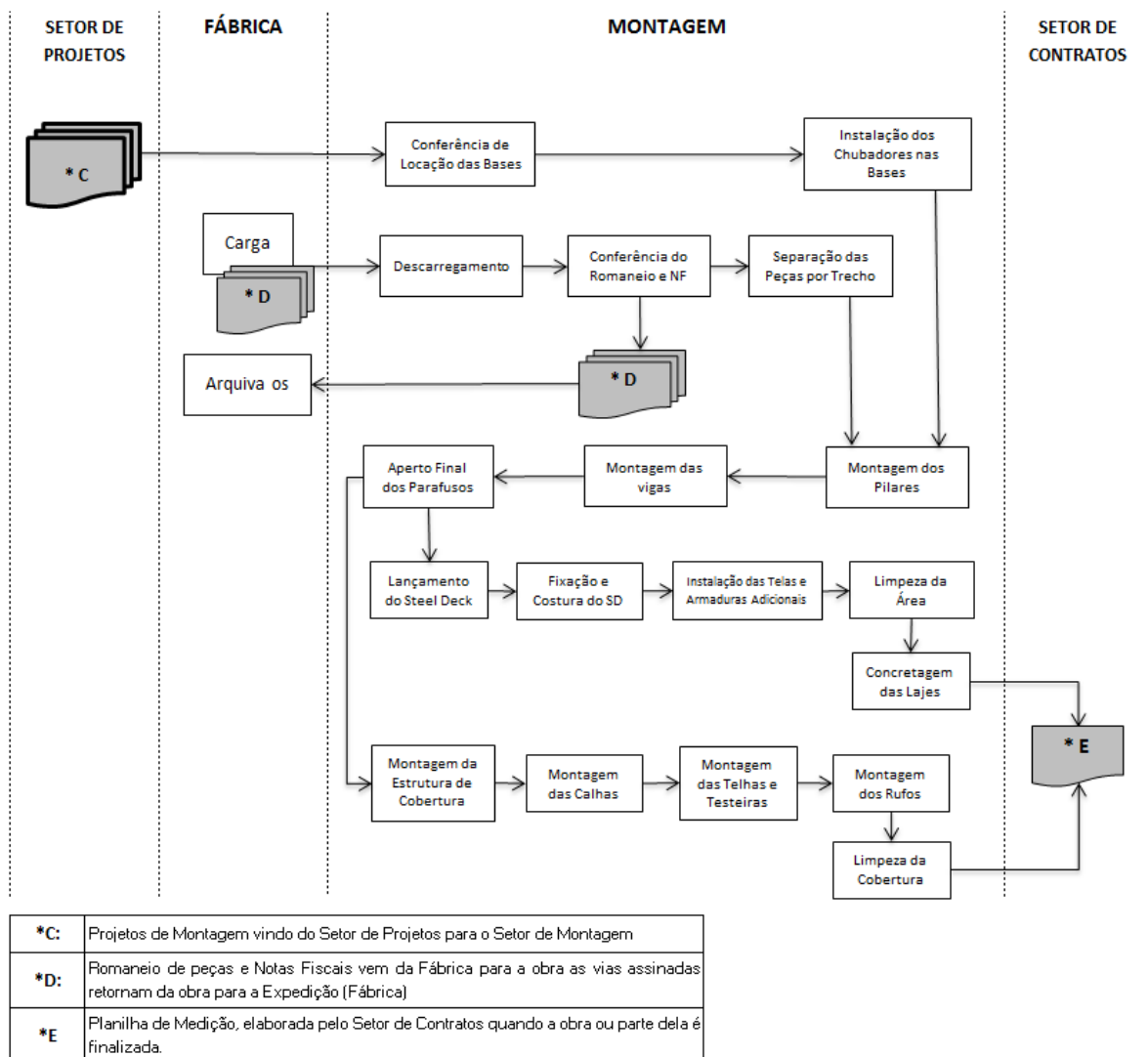
a viagem com o romaneio de peças, que deve retornar assinado pelo responsável no recebimento do material na obra.

3.2.3. Setor de Montagem

As equipes de montagem são compostas por montadores, auxiliares de produção, operadores de caminhão *munck* e encarregados de montagem. Sendo alocados nas obras em quantidades condizentes com o porte da estrutura e de acordo com os prazos acordados para a execução, seguindo o fluxo de atividades mostrado na Figura 19.

Além das equipes de execução, existe sempre um engenheiro civil acompanhando o andamento da montagem e o supervisor de montagem, que tem a função de dar suporte técnico a todas as obras, sempre que solicitado.

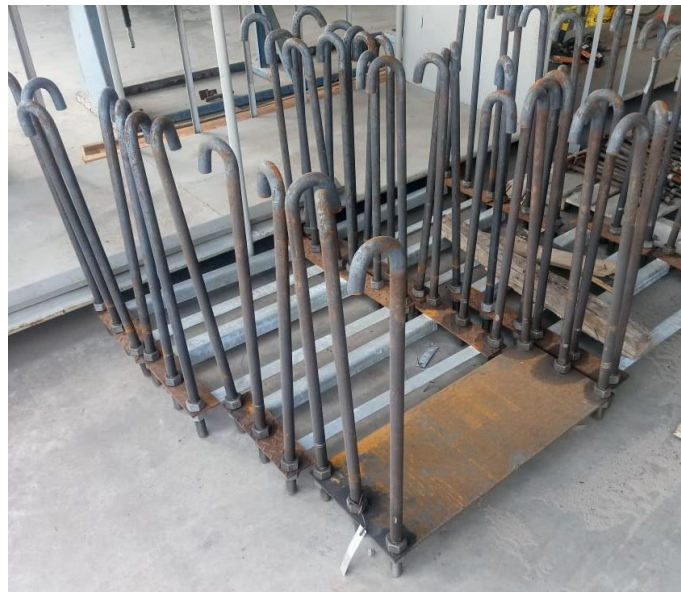
Figura 19: Fluxograma do processo atual do Setor de Montagem



Fonte: elaborado pelo autor

Nas obras, a primeira atividade desenvolvida pela equipe de montagem é o acompanhamento na execução da fundação. Esse acompanhamento é essencial principalmente pela precisão milimétrica exigida na construção metálica. São conferidos os gabaritos e as cotas de posição dos chumbadores nos blocos de fundação. Para o posicionamento correto, são utilizadas chapas de gabarito com dimensões idênticas às placas de bases dos pilares que serão montados, conforme a Figura 20.

Figura 20: Chumbadores com gabarito para chapas de base

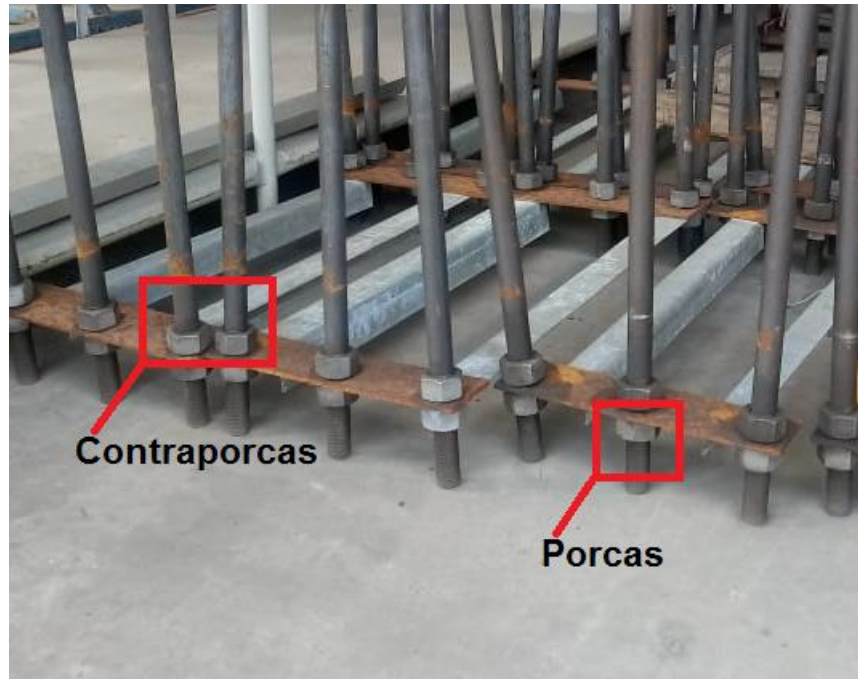


Fonte: elaborado pelo autor

As estruturas metálicas chegam à obra e são mais uma vez movimentadas com o auxílio do caminhão *munck*, para o descarregamento e armazenamento no canteiro de obras. Os demais materiais, como parafusos, pinos conectores e eletrodos devem ser armazenados em área coberta.

A montagem inicia geralmente com a instalação dos pilares. Nesta operação as peças são içadas com o auxílio do caminhão *munck*, e tem as suas placas de base encaixadas nos chumbadores. Para que o pilar seja adequadamente posicionado no nível indicado no projeto, são feitos ajustes na contraporca até ser atingida a altura requerida da chapa de base, conforme a Figura 21.

Figura 21: Detalhe nos chumbadores mostrando as porcas e contraporcas.



Fonte: elaborado pelo autor

Ao serem instalados todos os pilares da obra, ou da etapa, as vigas e outros elementos estruturais começam a ser separados por trechos e empilhados próximos à área de destino. Antes da montagem das vigas, os níveis das chapas de ligação são confirmados em relação ao especificado nos projetos de montagem. Aprovadas as medidas, iniciam-se os procedimentos de montagem das peças horizontais.

Inicialmente as vigas são fixadas sem o aperto total dos elementos de fixação (parafusos, porcas e arruelas), e após a fixação de todas as vigas do trecho, antes de apoiar estruturas de laje ou outros elementos que gerem cargas nas vigas, as equipes se distribuem para que um montador e um auxiliar venham apertando os parafusos da área montada.

Após o aperto das estruturas, pode ser iniciada a montagem das lajes *steel deck*. Esta etapa se divide em quatro atividades principais, que são o lançamento do *steel deck* em cima das vigas, a aplicação dos pinos conectores, a costura entre as peças de *steel deck* e a instalação das chapas de contorno. Essas atividades são orientadas através dos projetos de paginação.

Com as formas instaladas e fixadas no local, é feito o lançamento das armaduras de retração e armaduras adicionais. O *steel deck* serve como armadura positiva, além de forma, no entanto, para combater esforços de momentos negativos

é necessária a instalação de armaduras adicionais, e para o combate a fissuras na superfície da laje, são inseridas as telas soldadas.

Antes de proceder com a concretagem na laje, é essencial que se verifique a necessidade de escoramento na forma ou nas vigas. Além disso, é realizada uma limpeza na superfície do *steel deck*, retirando restos de plásticos, papelão, ou outros resíduos que possam ocasionar redução na aderência do concreto à chapa da forma.

Finalizadas as etapas de preparação da laje, é liberada a concretagem. O concreto utilizado é sempre usinado e fornecido por empresa concreteira da região. Durante a execução da concretagem, tem-se o cuidado de começar a espalhar o concreto próximo às vigas, nunca na região central dos *steel decks*, devido à grande possibilidade de deformação dos mesmos com o peso concentrado na região de maior momento.

Para a estrutura de cobertura o processo de montagem é bem semelhante à montagem das vigas, o que diferencia são os elementos estruturais que, sendo mais leves, reduz-se na montagem a dependência do uso do caminhão munck para todas as movimentações.

Os elementos de cobertura são montados na seguinte sequência: calhas, telhas, fechamentos laterais, elementos especiais (lanternim, exaustores, etc) e rufo. Visto que a cobertura e o fechamento lateral devem garantir a estanqueidade da obra, após a fixação e costura das peças de cobertura na estrutura com parafusos, é necessário que seja feita a vedação de cada ponto de abertura, ou encontro entre as peças, com material selante específico para cada função.

Nas emendas entre as telhas, entre partes das calhas, entre partes dos rufos, etc, tanto no sentido longitudinal como no transversal, são utilizadas fitas a base de borracha butílica de grande elasticidade como selante. Nos pontos onde são feitos os furos para fixação de parafusos são utilizados selantes flexíveis à base de poliuretano.

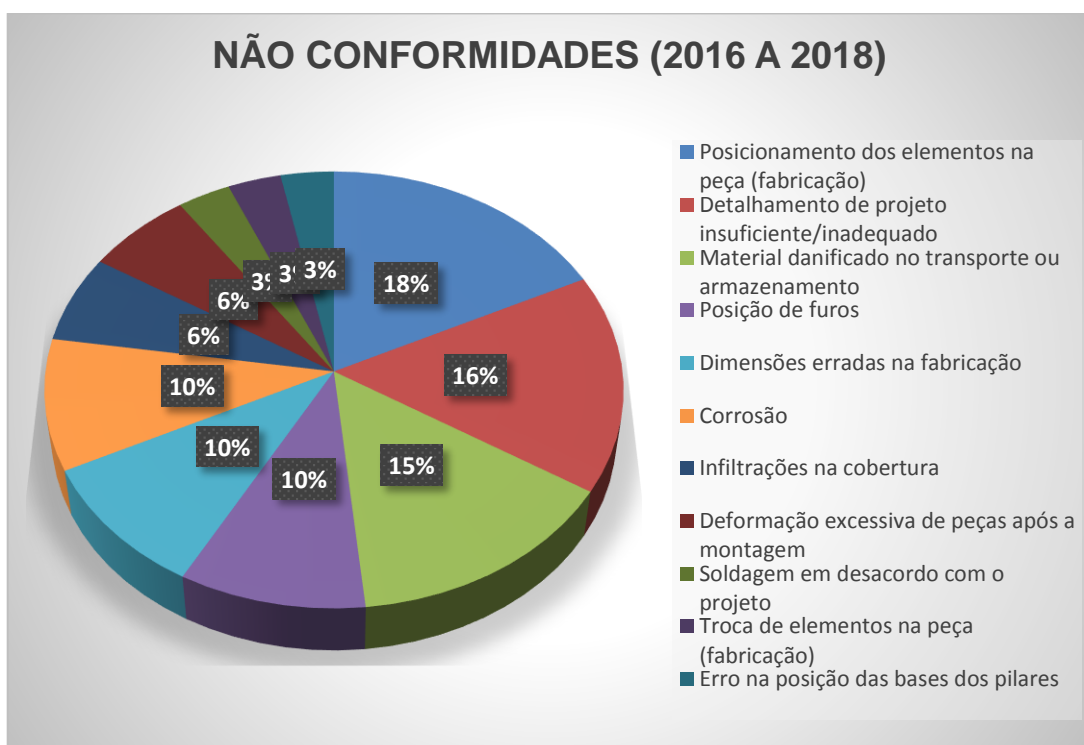
Após a finalização da montagem dos elementos de cobertura, é feita a retirada dos filmes plásticos das telhas, quando estas vêm com este revestimento de proteção, e feita a limpeza geral da cobertura. Não deixando que restem resíduos como limalhas de aço, resultante dos recortes de materiais metálicos, embalagens de produtos aplicados na cobertura, sobras de peças, etc.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. NÃO CONFORMIDADES IDENTIFICADAS

Após a tabulação dos dados da pesquisa documental, foi gerado um gráfico de pizza (Figura 22) evidenciando os problemas mais recorrentes na empresa e que, portanto, merecem maior atenção, no entanto, sem deixar de lado os demais, devido à gravidade das consequências que podem causar.

Figura 22: Análise dos relatórios de não conformidades de 2016 a 2018



Fonte: elaborado pelo autor

Os relatórios foram analisados no seu conteúdo e a seguir são comentados os principais reflexos de cada tipo de não conformidade identificada, e as prováveis causas de sua ocorrência.

Posicionamento incorreto dos elementos nas peças: de 62 ocorrências, 11 foram relacionadas a peças metálicas prontas, com elementos posicionados de maneira incorreta, conforme a Figura 23. Um exemplo desta ocorrência foi que dois elementos (apoio para tesouras e chapa para fixação de viga) foram soldados em posições trocadas por orientação do setor de caldeiraria.

Esta situação evidencia problemas na fábrica, especificamente no setor de caldeiraria na atividade de traçagem, visto que em todos os casos relatados os projetos estavam corretos.

Figura 23: Exemplo de RNC com posicionamento incorreto de elementos nas peças



Fonte: elaborado pelo autor

Detalhamento de projeto inadequado ou insuficiente: 16% das reclamações analisadas foram relativas ao detalhamento nos projetos de fabricação ou montagem. Em alguns faltavam informações importantes para o posicionamento correto dos elementos, em outros havia informações incorretas quanto à descrição no código das peças.

Este tipo de ocorrência pode gerar dois problemas distintos: elevar o tempo de fabricação e montagem devido à necessidade de espera pela informação correta, e pode também levar a fabricação e montagem incorreta dos elementos, situação esta com resultados imprevisíveis.

Material danificado no transporte ou armazenamento: 9 reclamações foram relativas a peças ou materiais danificados antes mesmo da sua montagem ou utilização, como mostra o exemplo da Figura 24.

Boa parte das estruturas apresentou arranhões e pontos de corrosão localizada antes de iniciar a montagem. Este fato se deve principalmente à movimentação excessiva das peças durante o armazenamento na expedição, no transporte e no armazenamento e montagem na obra.

Figura 24: Exemplo de RNC com material danificado

DESCRIÇÃO DA NÃO - CONFORMIDADE	
Telha forma <u>steel deck</u> já chegou na obra com peças amassadas. O material deverá ficar aparente ao final da obra.	
EVIDENCIA OBJETIVA DA NAO-CONFORMIDADE	
	

Fonte: elaborado pelo autor

Posicionamento dos furos: 10% dos relatórios analisados tiveram como motivo o posicionamento incorreto dos furos nas peças metálicas. Este tipo de situação, além de gerar retrabalho, muitas vezes é solucionada na obra com a inclusão de furos adicionais, realizados com maçarico. No entanto, após a abertura do furo a quente, a pintura é danificada e não há na obra o mesmo tratamento de superfície que é dado em fábrica e, desta forma, cria-se um ponto de fragilidade para a ocorrência de corrosão.

Assim como o posicionamento incorreto dos elementos, esta situação também tem origem na fábrica e poderia ser identificada na etapa de traçagem na Caldeiraria.

Peças com dimensões erradas: 10% das reclamações tinham como motivo peças que chegaram à obra com dimensões erradas, impossibilitando a finalização da montagem. Da mesma forma que ocorre com as peças com furação errada, muitas vezes as equipes de obra tentam corrigir o erro na obra, gerando problemas no tratamento superficial da peça.

Este tipo de ocorrência, em todos os casos analisados, também teve origem na etapa de traçagem no setor de caldeiraria. Fica claro que as atividades do setor

demandam bastante atenção, visto que está ainda no início de todo o processo, e tem fundamental importância para o correto desenvolvimento dos produtos.

Corrosão: 10% dos documentos analisados tratavam de problemas relacionados à corrosão, em sua maioria corrosão do tipo uniforme, onde o processo corrosivo se instaura em praticamente toda a superfície exposta. Nos seis casos analisados, todos foram ocorrências de corrosão precoce devido à baixa espessura da camada de tinta em algumas regiões das peças, conforme demonstrado na Figura 25.

Figura 25: Exemplo de RNC com reclamação sobre corrosão

DESCRIÇÃO DA NAO - CONFORMIDADE	
Diversas peças da obra estão apresentando problemas com corrosão precoce.	
EVIDENCIA OBJETIVA DA NAO-CONFORMIDADE	
	

Fonte: elaborado pelo autor

Infiltrações na cobertura: dos 62 documentos analisados, apenas 4 (3%) tratavam de infiltrações em coberturas metálicas. Sendo dois com pontos de infiltração pelas calhas e outros dois com infiltração pelos rufos metálicos.

Deformações excessivas após a montagem: foram identificados 04 relatórios (3%) contendo casos de deformações excessivas nas peças após a montagem. Duas dessas ocorrências foram relativas a terças de cobertura, conforme a Figura 26. Dos quatro casos relatados o engenheiro calculista analisou a situação e identificou que não havia riscos de colapso da estrutura em 03 casos, apenas a situação descrita na Figura 26 que precisou de reforço nas terças. No entanto, mesmo

não havendo maiores riscos estruturais, o desalinhamento das estruturas ocasionam problemas para as atividades de vedação e acabamento da obra.

Figura 26: Exemplo de RNC com deformação excessiva em terças

DESCRIÇÃO DA NÃO - CONFORMIDADE
Ocorrência de deformação excessiva com torção em 05 terças (cód. A075-004-1), durante as operações de montagem da estrutura de cobertura.
EVIDÊNCIA OBJETIVA DA NÃO-CONFORMIDADE


Fonte: elaborado pelo autor

As outras duas ocorrências foram relativas a vigas, como se pode averiguar na Figura 27, sendo uma destas ocorrências motivada pela quantidade insuficiente de pinos conectores instalados na laje, onde a viga deveria trabalhar em conjunto com a laje.

Figura 27: Exemplo de RNC com deformação excessiva em viga

DESCRIÇÃO DA NÃO - CONFORMIDADE	
As vigas 90B-VP17, 90B-VP20, 90B- VP21, 90B-VP23 que sustentam o balanço, torceram na parte superior formando um arco de aproximadamente 40 mm no sentido externo do prédio, isso aconteceu após a montagem das vigas 90B-VS28 e as outras vigas que compõem o balanço do nível 10,80, fazendo com que o balanço ficasse desalinhado.	
EVIDÊNCIA OBJETIVA DA NÃO-CONFORMIDADE	
	

Fonte: elaborado pelo autor

Soldagem em desacordo com o projeto: as reclamações por soldagem inadequada foram responsáveis por apenas 3% dos relatórios analisados. Em todos os casos foram referentes às soldas descontinuadas de chapas de piso em escadas.

Além do risco estrutural evidente, a correção da solda após realizado todo o processo de fabricação demanda alto custo por retrabalho. É necessário que a peça seja lixada, para a retirada da camada de tinta, realizada a solda correta e novo processo de pintura. Caso a peça já esteja montada na obra, todo o pessoal e equipamento utilizado deverão ser mobilizados para o local, o que aumenta ainda mais os custos.

Troca de elementos na peça: 02 relatórios dos 62 analisados tinham como motivo a identificação de peças com elementos incorretos em sua extensão. Em um dos casos na falta do material indicado pelo setor de projetos (Cantoneira L) foi utilizada uma chapa dobrada, no entanto, com espessura maior que o material projetado. Como consequência, a peça que se apoiaria nesta cantoneira não se encaixou adequadamente, sendo necessário o retrabalho da peça incorreta.

Posicionamento incorreto nas bases dos pilares: foram identificados 02 casos onde as bases dos pilares foram instaladas em posições incorretas. Em um dos casos por um erro de locação das sapatas, no outro caso, por erro de posicionamento dos chumbadores durante a concretagem, dificultando a montagem dos pilares metálicos, sendo necessário recorrer a retrabalho nas chapas de base.

O posicionamento incorreto dos chumbadores pode levar a problemas graves do ponto de vista estrutural e financeiro. Por ser uma atividade de início de obra, a incorreta locação das bases gera problemas em cadeia devido ao posicionamento incorreto de toda a estrutura apoiada.

4.2. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA CONTROLE DE CONFORMIDADES

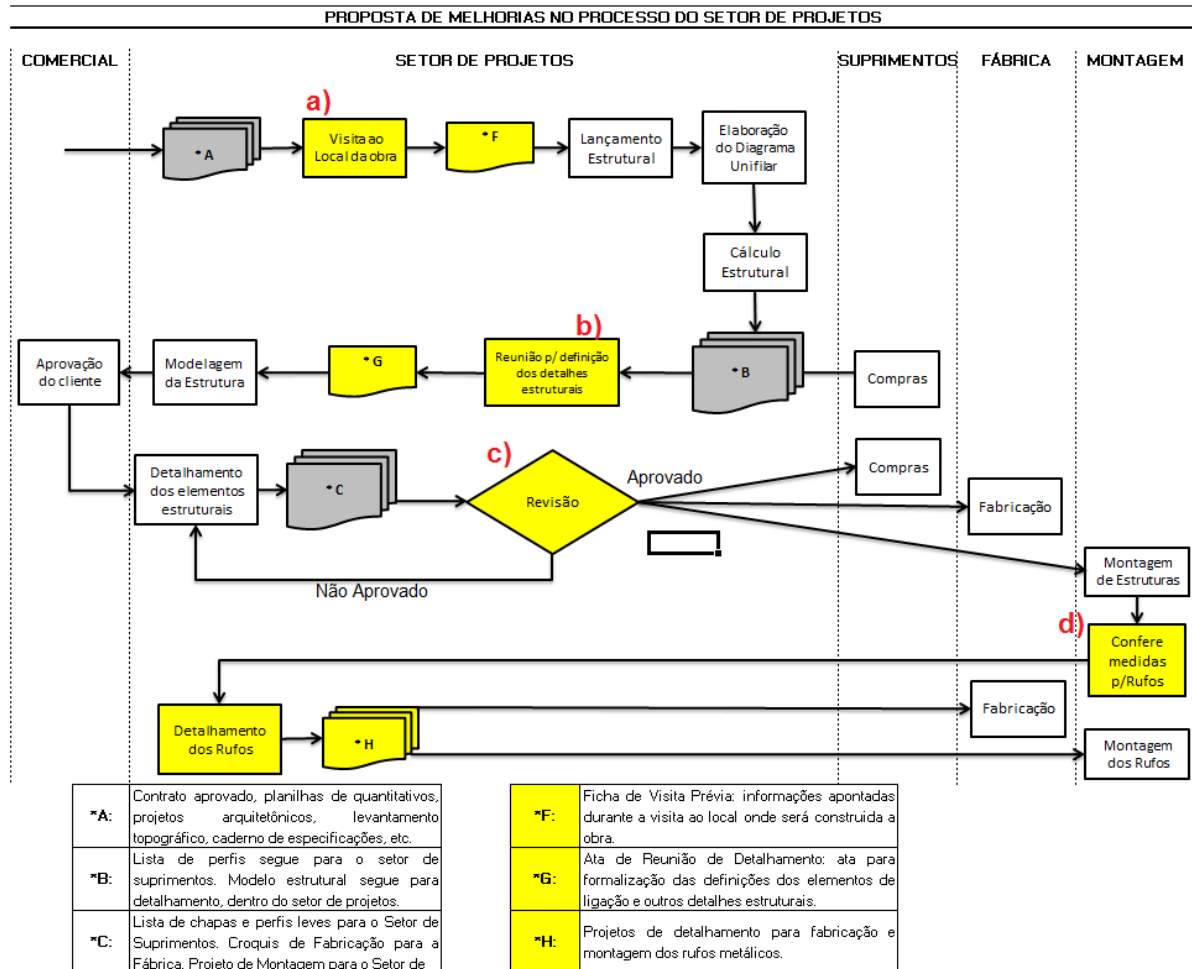
Durante as observações, e com base nos relatórios e reclamações sobre não conformidades ocorridas e na revisão bibliográfica feita, foram verificadas as principais falhas nos setores, não apenas em quantidade de ocorrências, mas também pela gravidade de suas consequências.

Para que a probabilidade de recorrência dessas situações indesejadas seja reduzida, foram propostas algumas atividades e ferramentas a serem inseridas em pontos específicos nos processos de cada setor, como forma de criar uma metodologia para o controle de conformidades.

4.2.1. Setor de Projetos

Analisando as atividades desenvolvidas no setor de projetos, bem como a utilização dos seus outputs nos demais setores, foram observados os seguintes pontos falhos e foram propostas atividades e ferramentas a serem inseridas no processo desenvolvido no setor. A Figura 28 mostra o fluxograma de atividades proposto para o Setor de Projetos, destacando em amarelo as novas tarefas e documentos.

Figura 28: Fluxograma do processo proposto para o Setor de Projetos.



Fonte: elaborado pelo autor

- a) Para evitar que erros de projeto causados por falta de informações ou informações incorretas sobre o projeto arquitetônico e/ou local onde será instalada a obra, muitas vezes por interferências existentes no local que não foram percebidas e informadas nos projetos recebidos, foi proposto que o responsável pelo Setor de Projetos realize uma visita prévia na obra e registre os apontamentos na Ficha de Visita Prévia (Apêndice 1). Esta ficha servirá como confirmação das informações repassadas pelo setor comercial, e como fonte de informações identificadas in loco que podem causar impacto no desenvolvimento dos projetos.
- b) Visto que ocorrem muitas reclamações da Fábrica e do Setor de Montagem sobre como foram projetados e detalhados os elementos estruturais, se propõe que após a elaboração do cálculo estrutural, seja feita uma reunião com os três setores para definições de detalhes estruturais, e ao final, que sejam formalizados na Ata de Reunião de Detalhamentos (Apêndice 2),

servindo de fonte de informações para os projetistas que irão executar o serviço.

- c) Foi identificada também a falta de detalhamento sobre as fixações das lajes. A maioria dos projetos de paginação das lajes *steel deck* apresentam apenas a disposição das folhas de *steel deck* no espaço da laje, mas não informa as quantidades de pinos conectores, tipo de tela soldadas armaduras adicionais, se há necessidade de escoramento, etc.

Para diminuir a ocorrência dessa e de diversos outros problemas no setor de projetos, foi proposta a inclusão da atividade de revisão antes da liberação dos projetos e listas para os demais setores. Nesta atividade, ao final da elaboração do projeto, outro projetista fará a revisão dos documentos para a identificação de possíveis falhas, caso sejam identificadas, o projeto deve retornar para o projetista responsável providenciar as correções.

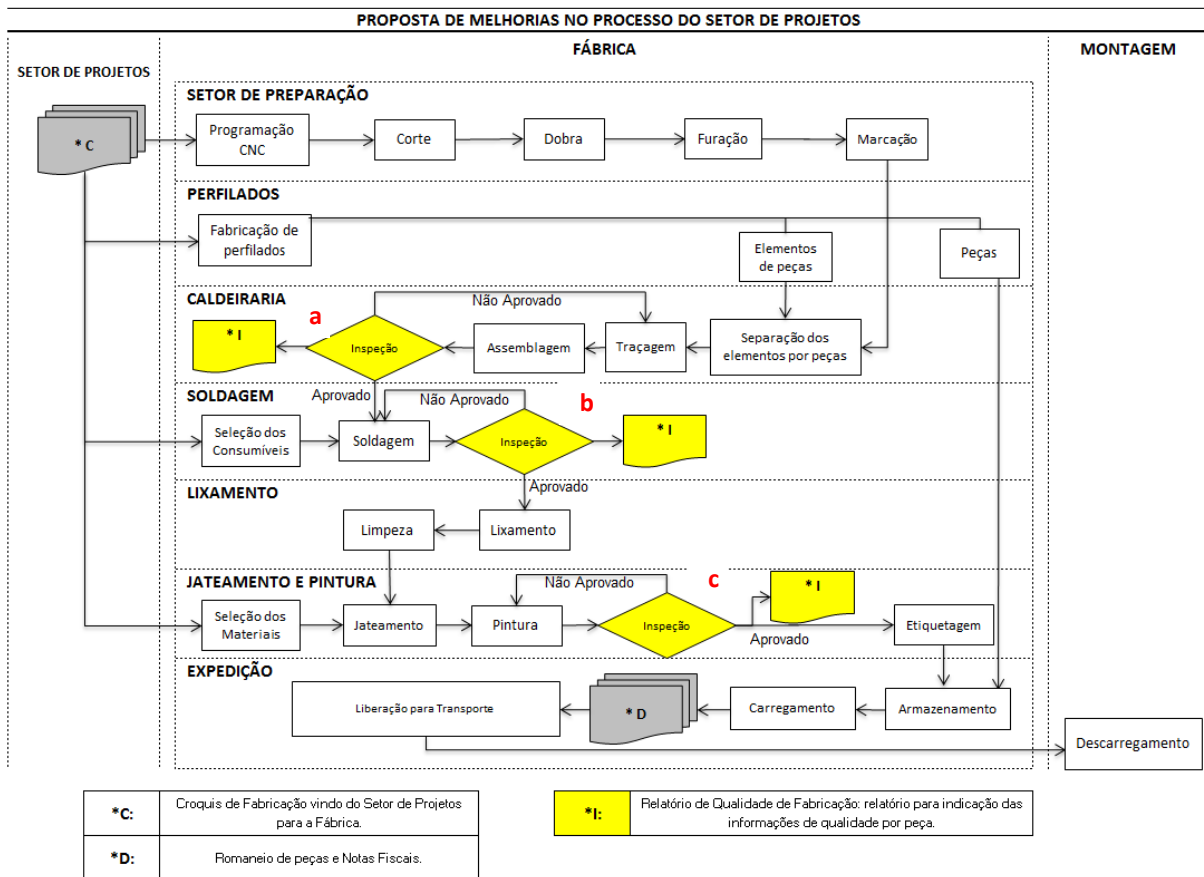
- d) Constantes revisões nos projetos de detalhamento dos rufos. Devido à precisão milimétrica, usual nas construções de estrutura metálica, ao final da obra os acúmulos de desvios nas medidas das peças montadas, ou devido ao encontro entre a nova estrutura metálica e algum prédio já existente, as peças projetadas para os rufos não encaixam perfeitamente. Desta forma, é necessário que sejam feitos novos projetos, e até mesmo retrabalho nas peças já fabricadas.

A proposta de solução apresentada inverte a posição das atividades. Após a montagem da estrutura, e montagem das telhas, o Setor de Montagem faz a conferência das medidas para a elaboração dos projetos dos rufos. Assim, seriam feitos de acordo com a realidade da obra, atendendo aos requisitos de estanqueidade.

4.2.2. Fábrica

Durante as avaliações das não conformidades em comparação com as atividades desenvolvidas na fábrica, foram identificadas as seguintes falhas e propostas de solução identificadas na Figura 29:

Figura 29: Fluxograma do processo proposto para a Fábrica.



Fonte: elaborado pelo autor

- a) Devido ao número alto de ocorrências envolvendo a fabricação de peças contendo elementos e furação em posições incorretas e peças com elementos trocados, o que denota problemas durante a etapa de traçagem, foi proposta a inclusão da atividade Inspeção Dimensional, que pode ser executada por um novo profissional no setor, ou por pessoal a ser treinado e inclua essa responsabilidade no seu rol de atividades.

A inspeção dimensional tem o objetivo de analisar se as atividades de traçagem e montagem foram realizadas corretamente, antes que a peça seja enviada para o setor de soldagem. Para que sejam liberadas para a soldagem, a peça deverá passar pela inspeção, e registrado o código da peça no Relatório de Qualidade de Fabricação (Anexo 3). Provavelmente essa ação reduzirá bastante as não conformidades de peças com elementos trocados ou posicionados incorretamente.

- b) De forma análoga à atividade “d”, a Inspeção de Solda servirá para o controle de qualidade das estruturas, para que o problema não seja percebido apenas na montagem. Nesta atividade o inspetor verifica os

cordões de solda executados na peça e, caso esteja de acordo com as orientações de projeto, libera para o acabamento da peça no setor de lixamento.

A peça só deve ser encaminhada para o próximo setor após aprovada e registrada no Relatório de Qualidade de Fabricação.

- c) Nas avaliações documentais e de observação foram identificados diversos casos de peças com espessura de pintura inadequada. Esta inadequação é prejudicial quando está abaixo da camada de pintura especificada, visto que aumenta a probabilidade de ocorrência de corrosão, e se torna antieconômica quando está muito acima, já que utiliza material além do necessário.

Atualmente já é realizada a inspeção da pintura, avaliando-se a espessura da camada de tinta. No entanto, os valores encontrados não são registrados em documento específico, sendo inviável a realização de futuras análises e controle da qualidade do processo.

O setor de orçamento informa que a pintura é responsável por aproximadamente 10% do custo da estrutura metálica, sendo assim, é interessante que o processo seja controlado constantemente.

Em relação às peças na expedição com a pintura danificada durante o armazenamento, movimentação e carregamento. Em alguns casos devido a não ter sido respeitado o tempo de cura da tinta, em outros casos devido à fricção das peças contra os barrotes de madeira, garfos das empilhadeiras e cintas de carga. A solução indicada pelos colaboradores do setor de expedição seria o revestimento dos barrotes, dos garfos das empilhadeiras e cintas de amarração com material plástico para que a peça sofra menos fricção.

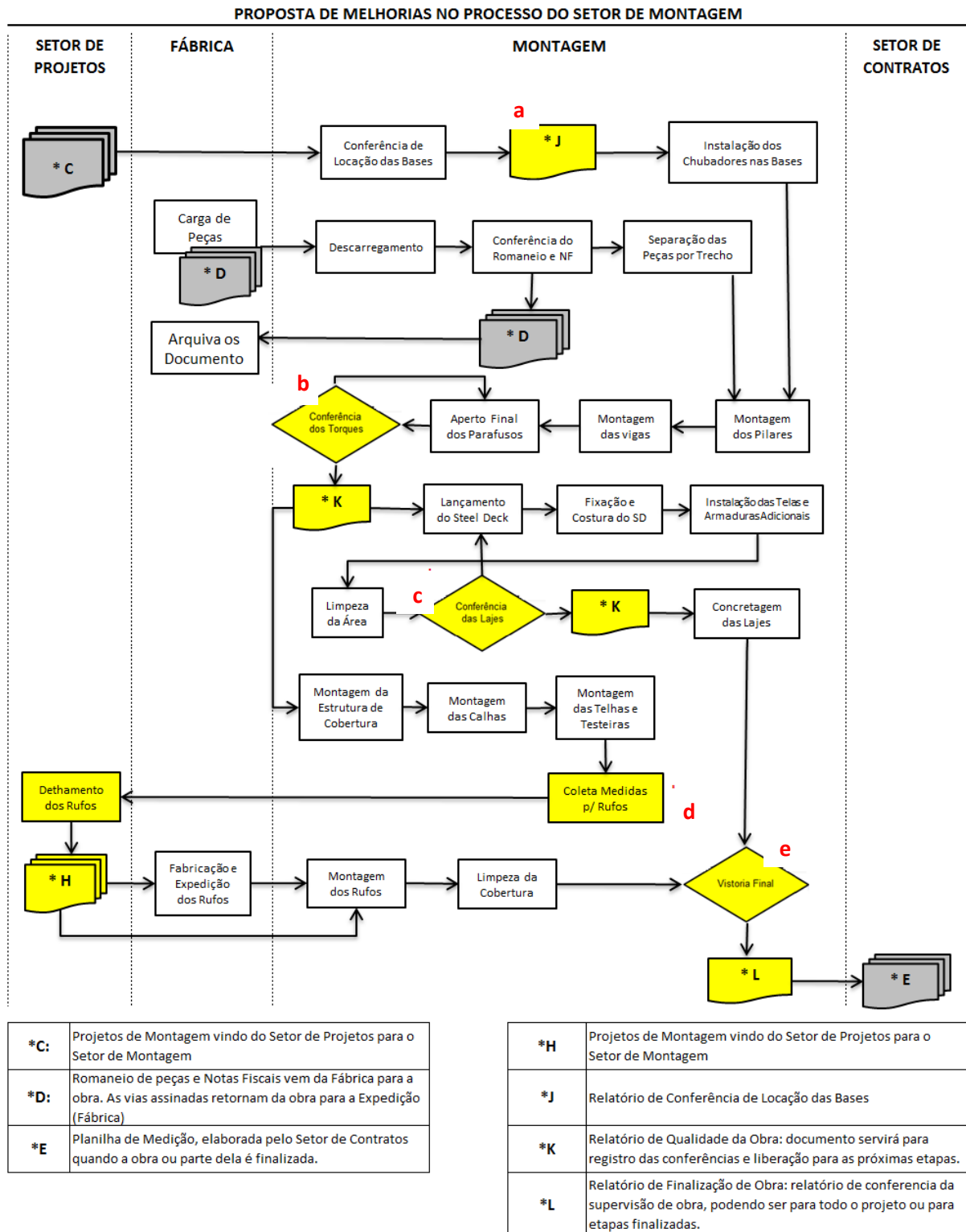
Para que os problemas da fábrica sejam tratados na causa, se propõe que periodicamente sejam levantados os quantitativos de não conformidades dimensionais e de solda, e sejam feitas reuniões com as equipes para dar feedback sobre o desempenho dos setores no quesito qualidade. Em relação à pintura, com a mesma periodicidade, devem ser avaliados se as camadas de pintura apontadas estão dentro dos limites inferior e superior, afim que seja mantida a qualidade requerida, porém sem exageros no consumo de materiais. Essas informações devem ser coletadas nos Relatórios de Qualidade de Fabricação (Apêndice 3).

4.2.3. Montagem

Nas obras pôde-se perceber que o acúmulo de não conformidades dos processos anteriores leva a um grande desperdício de tempo e recursos financeiros nesta etapa. Além de problemas transferidos dos outros setores, algumas falhas também tem origem nesse setor.

As atividades realizadas pelo setor são em sua maioria realizadas sem nenhum tipo de registro formal, fato que aumenta as chances de novas ocorrências, visto que as equipes de obra podem mudar, e assim, não saberão os resultados dos serviços realizados anteriormente. Para que sejam minimizados os problemas e sejam feitos registros indispensáveis na obra, uma proposta de inclusão de atividades e registros é apresentada na Figura 30.

Figura 30: Fluxograma do processo proposto para a Montagem.



Fonte: elaborado pelo autor

- a) Para que seja dado o início na montagem é imprescindível que sejam confirmadas as medidas de locação das bases, visto que, caso não seja executada de forma correta, poderá incorrer em altos custos com retrabalho na estrutura. Após a conferência, deve-se fazer o registro no Relatório de

Conferência de Locação das Bases (Apêndice 4), e inclusive as divergências identificadas para que seja solicitada a correção.

- b) Devido aos riscos a que a obra pode estar submetida, caso a estrutura receba concretagem das lajes ou outras cargas sem o aperto final das estruturas, foi proposta a atividade Conferência dos Torques. Nesta atividade, o responsável pela montagem deve providenciar a conferência do aperto dos elementos de fixação com o auxílio de torquímetro.

O trecho da obra só deverá ser liberado para as próximas etapas de execução após ser registrado no Relatório de Qualidade da Obra (Apêndice 5) que o trecho está a estrutura devidamente fixada, com assinatura dos responsáveis pela conferência.

- c) Analisando os históricos da empresa, foram identificadas algumas falhas em relação à execução das lajes *steel deck*. Um dos tipos de situação refere-se ao escoramento nas vigas e/ou lajes nos casos em que há necessidade. A utilização de escoras nas estruturas metálicas não é corriqueira, apenas em alguns casos, por recomendação do engenheiro estruturalista. No entanto, essa informação não tem constado nos projetos de montagem, e por problemas de comunicação pode não chegar à obra no momento oportuno.

Outra situação identificada é a do *steel deck* montado sem pinos conectores nas vigas, devido à forma estar com a onda alta coincidindo com a posição da viga abaixo. Nestes casos o projeto de paginação das formas deveria detalhar um esquema de adaptação para que os pinos sejam fixados corretamente, conforme a Figura 31.

Figura 31: Exemplo de adaptação do *steel deck* para fixação dos pinos



Fonte: elaborado pelo autor

Para que as situações expostas não ocorram e a laje seja concretada de maneira inadequada, após o lançamento e fixação das lajes *steel deck* e montagem das armaduras, deve ser feita a conferência de todo o serviço executado para que se proceda com a concretagem.

Os riscos associados a atividade demandam esse cuidado, além do alto custo com correções posteriores, que possam ser necessárias se não houver o devido preparo. Assim, a área só deverá ser liberada após a conferência do serviço realizado em comparação com as informações do projeto, além da limpeza das formas para melhor aderência ao concreto, e a necessidade de escoramento em vigas e/ou *steel deck*. Conferida a conformidade, a liberação para concretagem deve ser registrada no Relatório de Qualidade da Obra.

- d) Tarefa realizada em conjunto com o setor de projetos, já mencionada no item “c”, para que seja reduzida a quantidade de problemas com não conformidades nos rufos.
- e) A vistoria final deve ser realizada sempre que for concluída a obra, ou parte da obra dela. O Relatório de Finalização da Obra (Apêndice 6) servirá para a confirmação com o cliente de que os serviços foram entregues em conformidade com a qualidade requerida, bem como ao setor de contratos, para que possa realizar a medição da obra, e caso já tenha finalizado toda a obra, proceder com o encerramento do contrato.

Com a inclusão da tarefa e registro da vistoria final, serão reduzidos os problemas como sobras de materiais deixados em cima da cobertura, podendo causar pontos de corrosão localizados ou generalizados, pilares não grouteados, peças com pontos de corrosão localizados ou generalizados, vazamentos, entre outras situações que podem causar mal estar com o cliente na finalização da obra.

Esse documento tem campo para assinatura do cliente, confirmando o recebimento da obra ou etapa, conforme o contrato.

Nas visitas às obras, foram percebidas diversas situações com materiais armazenados de maneira incorreta, causando danos graves, principalmente relativos à corrosão. Em algumas obras visitadas foram vistos caixas de parafusos e outros elementos de fixação armazenados em locais a céu aberto. O mesmo foi percebido

com telhas de chapa galvalume, armazenadas a céu aberto, sem nenhum tipo de cobertura, e sem declive para escoamento nos casos de chuva, contrariando as orientações dos fornecedores.

A proposta para dirimir esta situação, é a aplicação de treinamentos sobre a correta disposição dos materiais ao pessoal das obras, e constante vistoria desta situação por parte dos engenheiros e supervisores de obra.

5. CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível identificar que as não conformidade mais recorrentes na empresa foram a fabricação de peças com posicionamento incorreto dos elementos, sendo responsável por 18% dos relatórios analisados, os projetos de detalhamento com informações erradas ou insuficientes, referentes a 16% das ocorrências, e os materiais danificados no transporte ou armazenamento, responsável por 15% da amostra.

Da análise dos relatórios em conjunto com a observação do fluxo de atividades, se pode perceber que a atividade de traçagem, no setor de caldeiraria, é uma das atividades mais críticas, responsável por 04 tipos de não conformidades bastante recorrentes: posicionamento incorreto dos elementos (18%), posição incorreta dos furos nas peças (10%), dimensões erradas na fabricação (10%) e troca de elementos na peça (3%).

Fica claro que para se alcançar o sucesso em projetos, especificamente os de construção metálica, é necessário que haja bastante integração entre os processos da empresa. Problemas identificados no final da montagem muitas vezes tem origem no início de todo o processo, gerando altos custos de retrabalho para a sua correção, podendo vir até mesmo a comprometer a continuidade do projeto.

Cada setor deve sempre trabalhar para entregar o melhor produto à equipe subsequente, porém, erros em menor ou maior quantidade sempre ocorrerão, no entanto, podem ser percebidos com maior agilidade apenas utilizando ferramentas simples de controle de qualidade. O trabalho atingiu os objetivos visto que foram identificadas as principais ocorrências de não conformidades e falhas nos processos, e foram propostas soluções de melhoria para o controle da conformidade que podem ser implantadas de forma simples.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **Execução de estrutura de aço: práticas recomendadas**. São Paulo – SP, 1ª Edição, 2010.

ANDRADE, Sebastião Arthur Lopes. **Análise dinâmica não linear de pisos mistos considerando-se os efeitos da interação parcial e das ligações viga-coluna e viga-viga**. Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia de Estruturas da Pontifícia Universidade Católica do Rio - PUC-Rio, Rio de Janeiro – RJ, 2012.

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 - RJ, 2008.

BORDIM, M.F. NOVELLO, M.S. PRAVIA, Z.M.C. **Como fazer o detalhamento de estruturas de aço**. Artigo publicado na revista eletrônica Técnica, 2016. Disponível em < <https://techne.pini.com.br/2016/12/artigo-como-fazer-o-detalhamento-de-estruturas-de-aco/> > acesso em 05 de outubro de 2018.

CARINI, M.R. MORSCH, I.B. **Análise numérica de vigas casteladas para a determinação da resistência à flambagem lateral com torção**. XXVI Salão de Iniciação Científica – SIC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2014.

CARNEIRO, Tiago J.D. **Estudo da durabilidade de elementos metálicos da envolvente dos edifícios**. Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Civil da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

CASTRO, A.A. MICHALKA, C. **O uso da estrutura de aço na arquitetura como alternativa para o desenvolvimento sustentável da construção civil brasileira**. I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável – CLACS, São Paulo – SP, 2004.

CASTRO, Eduardo M.C. **Patologias dos edifícios em estrutura metálica**. Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto-MG, 1999.

COELHO, Pedro. **Diferentes tipos e formas de corrosão**. Artigo publicado no site Engenharia Química Santos SP, 2015. Disponível em < <https://www.engquimicasantosp.com.br/2015/06/diferentes-tipos-e-formas-de-corrosao.html> > acesso em 02 de setembro de 2018.

COSTA, Sonia P.A. **Passos para a implementação de um sistema de gestão da qualidade numa instituição de ensino superior**. Dissertação apresentada ao Mestrado em Gestão da Qualidade da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

DAL´BO, T.C.M, SARTORTI, A.L. **Falhas e patologias nas estruturas metálicas**. Congresso Latino-americano de Construção Metálica, CONSTRUMETAL, São Paulo – SP, 2012.

DALDEGAN, **Eduardo**. **Montagem de estruturas metálicas: 10 cuidados essenciais**. Artigo publicado no site Engenharia Concreta, 2016. Disponível em < <https://www.engenhariaconcreta.com/montagem-de-estruturas-metalicas-10-cuidados-essenciais/> > acesso em 07 de setembro de 2018

ESTUMANO, K.C. et al. **Identificação dos principais fatores que provocam atrasos no atendimento de solicitações de manutenção corretiva em uma empresa do setor de telecomunicações utilizando-se ferramentas da qualidade**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza – CE, 2015.

FABRÍCIO, Márcio Minto; ORNSTEIN, Sheila Walbe; MELHADO. Conceitos de qualidade no projeto de edifícios. In: FABRÍCIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. (org.). **Qualidade no projeto de edifícios**. São Carlos - SP: Rima Editora, ANTAC, 2010.

FALEIROS, João P.M. et al. **O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas e o boom da construção civil: um panorama do período 2001-2010**. Artigo publicado na Biblioteca Digital do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES, 2012. Disponível em < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1517/1/A%20set.35_O%20crescimento%20da%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20estruturas_P.pdf > acesso em 23 de agosto de 2018.

FERREIRA, G.J.C. **Análise e melhoria de um processo produtivo de uma empresa do ramo automóvel**. Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho, Portugal, 2013.

FIORITI, C.F. TSUTSUMOTO, N.Y. SANTOS, T.S. **Manifestações patológicas em edificações com estruturas de aço em Presidente Prudente**. Congresso Latino-americano da Construção Metálica – CONSTRUMETAL, São Paulo – SP, 2014.

FORMIGONI, Alexandre. et al. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas**. Artigo publicado na revista científica INOVAE, Journal of Engineering and Technology Innovation, São Paulo – SP, 2014.

GRANATO, José Eduardo. **Patologia das construções**. Apostila da disciplina Patologia das Construções, AEA Cursos, São Paulo – SP, 2012.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto-MG, 2009.

GUIMARÃES, Stela R. M. **Aplicação de lajes steel deck em edifícios de múltiplos andares**. Projeto de graduação apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2016.

HANSEN, Thomas. **Theory of plasticity for steel structures: solutions for fillet welds, plate girders and thin plates**. Tese de pós doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Técnica de Denmark (Technical University of Denmark), Dinamarca, 2007.

INABA, Roberto. COELHO, Cátia M. C. S. **A evolução da construção em aço no Brasil**. Artigo publicado na revista Arquitetura e Aço, edição nº 42, Rio de Janeiro – RJ, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018.1. **Corrosion protection of steel structures by protective paint systems**. Geneva, 2018.

MACHADO, Simone S. **Gestão da Qualidade**. Escola técnica aberta do Brasil, Instituto Federal de Goiás, IFGO, Inhumas - GO, 2012.

MERÇON, F. GUIMARÃES, P.I.C. MAINIER, F.B. **Corrosão: exemplo usual de fenômeno químico**. Artigo publicado na revista Química Nova na Escola, edição nº 19, Rio de Janeiro – RJ, 2004.

METFORM. **Steel deck: a solução definitiva em lajes**. Catalogo institucional, Betim – MG, 2018. Disponível em < http://www.metform.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/05/steel_deck_metform.pdf > acesso em 10 de outubro de 2018.

MIRANDA, Edson. **Recuperação de telhas metálicas**. Artigo publicado na revista eletrônica Técnica, edição 173, 2011. Disponível em < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/173/recuperacao-de-telhas-metalicas--287870-1.aspx> > acesso em 22 de setembro de 2018.

MOURA, L.A. MARTINS, C.H. MOURA, A.A. **Avaliação do momento fletor resistente à flambagem lateral com torção de vigas casteladas com diferentes modelos de reforço longitudinal**. Artigo publicado na revista científica Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, 2016.

OLIVEIRA, Antonio R. **Corrosão e tratamento de superfície**. Escola técnica aberta do Brasil, Instituto Federal do Pará, IFPA, Belém – PA, 2012.

PACHECO, Marta C.S. **O uso das ferramentas da qualidade nas organizações portuguesas**. Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho, Portugal, 2012.

PALATNIK, Sidney. **Ensino a distância de estruturas de aço**. Dissertação apresentada ao Mestrado em Arquitetura da Universidade São Judas Tadeu, USJT, São Paulo - SP, 2011.

PANNONI, Fábio D. **Projeto e durabilidade**. Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, IBS / CBCA, Rio de Janeiro – RJ, 2009.

PEREIRA, Aline G. de L. **Análise de não conformidades de projetos da etapa de construção de edifícios**. Monografia apresentada ao programa de especialização

em Gestão de Projetos na Construção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo – SP, 2017.

PEREIRA, L.S.S. FIRMINO, C.R.S. IRINEU, A.B.M. NUNES, J.D.C. **A aplicação das ferramentas da qualidade como melhoria da produção: um estudo de caso numa confecção de fardamentos.** II Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, Sumé – PB, 2014.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)**, Project Management Institute, 4th ed., Newton Square, PA, 2017.

PRAVIA, Z.M.C. BETINELLI, E.A. **Falhas em estruturas metálicas: conceitos e estudo de caso.** Artigo publicado no site Portal Metálica, 2016. Disponível em < <http://wwwo.metlica.com.br/anunciante/falhas-em-estruturas-metlicas-conceitos-e-estudo-de-casos/pagina-2> > acesso em 07 de setembro de 2018.

RAAD; Antoine A.J. **Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas.** Dissertação apresentada ao Mestrado em Construção Metálica da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto-MG, 1999.

SACCHI, C.C. SOUZA, A.S.C. **Manifestações patológicas e controle de qualidade na montagem e fabricação de estruturas metálicas.** Artigo publicado na Revista Eletrônica de Engenharia Civil, REEC, volume 13, Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 2016.

SILVA, Raphael. **Manifestações patológicas em sistemas construtivos de aço: algumas medidas preventivas.** Congresso Latino-americano de Construção Metálica – CONSTRUMETAL, São Paulo – SP, 2012.

SILVA, Vilma A.F. LOPES, Mack-Dowell R. **Aplicação do diagrama de Ishikawa em uma oficina de reparação automotiva.** XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. São José dos Campos – SP, 2009.

SOUZA, Djaniro Álvaro de. **Estruturas mistas de aço e concreto.** 56º Congresso Brasileiro do Concreto. Natal – RN, 2014.

TEIXEIRA, Renata B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas.** Dissertação apresentada ao mestrado em Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte – MG, 2007.

TRISTÃO, Gustavo A. **Comportamento de conectores de cisalhamento em vigas mistas aço-concreto com análise da resposta numérica.** Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia de Estruturas da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2002.

TRIVELLATO, Arthur Antunes. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para a melhoria contínua: estudo de caso numa**

empresa de autopeças. Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2010.

TUBINO, Rejane. **Controle de qualidade total.** Apostila da aula de Gestão da Qualidade do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais - PPG3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre – RS, 2013.

UENO, Tatiana. FARAH, Anamaria M.M. **Estudo do comportamento da ligação semirrígida pilar pré-moldado fundação por meio de chapa de base.** IV Inova Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2017.

VALENCIANI, Vitor C. **Ligações em estruturas de aço.** Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia de Estruturas da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 1997.

VASCONCELOS, D.S.C. et al. **A utilização das ferramentas da qualidade como suporta a melhoria do processo de produção: estudo de caso na indústria têxtil.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Salvador – BA, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Ficha de Visita Prévia

LOGO	Ficha de Visita Prévia
------	-------------------------------

CLIENTE:

DATA: / /

OBRA:

ETAPA:

ETAPA:

SETOR:

Croqui do Terreno / Área de Instalação da Estrutura:

Existem interferências no local não apontadas nos documentos do contrato? Se sim, descreva e aponte a localização no croqui:

As medias apontadas nos projetos do contrato estão corretas? Caso não estejam, descreva e aponte a localização no croqui:

Responsável pela visita no local da obra

APÊNDICE 2 – Ata de Reunião de Detalhamento

LOGO	ATA DE REUNIÃO DE DETALHAMENTO
------	---------------------------------------

Cliente:	Obra:	Data: xx/xx/xxxx
----------	-------	------------------

Participantes:	Assinatura:	Participantes:	Assinatura:

Memoria – Resumo dos Relatos/Assuntos tratados/Entradas

Conclusões/Decisões e Ações a serem implementadas no Projeto			
Item	Elemento Estrutural	Etapa / Localização	Ações Propostas

Elaborado por: _____

Visto: _____

APÊNDICE 4 – Relatório de Conferência de Locação das Bases

Logo	RELATÓRIO DE CONFERÊNCIA DE LOCAÇÃO DAS BASES
-------------	--

CLIENTE:

DATA:

OBRA:

ETAPA:

CROQUI DAS BASES

INSERIR IMAGEM DE PLANTA DA FUNDAÇÃO COM EIXOS VERTICAIS E HORIZONTAIS

CONFERENCIA DOS EIXOS HORIZONTAIS

Observações:

CONFERENCIA DOS EIXOS VERTICAIS

Observações:

CONFERENCIA DOS NÍVEIS

Observações:

Liberação em ___/___/___.

Assinatura do Responsável

APÊNDICE 5 – Relatório de Qualidade da Obra

Logo	RELATÓRIO DE QUALIDADE DA OBRA
-------------	---------------------------------------

CLIENTE:
OBRA:
ETAPA:

DATA:

CONFERÊNCIA E LIBERAÇÃO DE ÁREA PARA MONTAGEM DE STEEL DECK/COBERTURA

- | | |
|--|--------------------------|
| Aperto e conferência dos toques nas ligações parafusadas | <input type="checkbox"/> |
| Inexistência de peças com deformação excessiva | <input type="checkbox"/> |
| Inexistência de peças com corrosão em área de difícil acesso após a instalação dos <i>steel deck</i> ou cobertura. | <input type="checkbox"/> |
| Peças montadas em sua totalidade, inclusive estruturas de travamento. | <input type="checkbox"/> |
| Conferência dos níveis | <input type="checkbox"/> |

Liberação em ___/___/___.

Assinatura do Responsável

CONFERÊNCIA E LIBERAÇÃO DE ÁREA PARA CONCRETAGEM

- | | |
|--|--------------------------|
| Foi confirmada a necessidade de escoramento e instalado onde foi indicado | <input type="checkbox"/> |
| Stud bolts instalados em quantidade correta e fixados diretamente nas vigas. | <input type="checkbox"/> |
| Telas soldadas montadas com espaçadores na altura correta | <input type="checkbox"/> |
| Foi confirmada a necessidade de armadura adicional e instalada onde foi indicado | <input type="checkbox"/> |
| Realizada a limpeza da área | <input type="checkbox"/> |

Liberação em ___/___/___.

Assinatura do Responsável

