

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETOS APLICADA NO DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

PROPOSAL FOR A PROJECT METHODOLOGY APPLIED TO THE DETAIL OF METALLIC STRUCTURES

Lucas De Conto¹, Juliana Kurek², Anderson Hoose³

¹Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia de Produção, BR 285, Bairro São José, 99052-900 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: 109733@upf.br

²Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia de Produção, BR 285, Bairro São José, 99052-900 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: jkurek@upf.br

³Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia de Produção, BR 285, Bairro São José, 99052-900 – Passo Fundo – RS – Brasil. E-mail: andersonhoose@upf.br

RESUMO

Com o crescimento da construção civil, houve um aumento na procura por profissionais conceituados para desenvolverem com agilidade e eficiência os projetos de detalhamento nos diversos empreendimentos metálicos. O objetivo do trabalho é apresentar uma metodologia aplicada no detalhamento de estruturas metálicas. O método do trabalho consiste em uma pesquisa exploratória junto aos profissionais da área de projetos, garantindo o acesso a informações qualitativas e técnicas por meio de uma entrevista não estruturada relacionada a prática profissional. Foi aplicado em uma empresa de estruturas metálicas, onde foram desenvolvidas as etapas de projeto: o projeto básico, projeto executivo, projeto de chumbação, projeto de detalhamento e projeto de montagem. Dentre as principais conclusões, o trabalho visa contribuir na atividade de novos profissionais e em especial no processo de detalhamento de estruturas metálicas, afim de otimizar as fases de desenvolvimento do produto.

Palavras-chave: construção metálica, projeto de produto, processo de projeto, estrutura organizacional, gerenciamento de projetos.

ABSTRACT

With the growth of civil construction, there was an increase in the demand for reputable professionals to quickly and efficiently develop detailing projects in various metal projects. The objective of the work is to present a methodology applied in the detailing of metallic structures. The work method consists of exploratory research with professionals in the field of projects, ensuring access to qualitative and technical information through an unstructured interview related to professional practice. It was applied in a steel structure company, where the project stages were developed: the basic project, executive project, plumbing project, detailing project, and assembly project. Among the main conclusions, the work aims to contribute to the activity of new professionals and especially in the detailing process of metallic structures, in order to optimize the product development phases.

Keywords: metallic construction, product design, design process, organizational structure, project management.

1. INTRODUÇÃO

Afim de garantir a segurança da estrutura o projeto de estruturas metálicas baseia-se na escolha de uma opção que atenda as condições exigidas. Os requisitos básicos aliados as técnicas construtivas é um dos objetivos para atingir o sucesso, podendo atender as expectativas e a produtividade na importante etapa do desenvolvimento.

Diante do crescimento da demanda no mercado e da falta de profissionais qualificados para o detalhamento de projetos de estruturas metálicas, as empresas não possuem procedimentos para desenvolver o processo com práticas que as possibilitem obter maior eficiência, com menores chances

de erros em todas as fases de aplicação no desenvolvimento e metodologia aplicados em projeto (Guarnier, 2017).

Diante deste contexto, tem-se a questão da pesquisa: é possível elaborar uma metodologia de projetos para ser aplicada no detalhamento de estruturas metálicas?

Desta forma, o estudo pode ser uma fonte de referência para novos profissionais que estão desempenhando suas funções na área de projetos, onde além de trazer a aplicação prática na área de uma empresa do ramo de estruturas metálicas, também concilia o conhecimento e soluções eficientes para reduzir os problemas de acordo com o guia PMBOK e melhor utilizar os recursos (PMI, 2017).

Dentre os estudos realizados na área está o trabalho voltado à concepção do escopo no projeto de estrutural de construções metálicas (Teixeira, 2007). Ainda se tem o trabalho voltado ao desenvolvimento de fluxograma para gestão de projetos de engenharia (Santos, 2018). E a investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço (Bauermann, 2002).

O objetivo do trabalho está em propor uma metodologia no desenvolvimento de projetos, aplicada no detalhamento de projetos de estruturas metálicas, onde é desenvolvido um modelo de processos com passo a passo, das fases do processo para a concepção e execução do projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O aprendizado no processo de elaboração e detalhamento não são fornecidos por meio acadêmico. A formação de profissionais para atuar com detalhamento ocorre dentro de indústrias e de escritórios de projeto (Guarnier, 2017).

O projeto é um conjunto de atividades executadas em determinado tempo, nas organizações são criados projetos, afim de realizar um serviço ou resultado único. Sendo assim um projeto necessita um escopo definido para se obter um início e fim do mesmo (PMI, 2017).

2.1. Etapas do projeto

A etapa inicial do projeto caracteriza-se pela elaboração da proposta técnica e comercial com descrição do fornecimento quantitativo da estrutura e prazos a partir de projetos básicos, vinculando o processo de planejamento, controle, e utilização de soluções econômicas e tecnicamente viáveis. O uso abrangente de projetos nas organizações estimula a busca por fatores que influenciam o sucesso de um projeto, com o qual permite se antecipar e evitar surpresas. Esse tema assume especial importância na medida em que vários estudos apontam que as taxas de sucesso em projetos não são satisfatórias (PMI, 2017).

Deve ser elaborado um cuidadoso plano de compatibilização, com finalidade de compatibilizar todas as disciplinas afim de garantir o processo de comunicação. Para Lima (2016), o planejamento e a necessidade de tomadas de decisões influencia não apenas o produto final, mas também o custo e o prazo final.

Segundo Castro (2017), podem-se fazer alguns destaques aos empreendimentos que envolvem a construção metálica: na concepção as peças já chegam produzidas da fábrica, com a finalidade de apenas serem montadas em obra, nesse caso o projeto necessita compatibilização e planejamento. No projeto estrutural todo sistema deve ser padronizado com a intenção de obter maior produtividade, na fabricação e montagem. A industrialização exige mão de obra qualificada, para facilitar o processo de produção aceitando outros componentes pré-fabricados.

Segundo o manual da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural - ABECE (2017), devido ao fato de elaboração do projeto ser complexo e envolver diversas interfaces, o adequado seria que as empresas de projeto estrutural fossem contratadas ainda no início da concepção. Desta forma os projetos seriam previamente compatibilizados desde o início do empreendimento aumentando a qualidade da edificação.

As principais fases na construção de uma obra são mencionadas por Bellei (2010), como sendo:

- a) Arquitetura: consiste na elaboração de projetos para base dos demais projetos da edificação, que vai possibilitar a visão de obra finalizada antes mesmo da construção iniciar;
- b) Projeto estrutural: a concepção de uma estrutura deve incorporar todas as necessidades funcionais e econômicas que serão empregados na configuração da estrutura, as cargas a serem adotadas e as especificações. Esses critérios precisam descrever, de forma detalhada os elementos de sustentação, ligações e se a estrutura será soldada ou parafusada. O cálculo e dimensionamento da estrutura são realizados com base em normas (NBR 8800:2008, por exemplo) e com auxílio de softwares computacionais;
- c) Projeto de chumbeamento: é de extrema importância a compatibilização de projetos com a locação exata de níveis e cotas da obra de acordo com o projeto de topografia, assegurando maior eficiência na montagem da estrutura. A padronização de bases típicas possibilita maior produção e a redução na incompatibilidade;
- d) Detalhamento: o detalhamento da estrutura ocorre na fase do projeto executivo, onde deverão ser elaborados os desenhos de fabricação, com função de traduzir para fábrica as informações de cada peça, separadas por linha de produto, visando atender os cronogramas de fabricação e montagem;
- e) Fabricação: é o importante processo de industrialização que deverá compor as peças conforme a orientação do projeto de fabricação, elaborado no detalhamento pelo setor de engenharia. As peças são produzidas pela fábrica seguindo os parâmetros do projeto de fabricação;
- f) Limpeza e proteção: após finalizar o processo de fabricação, as peças passam pelo tratamento da superfície e pintura;
- g) Transporte: no transporte as peças da estrutura devem ser enviadas de acordo com o sentido de montagem, para que não ocorram paralisações por falta de peças;
- h) Montagem: o projeto de montagem tem por objetivo a união das peças fabricadas, através de parafusos ou soldas, executadas com mão de obra qualificada, utilizando equipamentos e ferramentas apropriadas.

3. MÉTODO DO TRABALHO

A pesquisa se caracteriza como exploratória, baseada em um estudo analítico de informações registradas, submetendo à pesquisa bibliográfica, onde se tem por objetivo a proximidade com o problema, visando facilitar seu entendimento. Desta maneira, a pesquisa se apresenta como qualitativa, desenvolvida a partir de entrevista não estruturada com pessoas que atuam na área de projeto de estruturas metálicas e também análise de referencial teórico.

O universo da pesquisa é de estudo de caso, pois a metodologia foi aplicada em apenas uma empresa no ramo de estruturas metálicas, com mais de 50 anos de atividade, atuante no mercado nacional e em diversos países do exterior.

Para que seja possível desenvolver projetos completos e corretos, foi elaborado o passo a passo das principais etapas. Os procedimentos visam alcançar resultados satisfatórios com o detalhamento de todas as fases a serem implementadas. Os projetos foram executados em programas computacionais de desenho assistido por computador - CAD, e o software TECNOMETAL específico para estruturas metálicas.

O fluxograma também chamado de mapa de processos, está entre as ferramentas básicas da qualidade (PMI, 2017). Os fluxogramas mostram a sequência das fases dos processos indicando entradas e saídas. São responsáveis por representar as atividades, pontos de decisão e a ordem geral de processamento.

A empresa pesquisada não atribui as descrições da mesma maneira descrita no manual da ABECE, adotando as atividades em 5 etapas principais, previamente determinadas a fim de atender objetivos estratégicos da organização do projeto, sendo:

- a) Projeto básico;
- b) Projeto executivo;
- c) Projeto de chumbação;
- d) Projeto de detalhamento;
- e) Projeto de montagem.

A Figura 1 apresenta o macro fluxograma do processo de projeto referente a execução das etapas do método do trabalho e as atividades principais, em 5 etapas fundamentais, previamente determinadas a fim de atender aos objetivos estratégicos da organização do projeto.

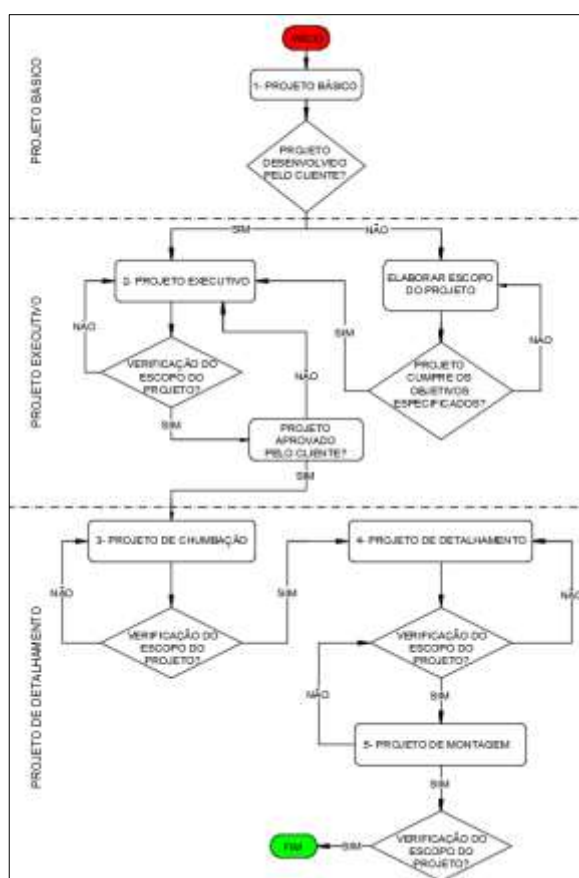


Figura 1 – Macro fluxograma do processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Projeto básico

O projeto básico apresenta a concepção da estrutura metálica, incluindo as informações técnicas, sendo que as mesmas podem não estar completas ou definidas. Visando a venda do projeto ao cliente, visto que o mesmo é consultado pela área comercial.

Nessa etapa é importante esclarecer a utilização do sistema construtivo metálico, para isso, a participação de projetistas na escolha, qual a influência durante a elaboração dos projetos. A interface com os demais sistemas industrializados se torna muito importante, afim de atender os critérios e necessidade do cliente.

O prazo para idealizar os projetos básicos é restrito, sendo assim os projetos básicos não possuem muitos detalhes e definições.

Com as informações recebidas pela empresa contratante o setor de cálculo elabora o pré-dimensionamento da estrutura metálica, com informações básicas, alturas das vigas e largura dos pilares, as ligações não são consideradas nesta fase.

No desenvolvimento completo da estrutura metálica são emitidos arquivos por parte do cliente com informações de outras disciplinas (projeto arquitetônico, sistemas hidráulicos, sistemas elétricos, locações de equipamentos, cargas, etc.) que são chamados pré-projetos.

Na elaboração do projeto devem ser representados em corte o tipo de estrutura principal, sendo composta por vigas de cobertura (viga em perfil “I” de alma cheia ou viga treliçada), pilares (de concreto ou metálicos será avaliado o tipo escolhido). O corte deve ser produzido de acordo com as informações solicitadas, informando vãos intermediários, pé direito livre, inclinação da cobertura e altura total da cumeeira.

No corte da estrutura secundária de cobertura, são apresentados os perfis dobrado do tipo “C” ou do tipo “Z”, e no sistema de cobertura espacial treliçada. O sistema de fechamento também deve ser representado no corte, podendo ser metálico adotando o sistema similar com perfis dobrados ou demais sistemas de vedação. Na elaboração da planta baixa deve constar a locação das vigas, pilares e contraventos, após estabelecido o layout dividem-se as etapas entre os projetistas para uma melhor produtividade.

4.2. Projeto executivo

O projeto executivo ou projeto de aprovação tem por finalidade descrever o produto vendido, sendo enviado para análise ao cliente para aprovação formal, de modo a dar continuidade ao projeto executivo. A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo do projeto executivo.

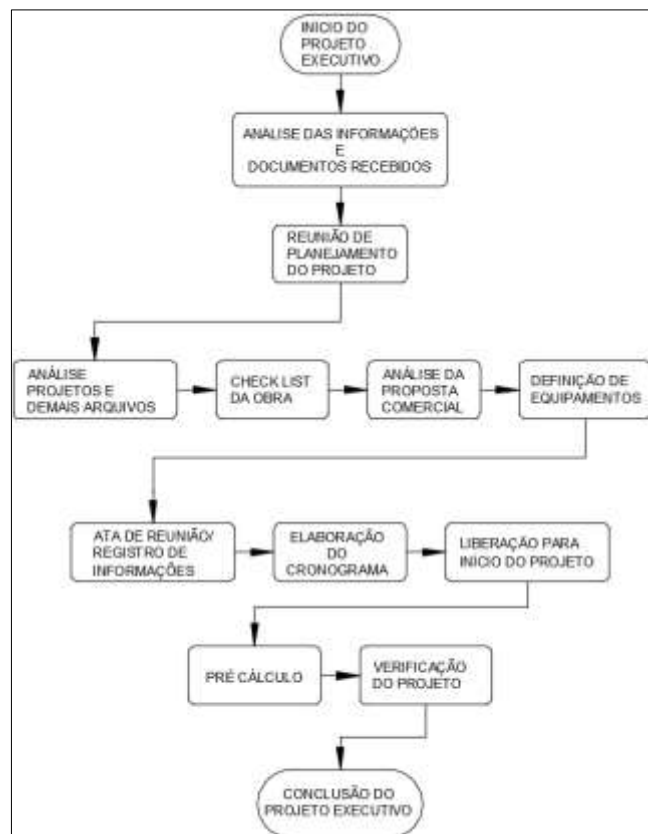


Figura 2 – Fluxograma do projeto executivo.

As informações e documentos recebidos são analisados na reunião de planejamento, afim de padronizar o processo com uso do *checklist* pré-planejado. A proposta comercial tem a função de validar o escopo do projeto e assim submeter a escolha apropriada dos equipamentos da obra.

A ata de reunião é um documento para registrar as discussões pertinentes a obra, sendo utilizada para registros e trocas de informações. O cronograma deve ser elaborado afim de planejar, monitorar e atualizar a sequência das atividades.

A liberação para o início do projeto é marcada com reuniões entre os integrantes da equipe de projeto, podendo estar presente o gerente do projeto, calculista e responsável pela fábrica, afim de identificar e resolver possíveis divergências.

No memorial de cálculo recebido do calculista é validado o dimensionamento de todas as peças principais, secundárias, travamentos e demais peças que compõem a estrutura.

A verificação do projeto é realizada com relação aos documentos de entrada, garantindo a compatibilização dos projetos e informações, a falta de informações ou interferências devem ser sinalizadas no projeto afim de garantir que a saída dos projetos seja completa.

Após realizada análise geral dos perfis, compara-se o peso orçado em relação ao peso estimado de cálculo. Em caso de divergência deverão ser repassadas ao cliente. Para a aprovação do projeto devem constar o layout da obra com eixos demarcados, para cada etapa, representados com hachuras, demonstrado na Figura 3.

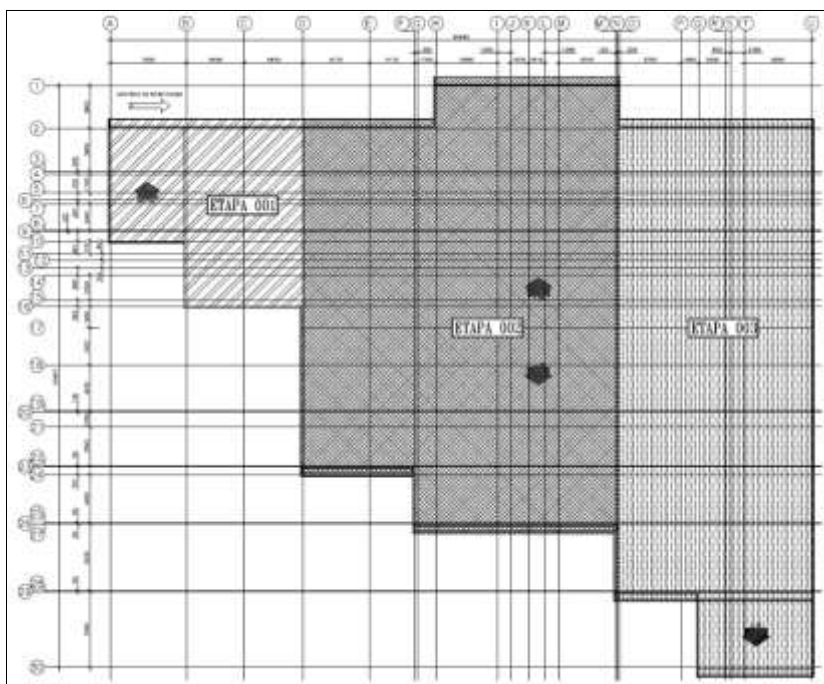


Figura 3 – Layout das etapas.

Para iniciar o processo foi necessário a elaboração do corte da obra, também conhecido por elevação dos eixos. É importante para evitar interferências com as demais interfaces além de ter informações completas. Na elaboração do projeto devem ser representados em corte o tipo de estrutura principal, sendo composta por vigas de cobertura, pilares (de concreto ou metálicos será avaliado o tipo escolhido). Devem ser informados os vãos intermediários, pé direito livre, inclinação da cobertura e altura total da cumeeira.

O fechamento da obra pode ser executado com diversos materiais, entre eles o fechamento com placa cimentícias, alvenaria ou fechamento metálico. Caso o sistema de fechamento seja metálico, deverá ser representado juntamente com a locação da estrutura secundária, com opções similares à cobertura da obra. Em obras com platibanda, a altura deve ser superior a platibanda com altura suficiente para colocar os arremates de vedação.

O espaçamento do sistema de cobertura e fechamento da obra é dimensionado pelo calculista seguindo as normas vigentes. A locação da estrutura secundária de cobertura e fechamento pode ter um vão máximo de até 2,5 metros dependendo do tipo de estrutura e travamento.

Na locação da estrutura secundária de cobertura e fechamento é importante manter os espaçamentos típicos e as furações simétricas afim de reduzir a tipologia de peças e consequentemente o tempo de projeto, redução no setup para fabricação e maior agilidade na montagem, devido a facilitar a busca das peças em obra. A Figura 4 apresenta a locação dos pilares, vigas principais, vigas de transição (quando houver), vigas de rolamento e ponte rolante (quando houver), estrutura secundária de cobertura e fechamento, alvenaria, vigas de marquise, anexo (quando houver) telhas, calhas e arremates de vedação.

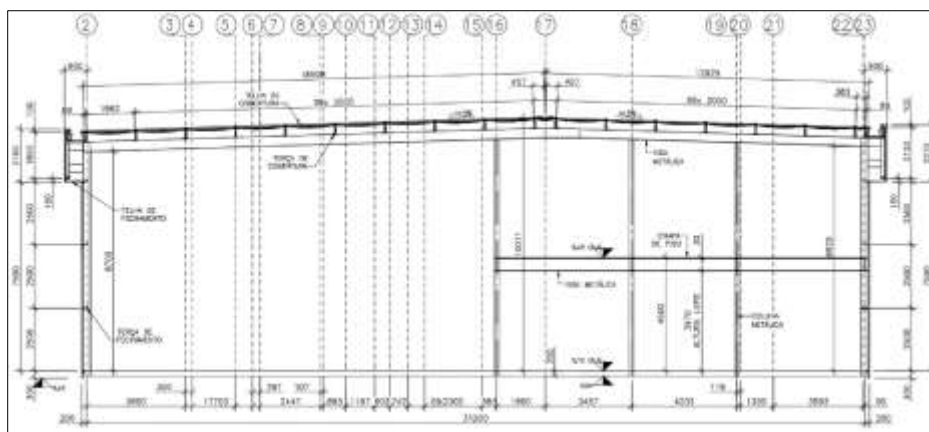


Figura 4 – Elevação dos eixos.

Após a elaboração dos cortes dá-se início à vista superior da estrutura, com a locação dos pilares, vigas principais, vigas de transição (quando houver), vigas de marquise e anexos (quando houver), cotas entre eixos e cotas totais, indicação do sentido de montagem, indicação da inclinação da cobertura, indicação das juntas de dilatação (quando houver) e indicar futura ampliação (quando houver). A Figura 5 apresenta a vista superior da estrutura principal.

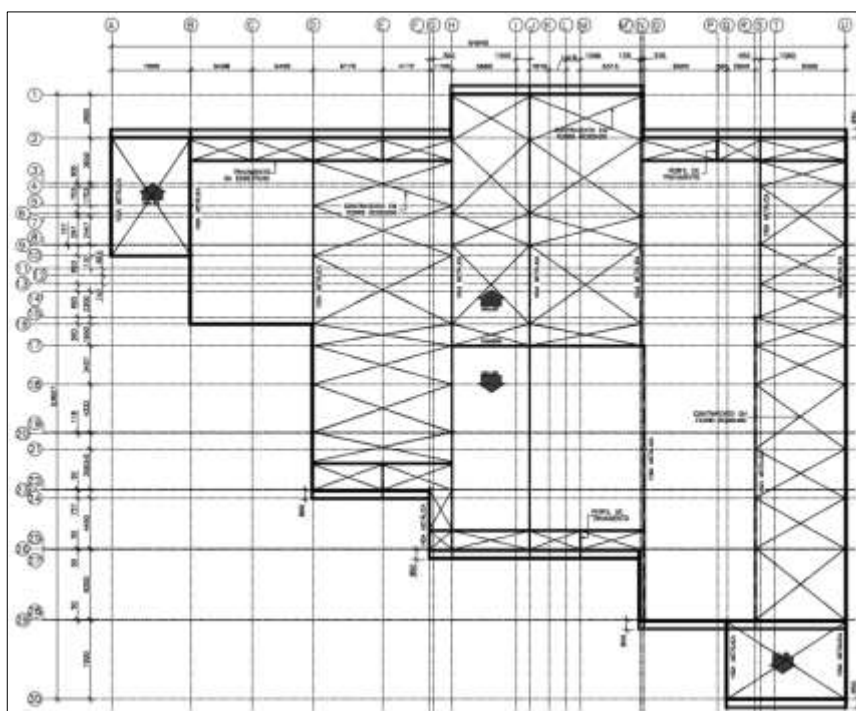


Figura 5 – Vista superior da estrutura principal.

Na planta baixa da estrutura secundária de cobertura são apresentados os perfis dobrados do tipo “Z”, nesse projeto é possível locar as terças de cobertura, correntes rígidas, tirantes, contraventos, aberturas na cobertura (quando houver) e a locação da escada de marinheiro para acesso à cobertura, conforme exemplo na Figura 6.



Figura 6 – Vista superior da estrutura principal.

Ao iniciar os projetos do fechamento recomenda-se usar como base a elevação dos pórticos, as terças de fechamento têm a finalidade de suportar as telhas de fechamento. A modulação das terças deve estar compatível às aberturas, podendo ser portas ou janelas.

A locação das aberturas deve ser compatível em relação a locação dos contraventos, caso houver interferências deverá consultar o calculista e o responsável do projeto. A Figura 7 ilustra o fechamento no oitão da obra, essa obra em questão possui platibanda.

O projeto das telhas de cobertura é elaborado considerando as elevações dos pórticos que contemplam a locação das terças, para posicionamento da iluminação zenital deve-se verificar as interferências com vigas, e produtos que não possam ficar expostos em iluminação natural.

No projeto são indicadas todas informações dos itens vendidos na proposta comercial, como: o tipo de telha, especificações de cores, espessura da telha, se terá isolamento térmico, arremates de cobertura, sistema de ventilação natural, sistema de iluminação natural (telhas translúcidas), aplicação de carga na cobertura entre outros.

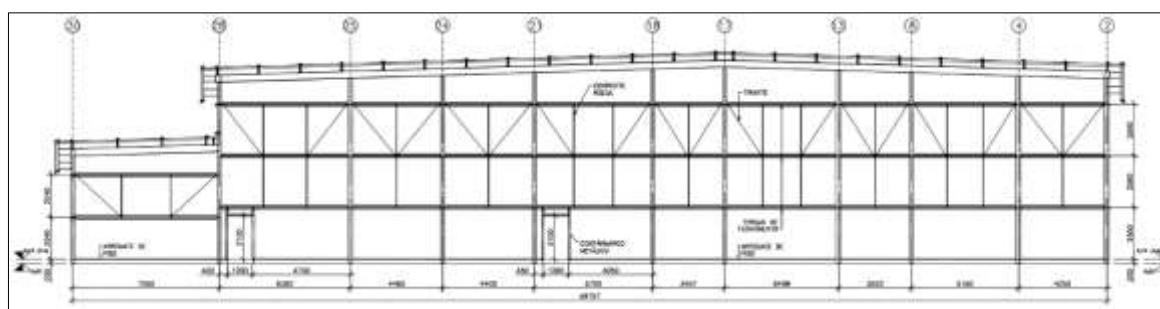


Figura 7 – Detalhes típicos das correntes rígidas e tirantes.

As telhas possuem diversos modelos, as mais utilizadas são os tipos de telhas zipadas e trapezoidais, podendo variar espessura e cortes, os arremates, rufos, pingadeiras são definidos pelo tipo da telha. O sentido de montagem deverá ser indicado afim de orientar a sequência da montagem, em panos de cobertura contínuos e maiores de 90 metros, deverá prever junta de dilatação térmica, conforme exemplo na Figura 8.

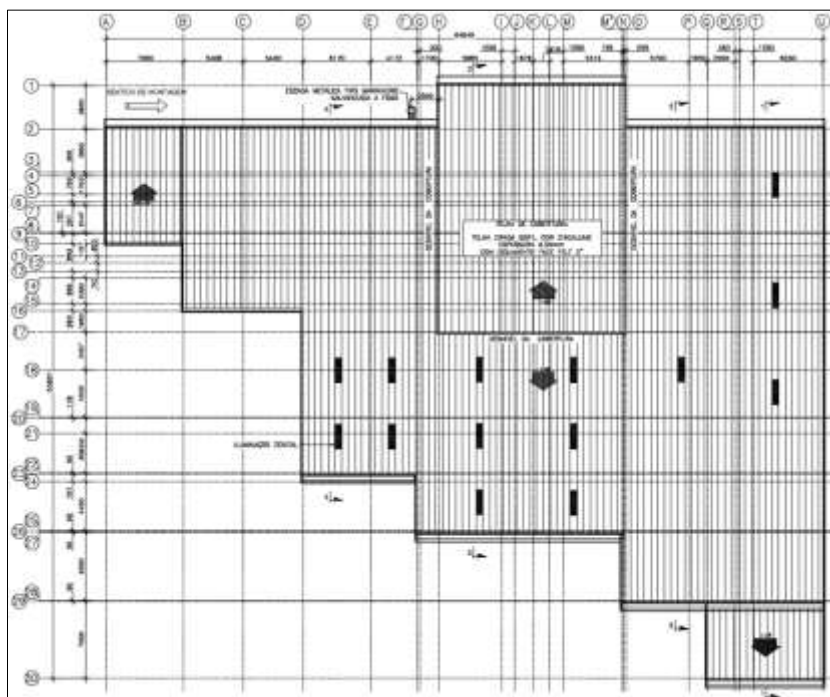


Figura 8 – Locação das telhas de cobertura.

No caso das telhas de fechamento, apresentam aberturas, demonstradas na Figura 9.

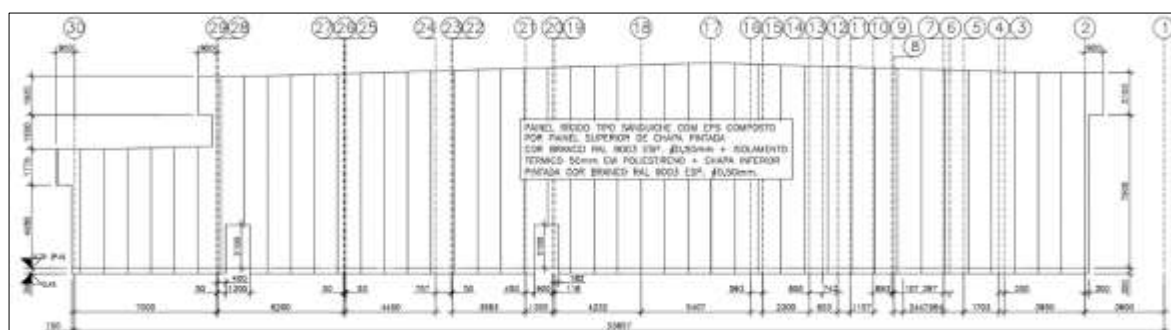


Figura 9 – Locação das telhas de fechamento.

Na Figura 10, observa-se a posição das calhas e as locações das descidas pluviais. O projeto representa o sentido de caimento da calha e quantidade de dutos. Visando garantir a funcionalidade e durabilidade do sistema de estanqueidade.

As calhas devem ser montadas com inclinação mínima de 0,5%. O dimensionamento das calhas deve ser correspondente à maior área de contribuição da cobertura.

O dimensionamento dos condutores verticais é determinado pela intensidade pluviométrica com base de dados pluviométricos locais.

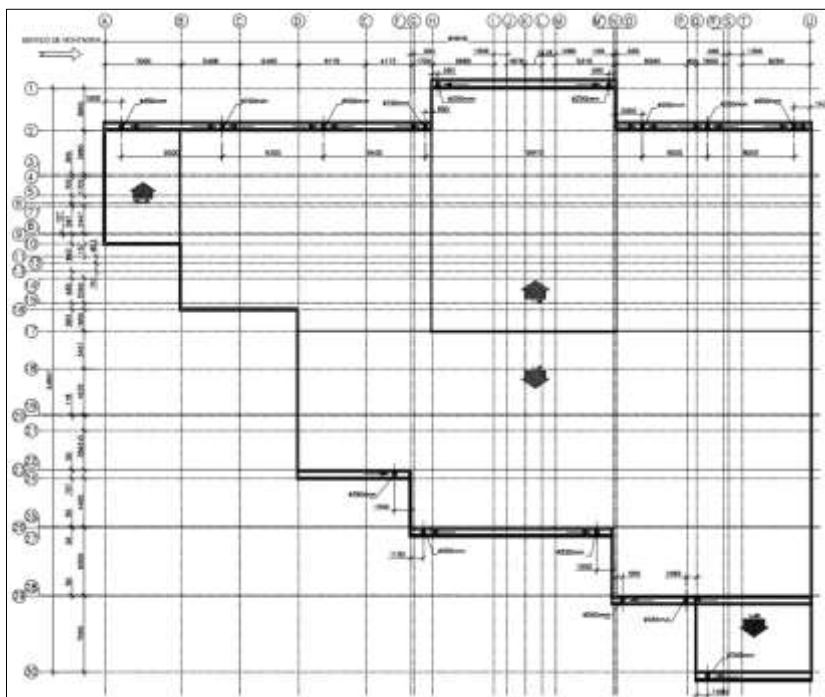


Figura 10 – Locação de calhas e condutores.

4.3. Projeto de chumbação

O projeto de chumbação é prioritário para iniciar a obra. Os chumbadores devem ser produzidos primeiro, afim de possibilitar a conclusão das fundações, para iniciar a montagem da estrutura metálica. A Figura 11 apresenta o fluxograma do processo de chumbação.

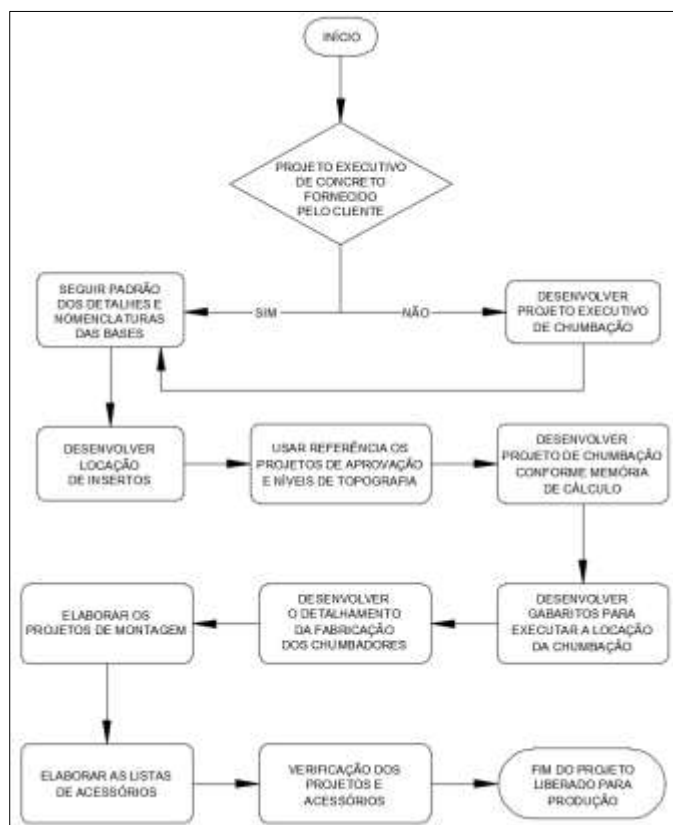


Figura 11 – Fluxograma projeto de chumbação.

O início do processo é orientado pelo projeto executivo fornecido pelo cliente, neste contexto caso o cliente não possuir o projeto de chumbeação o mesmo deve ser feito em função das necessidades da obra. Na planta de chumbeação é realizada a locação com a nomenclatura das bases.

Após finalizar a planta de locação são elaborados os detalhes, com a finalidade de informar as características do sistema de fixação. O uso do gabarito é responsável pelo suporte e alinhamento dos chumbadores no momento da concretagem, após a cura do concreto os gabaritos são removidos. Para ajustar os níveis do concreto, são utilizados *grout* e chapa de nivelamento. O sistema de chumbeação pode apresentar o sistema de fixação por insertos, que tem finalidade transferir e fixar esforços de uma estrutura metálica para uma estrutura de concreto.

4.4. Projeto de detalhamento

O projeto de detalhamento só tem início após análise e aprovação do cliente, caso possuir alterações, deverá atender os comentários e a empresa enviar novamente para avaliação do cliente. Com aprovação do projeto formalizada é liberado o início das atividades. A Figura 12 ilustra as fases desse processo.

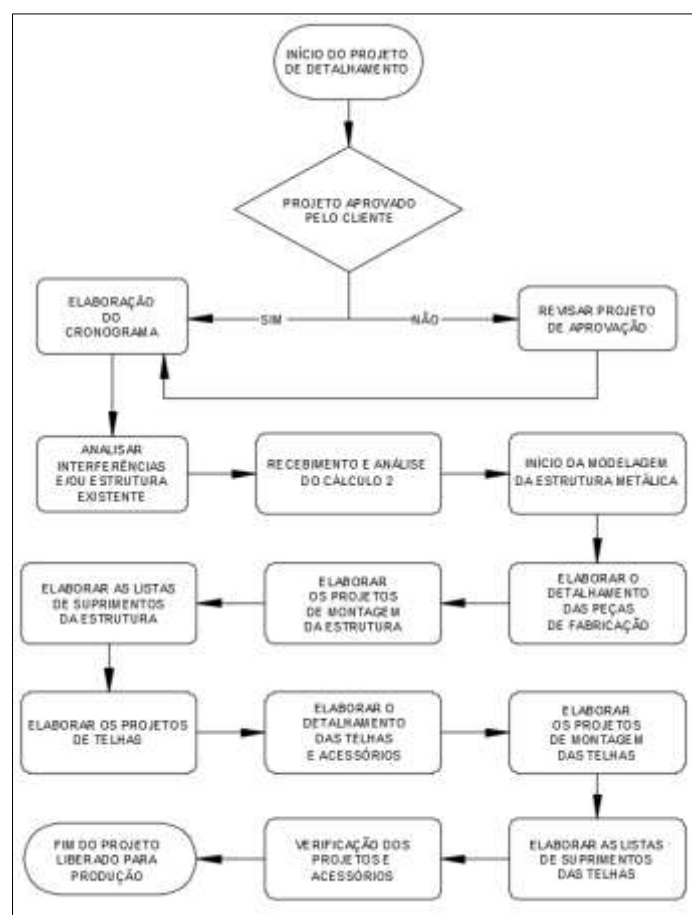


Figura 12 – Fluxograma projeto de detalhamento.

O ciclo de vida do processo de detalhamento deve iniciar com o desenvolvimento do cronograma, afim de identificar e gerenciar as prioridades para a sequência das atividades, estimar os recursos necessário para realizar o trabalho, redução de custos, possibilitar a execução da fabricação e montagem dentro do prazo definido. Nessa fase são elaborados memoriais finais de cálculo e detalhes de todas as ligações. Também são desenvolvidas listas completas de materiais, parafusos, chumbadores e a planilha de orçamento para acompanhamento do peso. O cálculo 2 é uma preparação para o projeto

de fabricação, por isso devem ser analisadas as possíveis padronizações dos perfis antes do desenvolvimento dos projetos.

No desenvolvimento dos desenhos em CAD é possível modelar a estrutura em 3D, são utilizadas as ferramentas computacionais que auxiliam na elaboração dos desenhos, visualização das interferências e agilidade nas possíveis revisões. O projeto pode ser exportado para compatibilização de outras disciplinas, além de servir para elaboração dos desenhos de montagem. Também é importante verificar as relações com a área de suprimentos. Essa verificação ocorre inicialmente pelo desenhista e só após é feita a verificação final pelo projetista responsável (verificador). Posteriormente ao processo de verificação, caso possuir divergências no projeto, devolve-se para que o desenhista faça as correções. Por fim, após ajustar as correções o projeto retorna ao verificador para armazenamento. Com o ciclo do processo concluído é realizado a liberação dos projetos para as próximas fases.

4.5. Projeto de fabricação

Após a conclusão na fase anterior, a modelagem 3D dispõe de um processo de extração dos arquivos na representação 2D, possuindo todas informações que constituem as peças da estrutura. As peças podem ser geradas em escalas reais com todas informações, as vistas e cortes podem ser criados automaticamente. No detalhamento os projetos são organizados de acordo com a prioridade de produção e montagem.

Os projetos das vigas e pilares devem ser detalhados por primeiro, inserindo apenas uma peça em cada prancha, os cortes, vistas e detalhes devem ser posicionadas na parte inferior do desenho no mínimo duas vezes a escala da vista principal. Em sequência são, pilaretes, suportes e contraventos.

No detalhamento das terças e demais acessórios da estrutura secundária pode-se detalhar mais de uma peça por prancha, porém separadas por linha de produto.

O diâmetro dos furos e as indicações de soldas devem ser indicadas através da simbologia padronizada. As tolerâncias de fabricação, nomenclatura das peças, indicação de pintura da estrutura, materiais a serem utilizado e suas especificações devem ser de acordo com cada empresa.

Após concluir os projetos de detalhamento são elaborados os arquivos para programação de máquinas de comando numérico computadorizado – CNC. A manufatura auxiliada por computador – CAM é utilizada em operações de usinagem, corte a laser e plasma obtendo o máximo de aproveitamento.

No detalhamento das telhas de cobertura e fechamento devem ser indicados: o tipo da telha, a espessura do material, se é pré-pintado o acabamento da telha deve ser indicado a face externa e interna, indicar o comprimento e quantitativo. Para o detalhamento dos arremates segue o mesmo princípio das telhas, adicionando apenas as cotas de ângulo e das abas para fabricação.

4.6. Projeto de montagem

Durante a fabricação as peças recebem um código de identificação, a partir dessa identificação são elaborados os projetos de montagem, que tem a finalidade de orientar a montagem das peças.

Na vista superior da estrutura secundárias são indicados os códigos das terças de cobertura, corrente rígida e tirantes, suporte das terças duplas e transpasses nas emendas nós pórticos.

As elevações buscam apresentar as vigas, pilares e pontaletes da platibanda as informações são elaboradas para facilitar o processo de montagem da estrutura, são elaborados os detalhes com as informações necessárias para montagem.

Na estrutura secundária de fechamento são elaboradas as vistas laterais e oitão, são indicados os códigos e detalhes, seguindo o mesmo padrão da cobertura.

A lista de suprimentos deverá conter: a quantidade de parafusos, porcas e arruelas. Deve-se informar a classificação do conjunto. A proteção dos parafusos, porcas e arruelas devem seguir especificação de acordo com o escopo de cada obra.

Para executar as soldas necessárias durante a montagem, deverão ser liberados os eletrodos, para obras sem previsão de solda ou de pequeno porte no mínimo uma lata de eletrodo. Obras com previsão de solda o projetista deverá levantar a metragem de solda a ser realizada.

Deve ser incluído na lista de materiais a tinta para retoques de acordo com a complexidade da obra, devendo ser compatível com a tinta utilizada na fabricação da obra.

No encerramento do projeto deverão ser submetidos a revisão todos os documentos do projeto para garantir a conclusão dos objetivos. Só após o término do processo de verificação, os desenhos deverão ser liberados para a fabricação.

O protocolo de liberação deverá ser preenchido e liberado juntamente com a etapa ou qualquer liberação de projetos da obra. Deverão ser registrados todos os projetos de fabricação, projetos de montagem e relações de suprimentos da etapa correspondente.

5. CONCLUSÕES

Considera-se que foi possível elaborar uma metodologia de projetos para ser aplicada no detalhamento de estruturas metálicas, sendo seguidas as etapas de projeto, como: projeto básico, executivo, chumbeamento, detalhamento e montagem. Desta maneira foi possível responder à questão de pesquisa e atender ao objetivo do trabalho.

A limitação é de que o trabalho foi elaborado em uma única empresa do ramo de estruturas metálicas. Entretanto trouxe contribuições significativas para a área de projetos, onde foi possível estabelecer fluxogramas referentes as principais atividades, utilizar imagens ilustrativas e descrever detalhes a serem seguidos pelos projetistas. O trabalho também tem o propósito de capacitar os profissionais, fornecendo conteúdo didático para o desenvolvimento de suas funções, além de possibilitar o entendimento na execução de projetos mais completos em um tempo menor.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se verificar junto a outras empresas do ramo de estruturas metálicas, quais são as melhores práticas utilizadas na atividade de projeto, visando qualificar ainda mais o estudo.

6. REFERÊNCIAS

ABECE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL. **Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura**. São Paulo, 2017. Disponível em: <www.manuaisdeescopo.com.br> Acesso em: 22 mar. 2021.

BAUERMANN, M. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço**. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2002.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço- Projeto e cálculo**. 6. ed. São Paulo: Pini, 2010.

CASTRO, E. M. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. 396p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

LIMA, E. A. M. **Estudo da Contribuição das Metodologias do Lean Construction e do Gerenciamento de Projetos do PMI para o planejamento e Controle de Produção de Obras**. Projeto de graduação apresentado a Escola Politécnica/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

PMI, Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 6 ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

SANTOS, T. **Desenvolvimento de fluxograma modelo para a gestão de projetos de engenharia para cooperativa**. (Trabalho de conclusão de curso) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, 2018.

TEIXEIRA, R. B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.