

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**CONSTRUÇÃO METÁLICA ENXUTA ATRAVÉS DE  
PADRONIZAÇÃO DE TAREFAS E PROJETOS**

**FABRÍCIO ANTÔNIO PIMENTA DE FARIA**

Belo Horizonte/MG  
Agosto/2011

**FABRÍCIO ANTÔNIO PIMENTA DE FARIA**

**CONSTRUÇÃO METÁLICA ENXUTA ATRAVÉS DE  
PADRONIZAÇÃO DE TAREFAS E PROJETOS**

Monografia apresentada ao *Curso de  
Especialização em Construção Civil* da  
Escola de Engenharia da UFMG

Ênfase: Tecnologia e Produtividade das  
Construções e Avaliações e  
Perícias

**Orientador: Prof.: Eduardo Marques Arantes**

**Belo Horizonte/MG  
Agosto/2011**



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: FABRÍCIO ANTÔNIO PIMENTA DE FARIA

MATRÍCULA: 2009743010

### RESULTADO

Aos 26 dias do mês de agosto de 2011 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“CONSTRUÇÃO METÁLICA ENXUTA ATRAVÉS DE PADRONIZAÇÃO DE TAREFAS E PROJETOS”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Nome

Assinatura

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E AVALIAÇÕES NAS CONSTRUÇÕES"

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2011

Coordenador do Curso  
Prof. Dalma Lúcio M. Figueiredo  
Coordenador do Curso de Especialização  
Em Construção Civil

## SUMÁRIO

<b>Lista de figuras.....</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de abreviaturas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>4</b>
2.1. Referencial teórico .....	4
2.2. O sistema Toyota de produção .....	6
2.3. Lean Production (Produção Enxuta) .....	6
2.4. Migração da estrutura da produção enxuta para construção enxuta .....	9
2.5. Kaizem, operações padronizadas, estabilidade: a produção enxuta .....	12
2.6. Construção metálica: o uso do aço na construção civil .....	14
2.7. A industrialização na construção civil .....	15
2.8. Caracterização da indústria da construção .....	18
2.9. O processo de projeto .....	21
2.10. O processo de projeto em construção metálica .....	26
2.11. Projeto para produção .....	30
2.12. Construtabilidade .....	32
<b>3. Objetivo.....</b>	<b>34</b>
3.1. Objetivo geral.....	34
3.2. Objetivos específicos.....	34
<b>4. Justificativa.....</b>	<b>35</b>
<b>5. Materiais e métodos.....</b>	<b>37</b>
5.1. Método de pesquisa .....	37
5.2. Caracterização da pesquisa .....	37
5.3. Levantamento de dados através de entrevistas .....	38
5.4. Caracterização dos questionários .....	39
5.5. Caracterização da empresa envolvida .....	40
<b>6. Resultados e discussão.....</b>	<b>41</b>
6.1. Planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica .....	42

6.1.1. Contratação .....	42
6.1.2. Escolha do sistema estrutural metálico .....	48
6.1.3. Requisitos de projetos .....	51
6.2. Desenvolvimento do projeto estrutural .....	54
6.2.1. Análise das entradas do projeto estrutural metálico .....	55
6.2.2. Análise das elaborações do projeto estrutural metálico .....	58
6.2.3. Análise das saídas do projeto estrutural metálico .....	60
6.3. Análise específica de um empreendimento .....	61
6.4. Descrição do processo de estudo de caso .....	64
6.4.1. Responsabilidades no processo de projeto e contratação das empresas.....	64
6.4.2. Planejamento do empreendimento .....	65
6.4.3. Desenvolvimento do processo de projeto .....	67
6.4.4. Relação entre projetistas .....	69
6.5. Análise do processo de projeto estrutural do estudo de caso .....	69
6.6. Especificações de materiais .....	70
7. Conclusões.....	73
8. Referências bibliográficas .....	75
9. Anexo.....	78

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estrutura representativa do sistema Toyota de produção .....	10
<b>Figura 2.</b> Composição do PIB por atividade econômica .....	16
<b>Figura 3.</b> Produção e venda de aço no Brasil de janeiro de 2008 a janeiro de 2009 .....	18
<b>Figura 4.</b> Interação de etapas no desenvolvimento de um novo empreendimento com projeto simultâneo .....	24
<b>Figura 5.</b> Proposta de estruturação para equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto .....	25
<b>Figura 6.</b> Esquema de um processo seqüencial de desenvolvimento de projeto de edifício .....	28
<b>Figura 7.</b> Fluxo de comunicação sugerido para o processo-projeto .....	29
<b>Figura 8.</b> Processo sócio-técnico de projetos.....	30
<b>Figura 9.</b> Sequência de acontecimentos que podem favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto .....	46
<b>Figura 10.</b> Planta baixa do projeto do estudo de caso .....	62
<b>Figura 11.</b> Planta da cobertura da indústria N.N. ....	63
<b>Figura 12.</b> Cortes do projeto da indústria N.N.....	63
<b>Figura 13.</b> Croqui esquemático 3D da implantação da obra .....	66
<b>Figura 14.</b> Análise das disciplinas do forro técnico .....	68

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Produção siderúrgica brasileira.....	17
<b>Tabela 2.</b> Contratação das empresas entrevistadas.....	45
<b>Tabela 3.</b> Escolha do sistema estrutural metálico.....	51
<b>Tabela 4.</b> Requisitos para os projetos de estrutura metálica.....	54
<b>Tabela 5.</b> Entrada dos projetos de estrutura metálica.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS

CC = Construção Civil

CE = Construção Enxuta

INDU = empresa de projetos em estruturas metálicas

JIT = Just-in-time

ME = Mentalidade Enxuta

N.N = Indústria do estudo de caso

PCP = Planejamento e Controle da Produção

PE = Produção Enxuta

SGQ = Sistema de Gestão da Qualidade

STP = Sistema Toyota de Produção

TPM = Manutenção Preventiva Total

TQC = Total Quality Control

## RESUMO

A construção em estrutura metálica é utilizada no mundo, desde o início do século XIX, como um processo construtivo rápido e eficiente. O Brasil apresenta déficit no índice habitacional, dentre outros fatores, pela morosidade do processo tradicional. Portanto, o uso de estruturas metálicas torna-se uma alternativa para a redução no tempo de construção das moradias, pois são muitas as vantagens oferecidas por este material – redução no peso da estrutura, maior aproveitamento do espaço e construção rápida e limpa. Mas uma das festejadas características do aço entre os arquitetos e engenheiros é a liberdade de criação que proporciona, permitindo projetos arrojados, com designs modernos. A adoção do aço na concepção do projeto é essencial ao conceito de construção enxuta da obra: o material é reciclável e a construção a partir de estruturas metálicas caracteriza-se por ser um sistema limpo. O questionamento sobre quando se construir em aço é freqüentemente repetido. A hora que se inicia um projeto de uma obra é o momento para listar as inúmeras vantagens do uso das estruturas metálicas podendo citar: agilidade, organização, precisão, redução no tempo da obra e qualidade. No entanto, este não é o único fator a ser levado em consideração. O país apresenta um grande potencial siderúrgico, com isso tem boas chances de fazer do aço um importante aliado no desenvolvimento de técnicas construtivas metálicas enxutas.

O desenvolvimento do presente estudo teve como objetivo identificar a viabilidade técnica da aplicação de estruturas metálicas na construção civil, visando que a mesma apresente agilidade, com menos gasto de mão de obra, mais economia, mais versatilidade, através de uma viabilização de projetos obtendo assim uma construção mais enxuta. O sistema Toyota de produção e a produção enxuta, com suas definições sobre valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição, são considerados o referencial teórico da forma de produzir uma construção enxuta. A forma tradicional de entender e gerenciar a construção civil passa a ser substituída por aquela regida pela nova base conceitual. O trabalho aborda também o estudo do planejamento e da produção de peças pré-fabricadas metálicas. Este processo é de decisiva importância para o aumento da eficiência e qualidade dos serviços e produtos da construção metálica civil. Essa forma de produção pode-se entender como sendo uma construção metálica enxuta. Para se entender o desenvolvimento de um projeto de estrutura metálica deve-se primeiro entender que o aço, como elemento de construção, significa uma obra racionalizada, para a qual a fábrica vai produzir peças que foram otimizadas no projeto

de arquitetura e que serão, depois de transportadas, montadas no canteiro de obras. Neste trabalho demonstramos, através de um estudo de caso, as vantagens e restrições do processo de projeto em estruturas metálicas. As linguagens técnicas, a capacidade de planejamento e coordenação e o entendimento do processo fabril abordados aqui permitem uma visão melhor de como usufruir as diversas possibilidades funcionais e formais que envolvem o uso desta sofisticada tecnologia construtiva. Como resultado, sugerimos como é possível obter projetos desde os mais arrojados até os mais tradicionais.

## **ABSTRACT**

Construction on the metal structure is used in the world since the early nineteenth century, as a constructive process fast and efficient. Brazil has a deficit in the housing index due, among other factors, the backwardness of the traditional process. Therefore, the use of metal structures becomes an alternative to reduce the construction time of houses, because there are many advantages offered by the material - lower weight of the structure, better use of space and building fast and clean. But one of the celebrated characteristics of the steel between the architects and engineers is the creative freedom it affords, allowing bold designs, with modern designs. The adoption of steel in the project design is essential to the concept of sustainability of the work: the material is recyclable and construction from metal structures characterized by being a clean system. Questions about when to build in steel is often at the time of start the work. In this time is the moment to list the many advantages of using steel structures may include: agility, organization, accuracy, reduction in work time and quality. However, this is not the only factor to taken in consideration. The country has great potential steel, as it has good chances of making steel an important ally in the development of sustainable construction techniques.

The aim of this study was to identify the technical feasibility of application of steel structures in construction. To this construction present agility, less expenditure of labor, more security, more versatility through to project that leading to lean construction. The Toyota production system and lean production with their definitions of value, value chain, flow, production and perfection, are considered the theoretical reference to produce a lean construction. The traditional way to understand and manage the building is being replaced by those governed by the new conceptual base. The work also attends the study of the design and production of prefabricated metal. This process is of decisive importance for increasing the efficiency and quality of services and products of steel construction industry. This form of production can be understood as a lean metal building. To understand the developed of the project of metal structure is necessary to know what the steel, as construction element, means a rationalized work, for which the factory will produce parts the was optimized in the architectonic project and will, after transportation, mounted in the construction site. In this work, we demonstrated, by case study, the advantages and restrictions of the process of project in

metal structures. The technical languages, planning and coordination capacity and manufacturing process knowledge treated here permit a better vision of how used the functionalities and formal possibilities that involve the use of this sophisticated construction. As result, this study suggests how is a possible gain project from the most audacious to the most traditional.

## 1 - INTRODUÇÃO

A pergunta “Pensando em construção enxuta, quando construir em aço?”, é um questionamento freqüentemente repetido. E as respostas estão quase sempre apoiadas em uma extensa lista de vantagens do uso das estruturas metálicas na construção civil e em estudo comparativos de custos. Em várias situações, a opção por sistemas ditos convencionais simplesmente encerra este questionamento. A escolha do sistema construtivo vai além da simples disputa entre os diferentes tipos de estruturas, essa decisão deve passar pela análise do maior número possível de aspectos representativos da obra, priorizando as características mandatórias e também as desejadas em se tratando de viabilização, sustentabilidade, meio ambiente e rapidez na execução.

A construção em estrutura metálica vem sendo utilizada no mundo, desde o início do século XIX, como um processo construtivo rápido, preciso e de excelente retorno, pensando na reciclagem e versatilidade do processo (Resende et. al., 2003). O emprego de estruturas metálicas, a princípio, estava restrito a construção de pontes. Mais tarde com a revolução industrial iniciou-se o uso generalizado do aço, principalmente para projetos estruturais de grande porte. O país apresenta elevado índice no déficit habitacional e proporciona a organização da cadeia produtiva a partir do controle de procedimentos e do desenvolvimento de soluções que buscam diminuir desperdícios e o tempo de produção, atendendo exigências de prazo, custo e qualidade cada vez mais exigentes do mercado imobiliário.

Na construção civil metálica, a industrialização se dá desde a elaboração do projeto, passando pela fabricação dos perfis até a montagem no canteiro de obras. Isso permite maior controle da cadeia produtiva e faz com que prazos, custos e qualidade possam ser estabelecidos ao início e atingidos ao final do processo.

Dentre outros motivos, como a morosidade do processo em construções convencionais, encontrou-se no uso de estruturas metálicas uma alternativa de uma construção “enxuta” para redução dos gastos e tempo de construção, contribuindo assim para o desenvolvimento sócio-habitacional brasileiro e também para o meio ambiente. Nesta perspectiva, este estudo torna-se relevante à medida que discute e coloca a apreciação dos profissionais da engenharia e órgãos competentes a análise dos benefícios favoráveis ou até mesmo a inviabilidade de se utilizar estruturas metálicas em construções de uma forma geral.

Desde o início do século XXI, em regiões desenvolvidas como os Estados Unidos, Europa e o Japão, a utilização de estruturas metálicas em aço, vêm sendo implementada em grande escala, devido às vantagens proporcionadas e ao bom desempenho de sustentabilidade construtiva em vários tipos de edificações. Porém, a utilização de aço no Brasil ainda é pequena se comparada a estes países. Não passa de 5,0 kg de aço estrutural por habitante. Em média, o consumo na Europa é de 20,0 kg de aço estrutural por habitante e nos Estados Unidos, aproxima-se de 30,0 kg de aço estrutural por habitante.

A comparação entre os sistemas de estruturas de concreto armado e as estruturas metálicas existe para cada tipo de construção, não devendo existir uma mentalidade competitiva, mas sim a postura colaborativa de se tirar proveito do melhor de cada um dos sistemas. Assim, as soluções mistas pode ser a mais proveitosa onde cada material é adequadamente utilizado num trabalho conjunto (Andrade et. al., 2000). Cada caso deve ser examinado tecnicamente visando o satisfatório resultado do custo versus benefício. Isto deve ser entendido como o caminho para uma construção mais enxuta.

Em princípio, a escolha do aço se deu pela necessidade de rapidez na execução da obra, no entanto, logo foi percebido que poderíamos somar a esse benefício outras vantagens, como a possibilidade de explicitação das peças estruturais e, principalmente, a criação de ambientes de inegável leveza estética além das combinadas características sustentáveis.

A empresa SPEM- São Paulo Estrutura Metálica (2004), verificou que utilizando os sistemas de estruturas metálicas, padronizações na fase de projetos e tarefas, as etapas de construção ficaram muito bem definidas e simplificadas. Também foi possível serem executadas muito mais rapidamente do que no sistema convencional. Isso porque a estrutura é executada nas instalações do fabricante, deixando o canteiro de obras livre, para a execução das fundações, dentre outros sistemas necessários.

Segundo Sant'anna, Villare e Costa (2004), a opção por estrutura metálica é incentivada por suas vantagens: redução de prazo; racionalização de material e mão de obra; confecção de trabalhos em paralelo; obra limpa e organizada; flexibilidade de reformas; maior área útil e distância entre vãos; maior precisão em detalhes do projeto. A redução da carga com conseqüente alívio na fundação e a possibilidade de reutilização do material empregado também são vantagens levadas em consideração.

Nesta perspectiva, este trabalho tem o propósito de identificar qual a viabilidade técnica da aplicação de estruturas metálicas na construção civil visando à padronização

de tarefas construtivas. Este estudo objetiva também discutir as etapas do emprego de estruturas metálicas; caracterizar a estrutura metálica em relação à construção civil e identificar os principais benefícios de sua utilização. Sempre levando em consideração que o material aço é reciclável e a construção a partir de estruturas metálicas caracteriza-se por ser um sistema “limpo”; enxuto.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. Referencial teórico**

Sabendo que a aplicação dos conceitos da Produção Enxuta na Construção vem da aplicação dos pontos teóricos do Sistema Toyota de Produção um breve referencial teórico deste sistema será abordado. A indústria automobilística caracterizou-se por ser pioneira na organização da produção industrial. Foi dela que se originou tanto o fordismo quanto os métodos flexíveis de produção. Foi nela que se introduziu o uso de robôs industriais e a produção informatizada.

No início meramente artesanal e individualizado, a produção de automóveis ganharia logo a massificação. Ford então aplicaria os métodos do taylorismo, também chamado de organização científica do trabalho, para atender um potencial consumo de massas. Surge então, a primeira característica do fordismo, a produção em massa. A justificativa para isso é que apenas a produção em massa poderia reduzir os custos de produção e o preço de venda dos veículos. No entanto, produção em massa significa um grande número de empregos e um conseqüente achatamento dos salários. O trabalho massificado ganha condições de trabalho precário, reforçado por uma segunda característica fordista, a racionalização da produção através do parcelamento de tarefas fundado na tradição taylorista.

Parcelamento de tarefas implica que o trabalhador não necessita mais ser um artesão especialista em mecânica, sendo necessária apenas resistência física e psíquica num processo de produção constituído por um número ilimitado de gestos, sempre os mesmos, repetidos ao infinito durante sua jornada de trabalho. Este processo é completado por uma terceira característica, a linha de montagem, que permite aos operários, colocados um ao lado do outro e em frente a uma esteira rolante, realizar o trabalho que lhes cabe, ligando as tarefas individuais sucessivas.

Mas era necessário adequar ainda mais a produção aos objetivos traçados. E foi no intuito de reduzir o trabalho do operário a gestos simples e repetitivos e evitar constantes adaptações das peças produzidas aos veículos, que Ford decidiu por padronizá-las. Ocorre, então, o que se chama de integração vertical, ou seja, o controle da produção total de autopeças, comprando as firmas fabricantes. Essas transformações permitiram que a fábrica fordista se tornasse automatizada.

O advento do fordismo/taylorismo revela que a empresa que muda radicalmente a organização da produção para ser mais eficaz e adaptar-se à demanda, assume a liderança da indústria, conquistando fatias do mercado e se tornando dominante. Dessa forma, os rivais têm que seguir o modelo dominante para não desaparecerem ou saírem do mercado. É o que aconteceu com as demais indústrias de automóvel como a General Motors e a Chrysler, por exemplo. No entanto, a acirrada competição entre as empresas impediu que recursos suficientes fossem destinados à melhoria de certas condições de trabalho, pois eram necessários custos de produção cada vez mais baixos para conquistar fatias do mercado. A deterioração cada vez maior das condições de trabalho, com os operários sendo submetidos a trabalhos precários e mal remunerados, resultou na crise estrutural do capital travestido sob a veste do fordismo.

De uma forma sucinta as principais alterações introduzidas por Ford na organização do trabalho podem ser descritas pelos seguintes tópicos: fixou a padronização do produto final, estimulou a intercambialidade das peças e inseriu a correia transportadora que leva o produto até o operador, criando assim a linha de montagem.

Em 1973, com a crise do petróleo (aumento vertiginoso do preço do barril), milhares de empresas sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, enquanto a Toyota Motor Co. foi uma das poucas a escapar praticamente ilesa. “Este “fenômeno” despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro” (Ghinato et. al., 2000). O sistema de produção adotado pela Toyota é conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP). O que é hoje conhecido por Sistema de Produção Enxuta (em inglês Lean Production System). O termo enxuta (do inglês, lean) foi usado no final dos anos 80 pelos pesquisadores do International Motor Vehicle Program (IMVP) para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança (Ghinato et. al., 1996).

Segundo Howell (1999), a rejeição por parte da indústria da construção às idéias e soluções provenientes da manufatura sempre existiu, sob a alegação de que as características da construção são significativamente diferentes daquelas da manufatura. Logo, a aplicação dos conceitos da Produção Enxuta na Construção Civil deve resultar de um processo de transferência e não de réplica.

A partir da década de 1990, um novo referencial teórico passou a ser adotado na gestão de processos na construção civil. Esta novidade, identificada como Lean Production (Produção Enxuta), passou a se contrapor à idéia anterior da produção em massa que seguia as linhas tradicionais originadas no Taylorismo e no Fordismo.

## **2.2. O sistema Toyota de produção**

O toyotismo surgiu como solução para a crise do capital ocorrida nos anos 70. Originário no Japão, de dentro da fábrica de automóveis Toyota, ganhou terreno e estendeu-se pelo mundo todo. Com ele, uma nova forma de organização industrial e de relação entre capital e trabalho emerge das cinzas do taylorismo/fordismo. Estas novas relações eram mais favoráveis aos trabalhadores quando comparadas às existentes no modelo anterior, principalmente por possibilitarem o advento de um trabalhador mais qualificado, participativo, multifuncional, polivalente, dotado de maior realização no ambiente de trabalho.

Estratégias como o *just in time*, *teamwork*, *kanban*, a eliminação do desperdício e o controle de qualidade total são parte do discurso do modelo toyotista de produção e adotadas pelas empresas em todo o mundo. Essas estratégias tornaram-se modismo entre os consultores de recursos humanos, *outplacements*, *headhunters* e demais especialistas em contratação e recolocação de profissionais. Somente as empresas que se encontram integradas a tais estratégias são tidas como empresas-modelo, recebendo os certificados de qualidade ISO 9000, 9001, 9002, etc.

Assim, observa-se como o poder transformador do capital atinge dimensões globais. O que é conveniente para os fins capitalistas deve ser dotado por todos os que integram o sistema e o metabolismo social do capital se encarrega disso. Transformam-se não só as relações de produção, na esfera econômica, mas também os conceitos de qualificação do trabalhador, na esfera sociocultural.

## **2.3. Lean production (Produção enxuta)**

Com origem no Japão na década de 1950, tendo por base as filosofias do *Total Quality Management* (TQM) e do *Just-in-Time* (JIT), entre outros, o principal objetivo encontrado na produção enxuta é a remoção de desperdícios através de uma abordagem eminentemente prática. Os resultados alcançados se voltam diretamente para o aumento

da confiabilidade de produtos e serviços, a redução dos custos de produção e ao mesmo tempo em que aumenta a satisfação no trabalho e no clima organizacional. Outra vantagem oferecida por este método é a redução da ineficiência e do tempo improdutivo dos processos através da aplicação da melhoria contínua.

O novo paradigma na indústria da construção civil teve como ponto de partida a publicação do trabalho do finlandês Laury Koskela (1992), *Application of the new producti on philosophy in the construction industry*. Esta obra representou um marco na indústria da construção civil, e promoveu a criação do International Group for Lean Construction – IGLC, cuja estratégia é a disseminação do novo paradigma na construção civil em diversos países.

“A produção enxuta é um termo genérico para definir o Sistema Toyota de Produção (TPS)” (Ghinato et. al., 2000). Para John Krafcik, pesquisador do IMVP, é “enxuta” a produção por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também, bem menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (Ghinato et. al., 2000).

O referido sistema está estruturado sobre a base da “completa eliminação de perdas” e seus dois pilares são, o *just-in-time* (JIT) e a automação com toque humano, ou automação (JIDOKA, em japonês). “A automação consiste em conceder ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade” (Ghinato et. al., 2000). Um fator importante são os dispositivos de prevenção de defeitos, chamados de *poka-yoke*. Para Ghinato (2000) “*poka-yoke* é mais do que apenas um mecanismo de detecção de erros ou defeitos; é um recurso utilizado com o principal objetivo de apontar ao operador (ou à máquina) a maneira adequada de realizar uma determinada operação”.

O JIT tem por objetivo “identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada” (Ghinato, 2000). Entende-se por “produção puxada” como sendo aquela em que o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. O *takt time* pode ser definido como o tempo decorrido entre duas unidades sucessivas de um produto ou componente

produzido por uma célula de produção ou linha de montagem. Pode, também, ser interpretado como o ritmo de produção necessário para atender a uma determinada demanda. O *takt time*, portanto, procura associar e condicionar o ritmo de produção ao ritmo das vendas.

Os produtores enxutos almejam abertamente a perfeição: custos sempre declinantes, ausência de itens defeituosos, mínimos estoques e uma miríade de novos produtos (Womack et al., 1992). Considerando que quem dita o preço é o mercado, o lucro fica submetido à seguinte formulação:  $\text{Lucro} = \text{preço de mercado} - \text{custos}$ .

Conforme afirma Ghinato (2000), para se manter ou aumentar o lucro, deve-se reduzir os custos. A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Esta passou a ser a base sobre qual está estruturado todo o sistema de gerenciamento da Toyota Motor Co.

A diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a Lean Production é essencialmente conceitual. O modelo conceitual dominante na construção civil define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação) (Isatto et al., 2000).

Na Construção Enxuta, um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. Tais atividades, com exceção do processamento, não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominada atividades de fluxo (Formoso et al. 2002).

A Construção Enxuta apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos, nos quais podemos destacar (Koskela et al., 1992):

- a) *Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor*: melhorar a eficiência dos processos e reduzir as perdas;
- b) *Aumentar o valor do produto através das considerações das necessidades dos clientes*: processo como gerador de valor;
- c) *Reduzir a variabilidade*: a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto;
- d) *Reduzir o tempo de ciclo*: a soma de todos os tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produzir um determinado produto;

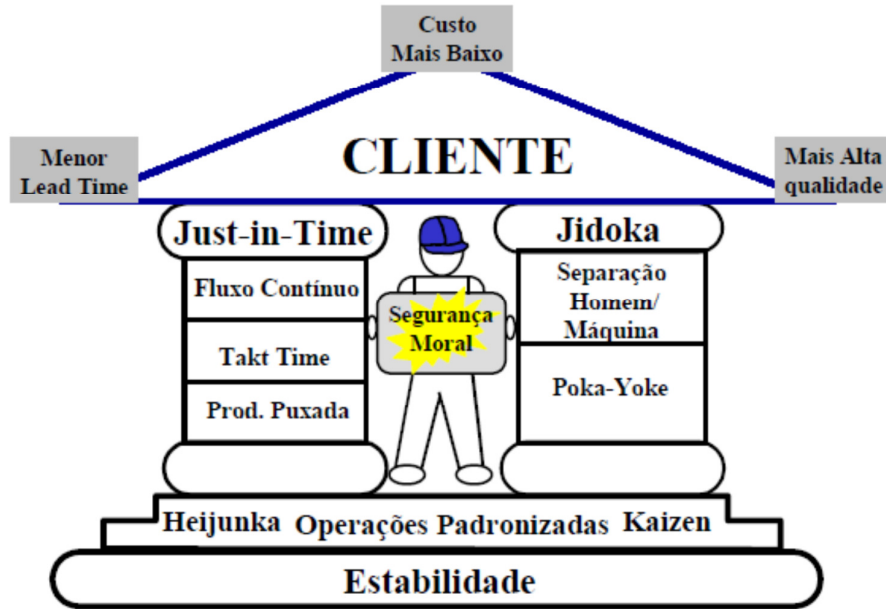
- e) *Simplificar reduzindo o número de passos ou partes*: quanto maior o número de componentes maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor;
- f) *Aumentar a flexibilidade de saída*: refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes sem aumentar os custos;
- g) *Aumentar a transparência do processo*: facilita a identificação dos erros e aumentar a disponibilidade de informações necessárias para a execução das tarefas;
- h) *Focar o controle no processo global*: o processo deve ser controlado como um todo, devendo haver um responsável por este controle;
- i) *Introduzir melhoria contínua no processo*: o esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos deve ser conduzido continuamente;
- j) *Manter um equilíbrio entre melhoria nos fluxos e nas conversões*: fluxos melhores reduzem a necessidade de investimentos, mas por outro lado, novas tecnologias reduzem a variabilidade;
- k) *Fazer benchmarking*: processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas.

#### **2.4. Migração da estrutura da produção enxuta para construção enxuta**

O sistema da Construção Enxuta adaptado do sistema da Produção Enxuta será abordado através de exemplos adaptados de estudos anteriores. Porém, existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema Toyota de Produção (STP). A figura 1 apresenta o STP com seus dois pilares – JIT e Jidoka – e outros componentes essenciais do sistema.

Segundo este modelo, o objetivo é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor tempo (*lead time*) possível. Tudo isso, enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da gerência (Ghinato et. al., 2000).

O modelo teórico proposto visa adaptar os componentes do STP às peculiaridades do setor da construção de edificações residenciais verticais, com o intuito de aumentar sua competitividade, permitindo que as empresas tenham um melhor aproveitamento dos seus recursos internos. A estrutura é composta por dois pilares, pela base e no topo o cliente.



**Figura 1.** Estrutura representativa do Sistema Toyota de Produção (STP). Fonte: Ghinato et. al., 2000.

### Primeiro pilar: JIT

Conforme descrito anteriormente a viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada (Ghinato et. al., 2000). O fluxo contínuo, referente aos recursos, é a resposta à necessidade de utilização do menor tempo possível para a execução das atividades. Uma vez que na construção civil em estruturas metálicas, os recursos transformadores se movimentam e o recurso transformado é fixo, torna-se necessária a verificação do *layout* da obra, pela sua grande influência nas perdas de movimentações de peças pré fabricadas e na incidência de tempos improdutivos da mão-de-obra. A elaboração de fluxogramas de processos, relativos ao uso de equipamentos e materiais em obra, é extremamente importante enquanto instrumento para a análise da dinâmica do sistema, gerando um melhor entendimento de todas as etapas pelas quais as peças e materiais passam até se tornarem parte do serviço final.

Dessa forma, o fluxo contínuo poderia ser assegurado através do mapeamento e eliminação de atividades que não agregam valor, através da adoção da quantidade de equipamentos e processos que maximizem o fluxo e da confiabilidade nos equipamentos assegurada com a prática da manutenção produtiva total.

Picchi (2003) cita que os fluxos na construção podem ser identificados como fluxo de negócio- englobando os fluxos de projeto, de obra e de suprimentos - e fluxo de uso e manutenção. No primeiro, o ciclo é liderado pelo contratante (incorporador) e envolve desde a identificação de necessidades, planejamento geral do empreendimento, contratação e monitoramento do projeto e construção, recebimento da construção, até a entrega da mesma ao usuário final. O segundo começa logo após a entrega do empreendimento, compreendendo o uso, operação e manutenção, assim como reparo, reforma, remodelagem e demolição.

O *takt time* para a construção é o ritmo para a execução das atividades, segundo o planejamento das ações futuras a serem realizadas no processo de produção. O conceito de *takt time* poderia ser usado também para estabelecer o ritmo das atividades a partir da demanda real do cliente em toda a cadeia de fornecedores.

A produção puxada pode ser efetuada através da entrega da construção em pequenas áreas, conforme a necessidade, através da eliminação da produção empurrada e adotando sistemas puxados entre equipes e entre estas e fornecedores (PICCHI, 2003). Ela equivale à execução dos serviços certos na hora certa, ou seja, um serviço só seria liberado após a liberação do anterior, e as equipes de trabalho já estariam devidamente preparadas com o material para o início do serviço.

### **Segundo pilar: Jidoka**

O Jidoka consiste em assegurar, ao responsável pela obra em questão, a autonomia para interromper o serviço sempre que for detectada qualquer anormalidade. A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção (Ghinato et. al.,2000).

A viabilização do Jidoka depende de dois fatores: separação entre a máquina e o homem e *poka-yoke*. Serviços que necessitam da permanência do operador junto à máquina durante a sua execução, caracterizam a relação entre a máquina e o homem. A separação que ocorre é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem (Ghinato et. al., 2000).

Existem dispositivos utilizados na construção que detectam a existência de anormalidades em equipamentos, imperceptíveis pelo seu operador. No caso dos

guindastes e caminhões munk, por exemplo, havendo qualquer diferença de peso, da capacidade máxima de içamento do equipamento há um dispositivo empregado que interromperá o fornecimento de energia ao equipamento, impedindo a deterioração do equipamento, o rompimento dos cabos e até mesmo o acidente com o operador. Esse dispositivo é conhecido por DR, dispositivo diferencial residual.

O *poka-yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação (Ghinato et. al. 2000). Uma das formas empregadas é a ação preventiva, cujo objetivo é atuar com ações que evitem erros já verificados em processos anteriores. Outra forma é a inspeção dos materiais durante o seu recebimento, verificando se estão de acordo com as suas especificações e a inspeção dos serviços durante a sua execução, que devem atender às tolerâncias especificadas na sua ficha de registro.

## **2.5. Kaizen, operações padronizadas, estabilidade: a produção enxuta**

É importante ressaltar que os pilares JIT e Jidoka estão assentados sobre uma base formada pelo *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua) (Ghinato et. al., 2000). Na indústria da construção civil em estruturas metálicas, a padronização investe-se de especial importância como elemento redutor das improvisações, regulador das relações de interdependência entre serviços e otimizador das atividades desenvolvidas, impactando diretamente na redução de desperdícios.

É através da padronização que os projetistas podem definir, em projeto, um aproveitamento “máximo” através da modularização do ambiente em função das dimensões dos materiais a serem empregados. Os fabricantes, por sua vez, podem alinhar os seus processos de fabricação definindo um padrão para o seu produto que siga as disposições das normas técnicas, assegurando ao construtor que os produtos especificados no projeto podem ser efetivamente encontrados no mercado.

Os responsáveis pela execução de serviços na obra necessitam da padronização das atividades alinhadas com as diversas etapas construtivas e com o projeto. Na definição desses padrões para a execução de cada atividade pertencente a uma obra, é essencial que haja a indicação dos equipamentos necessários à execução de cada uma delas e da seqüência de ações para a realização das mesmas. A padronização leva a uma maior disciplina na execução de atividades, com a eliminação das improvisações e uma

conseqüente redução da variabilidade em relação ao projeto, resultando em uma obra com maior nível de precisão e menor nível de desperdícios.

Santos e colaboradores. (2002) afirmam que o crescimento da padronização proporcionado pela certificação ISO 9000 tem contribuído sistematicamente no esforço para a redução da variabilidade dentro do setor da construção. Koskela (1992) enfatiza que a forma mais utilizada de redução de variabilidade, tanto de atividades de conversão como das atividades de fluxo, é a padronização de procedimentos e seu controle estatístico.

O *kaizen* está fortemente relacionado à operação padronizada. A sua prática depende do contínuo monitoramento dos processos através do controle do ciclo PDCA (planejar, fazer, checar, agir). Trata-se de um instrumento valioso de controle e melhoria dos processos que precisa ser de domínio de todos os funcionários da empresa. Dando prosseguimento à elaboração dos padrões administrativos, técnicos e operacionais da empresa, passa-se por uma etapa de educação e treinamento de pessoal para aplicação desses padrões. Fecha-se o ciclo PDCA retroalimentando os padrões e a documentação da qualidade, admitindo-se alterações e revisões.

Para a prática do *Kaizen*, são importantes que sejam formados os times da qualidade. São equipes de trabalho, que têm como função encontrar soluções para os problemas identificados na empresa e para o aperfeiçoamento dos níveis de qualidade e produtividade de uma atividade ou processo determinado. São responsáveis também pela identificação das falhas que diminuem a qualidade e a produtividade de um determinado processo e por depois propor ações corretivas para eliminar esses bloqueios, a fim de melhorar o desempenho e, gradativamente, evitar os erros (Souza ET al., 1995).

A estabilidade dos processos é a base de todo o Sistema Toyota de Produção. Somente processos capazes, sob controle e estáveis podem ser padronizados de forma a garantir a produção de itens livres de defeitos, na quantidade e no momento certo (Ghinato et. al., 2000). Por exemplo, na produção de um pilar metálico deve-se utilizar todos os itens necessários a concepção do mesmo; o tipo de perfil adequado (especificação correta); os componentes de ligações para a resistência correspondente; e fazer a pré montagem dos elementos ligados a ele conforme procedimento. Assim, se evita problema posterior *in loco* e o comprometimento estrutural.

A grande ênfase deste modelo é que o valor deve ser identificado a partir da ótica do cliente. Devem-se identificar as necessidades do usuário (cliente externo) da

obra que será empreendida e após o processamento das atividades, o produto resultante deverá satisfazer às suas necessidades, fornecendo o produto da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor tempo possível.

A segurança é um fator intrínseco a todos os componentes do sistema. Deve ser garantida a segurança estrutural do produto final, ou seja, a estabilidade e resistência mecânica, que deve ser acompanhada no decorrer dos serviços através do dispositivo *poka-yoke* e da estabilidade dos processos. A segurança ao fogo, ou seja, limitações de risco de início e propagação do fogo, segurança em caso de incêndio e a segurança à utilização, que é a segurança no uso e operação, devem ser asseguradas pelo atendimento às disposições da NR-18 –“Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção”. Para a verificação de tais condições, a aplicação de lista de verificação periódica, com questões baseadas nas condições de risco impostas pela norma, seria o método mais adequado.

Assim, o sistema da produção enxuta, identificados pelos seus pilares, é a base do sistema da construção enxuta. Sendo seus componentes adaptados às peculiaridades do setor da construção metálica de obras em geral no Brasil.

No entanto, observou-se que nem todos os componentes do sistema de produção enxuta puderam ser considerados como base para a construção enxuta. Existe uma grande diferença no processo de gerenciamento da construção para a manufatura comparada à produção. Podendo ser citado o arranjo físico e fluxo do processo. O *heijunka*, por exemplo, é de difícil aplicação na Construção Civil.

Pôde-se, então, concluir que o modelo teórico proposto facilita a identificação dos princípios do STP para a construção enxuta de cada um de seus componentes, de modo a contribuir com essa nova forma de processo produtivo. Assim, a busca da perfeição e melhoria continua devem ser algo constante nas empresas que queiram se manter no mercado ao longo do tempo.

## **2.6. Construção metálica: o uso do aço na construção civil**

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização de estruturas metálicas na construção civil até os dias atuais, o aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. Das primeiras obras - como a Ponte Ironbridge na Inglaterra, de 1779 - aos ultramodernos edifícios que se multiplicaram pelas grandes cidades, a arquitetura em aço sempre esteve associada à

idéia de modernidade, inovação e vanguarda, traduzida em obras de grande expressão arquitetônica e que invariavelmente traziam o aço aparente. No entanto, as vantagens na utilização de sistemas construtivos em aço vão muito além da linguagem estética de expressão marcante; redução do tempo de construção, racionalização no uso de materiais e mão de obra e aumento da produtividade, passaram a serem fatores chave para o sucesso de qualquer empreendimento.

Essas características que transformaram a construção civil no maior mercado para os produtores de aço no exterior começam agora a serem percebidas no Brasil. Buscando incentivar este mercado e colocar o Brasil no mesmo patamar de desenvolvimento tecnológico de outros países na construção civil.

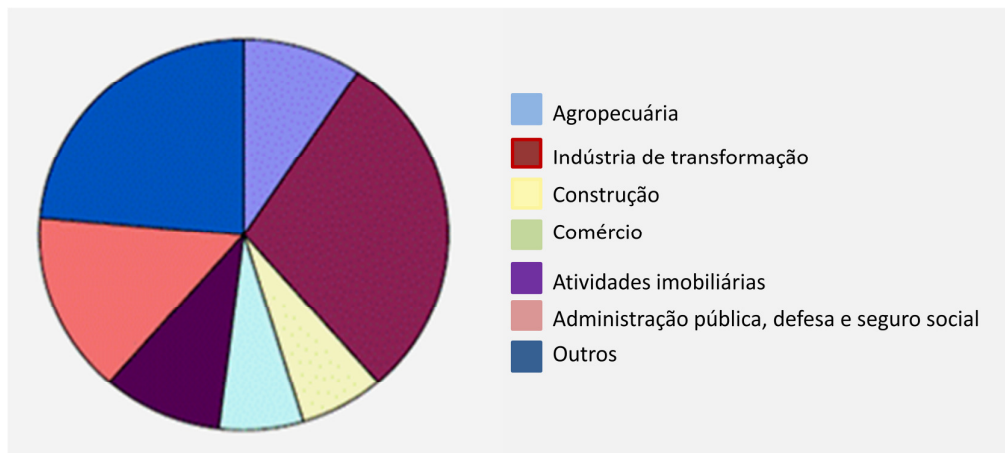
Produzidos com os mais avançados processos de fabricação, os aços no Brasil têm qualidade garantida através das certificações ISO 9001 e ISO 14001. A competitividade da construção metálica tem possibilitado a utilização do aço em obras como: edifícios de escritórios e apartamentos, residências, habitações populares, pontes, passarelas, viadutos, galpões, supermercados, shoppings, lojas, postos de gasolina, aeroportos e terminais rodo-ferroviários, ginásios esportivos, torres de transmissão, etc.

## **2.7. A industrialização na construção civil**

Segundo classificação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a construção civil é um setor da indústria indutor natural do panorama econômico brasileiro em (2008). Em sua publicação ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 2004, o setor da construção civil, encontra-se em quinto lugar, sendo responsável por 6,70% do PIB (Produto Interno Bruto) juntamente com o setor de comércio e reparação de veículos, de objetos pessoais, de uso doméstico, ficando atrás dos setores de indústria de transformação (29,1%), administração pública, defesa e seguridade social (15,10%), agropecuária (9,50%) e atividades imobiliárias, aluguéis e serviços prestados às empresas (9,30%) (Figura 2).

Para uma melhor visualização da importância deste setor na economia nacional basta observar sua participação no PIB que era de 5,4% em 1970 e atingiu o nível de 10,26% em 1998 e subiu para 13,2% em 2001 (Gazeta Mercantil, 2002). Levando-se em consideração outros indicadores como, por exemplo, volume de produção, capital circulante, empregos gerados e utilidade do produto, esta importância fica ainda mais evidente, o que não impede que o setor enfrente inúmeros problemas. Ressalte-se o fato

de as mudanças ocorrerem de forma lenta, o que se deve tanto a fatores culturais, quanto a fatores tecnológicos e mercadológicos.



**Figura 2.** Composição do PIB por atividade econômica em 2004. Fonte: IBGE, 2008.

O aumento de demanda no mercado interno em 2008 foi observado praticamente em todos os grandes setores consumidores com destaque aos bens de capital (+30,70%), construção civil (+16,20%), automotivo (+17,80%) e utilidades comerciais (+16,70%). O consumo aparente doméstico apresentou, assim, crescimento de 19,70% totalizando cerca de 22,2 milhões de toneladas de produtos. Índices comparados ao período de 2007.

A tabela 1 demonstra que a produção brasileira de aço bruto em maio de 2008 foi de 3 (três) milhões de toneladas, representando um crescimento de 2,8% na comparação com o mesmo mês em 2007. As vendas internas foram recordes tanto em laminados planos quanto longos, atingindo 1,9 milhões de toneladas, 13% superior ao mesmo mês do ano anterior. Houve crescimento de compras em todos os setores, mas especialmente no automotivo, construção civil e distribuição. As vendas para o mercado externo de produtos acabado tiveram queda de 25,6%, tendo em vista que houve o redirecionamento de produtos para o mercado interno.

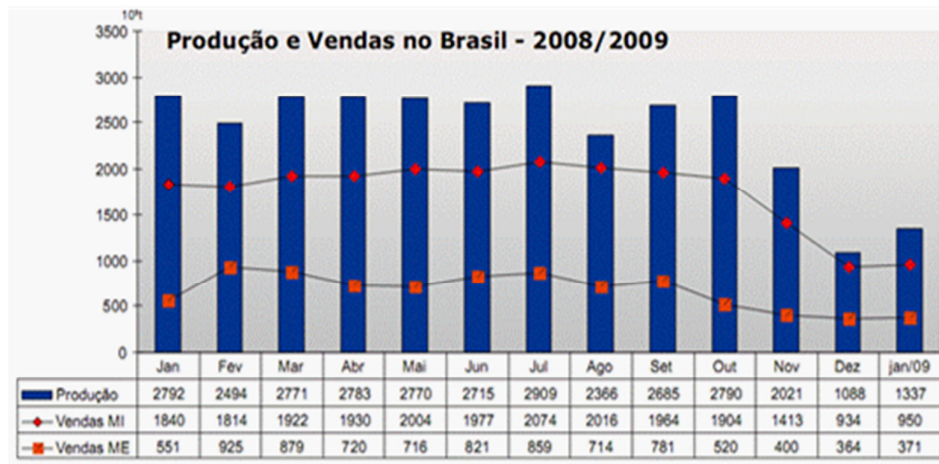
Entretanto, desde janeiro de 2009 verificou-se a gradual melhora no mercado do aço ocorreu graças ao amplo pacote de estímulo econômico adotado pelo governo para reativar a demanda e criar ou salvar empregos. Se confirmadas as previsões de retomada

de crescimento da economia brasileira, em 2011 e 2012 será possível recuperar o nível do consumo interno registrado em 2008 de 24,0 milhões de toneladas de produtos por ano. (IAB, 2009) (Figura 3).

**Tabela 1.** Produção siderúrgica brasileira (IBS, 2008)

Especificação	Maio		08/07 (%)	Jan/Maio		08/07 (%)
	2008	2007		2008	2007	
<b>PRODUÇÃO</b>						
Aço Bruto	2.972	2.891	2,8	14.513	13.594	6,8
Laminados	2.216	2.189	1,2	10.914	10.387	5,1
Planos	1.282	1.326	(3,3)	6.413	6.424	(0,2)
Longos	934	863	8,2	4.501	3.963	13,6
Semi-Acabados p/ vendas	549	542	1,3	2.673	2.285	17,0
<b>VENDAS INTERNAS (*)</b>						
Semi-Acabados p/ vendas	1.939	1.716	13,0	9.516	7.938	19,9
Planos	1.142	1.059	7,8	5.460	4.749	15,0
Longos	797	657	21,3	3.731	2.950	26,5
<b>COMÉRCIO EXTERIOR</b>						
Exportações (10 <sup>3</sup> t)	727	880	(17,4)	4.211	4.714	(10,7)
(US\$ Milhões)	584	550	6,2	2.898	2.953	(1,9)
Semi-Acabados	414	462	(25,1)	2.508	2.126	18,0
Planos	172	266	(35,3)	988	1.656	(40,3)
Longos	141	152	(7,2)	715	932	(23,3)
Importações (10 <sup>3</sup> t)	181	140	29,3	867	551	57,4
(US\$ Milhões)	243	152	59,9	1.101	639	72,3
Semi-Acabados	4	133	(42,9)	15	33	(54,5)
Planos	102	97	5,2	551	339	62,5
Longos	75	36	108,3	301	179	68,2
<b>CONSUMO APARENTE (**)</b>						
Planos	1.277	1.176	8,6	6.175	5.172	19,4
Longos	908	730	24,4	4.200	3.284	27,9

A busca do resultado imediato em detrimento de uma consistente política de produção que vise resultados a médio e longo prazo compromete os objetivos inicialmente estabelecidos e acaba por culminar na perda do estímulo inicial, no momento em que uma mudança em qualquer um dos seus níveis esteja sendo implantada e o elevado percentual de desperdício – cercade30% -, registrado por meio de alguns indicadores disponíveis. Picchi (1993) destaca ainda os elevados níveis de patologias registradas nas edificações, além de uma produtividade de menos da metade praticada nos países desenvolvidos.



**Figura 3.** Produção e vendas de aço no Brasil de janeiro de 2008 a janeiro de 2009. Fonte: IABr, 2009.

## 2.8. Caracterização da indústria da construção

A indústria da construção civil é de grande importância para o desenvolvimento da nação, tanto do ponto de vista econômico, destacando-se pela quantidade de atividades que intervêm em seu ciclo de produção, gerando consumos de bens e serviços de outros setores, como do ponto de vista social, pela capacidade de absorção da mão-de-obra. O setor da construção é considerado por alguns autores como o pulmão da economia, devido ao fato da construção ser um dos setores mais sensíveis às mudanças. Segundo Picchi (1993), sua participação decresce nos períodos recessivos, enquanto que seu crescimento é maior que a média do país, em épocas de expansão.

A importância social da construção se deve, em parte, a grande absorção da mão de obra do setor e o poder de reprodução de empregos diretos e indiretos. A reprodução do trabalho na construção civil não é realizada por meio de uma seleção e treinamento formal, e com isto, as empresas acabam submetendo suas regras de comunicação e estrutura organizacional aos hábitos provenientes da cultura de seus operários - cultura essa, ainda ligada à sua origem social, o campo, de onde vieram os primeiros migrantes - e pactuam com a hierarquia de poder estabelecido no interior da estrutura de ofícios, centralizada pelo mestre-de-obras.

O setor se diferencia dos demais tanto pelo seu produto, quanto pelo processo produtivo utilizado. No que se referem ao produto, eles são sempre diferentes, cada obra

é única, caracterizado como: imóvel; de grande porte e alto valor monetário. Outras características distintivas da construção habitacional em relação às demais indústrias é o nível de precisão e de detalhamento do projeto de engenharia e de arquitetura. O material de base na construção (concreto, cerâmica e madeira) não possui, pela tecnologia disponível, meios de produção que alcancem o grau de precisão dos metais e dos plásticos que suprem as outras indústrias, devido ao porte de seu produto e a uma menor exigência nos seus limites dimensionais (Vargas et. al., 1984).

Quanto ao seu processo produtivo, apresenta locais de trabalho variados e temporários (os canteiros possuem arranjos diferentes, peculiares a cada obra) e se apóia numa produção quase sempre com bases artesanais, que tendem a ser parceladas em função das diferentes fases da obra.

O processo de trabalho é o processo pelo qual matérias-primas são transformadas em produtos com valor de uso (Palloix apud Farah, 1992). Neste processo, intervêm três elementos ou fatores: a atividade humana, que constitui a força de trabalho; o objetivo sobre o qual atua a força de trabalho (matérias-primas, insumos, etc.); e os meios (ferramentas ou maquinarias) auxiliares à força de trabalho.

A construção se caracteriza por possuir uma produção manufatureira. Segundo Vargas (1984), em função da dificuldade em imobilizar máquinas e equipamentos, grande parte dos trabalhos é feita pelas próprias mãos dos trabalhadores, com uso de ferramentas e pequenos equipamentos, e totalmente dependente de sua habilidade, de seu conhecimento técnico e dos hábitos de trabalho criados na estrutura de ofícios.

Essas variabilidades, peculiares ao setor, levam a um processo de trabalho bastante complexo, provocando dificuldades para se estabelecer uma solução padrão na organização do trabalho. Os processos de trabalho na construção estão intimamente ligados aos métodos empregados na sua produção, e ao estágio tecnológico em que se encontra o setor. No entanto, classifica-se aqui, o processo de trabalho segundo o grau de conhecimento que os operários detêm sobre o mesmo, como:

- artesanal;
- tradicional;
- industrializado (de montagem).

No processo artesanal, o artesão conduz todas as fases de produção, desde a concepção, escolha de matérias primas, execução até sua fase final. Este processo predominou durante o século XIX e, apesar das modificações ocorridas até hoje, ainda é

observado em obras de pequeno porte, principalmente em construções habitacionais uni familiares.

Na construção tradicional, que caracteriza uma segunda fase da construção verifica-se um parcelamento do trabalho, onde aquelas funções que exigiam longo tempo de aprendizado na atividade artesanal, eram separadas de forma que pudessem ser distribuídas por várias pessoas. Segundo exigências diversas, o trabalhador coletivo assume o lugar do artesão sob o comando do mestre-de-obras.

Neste processo, ocorre uma separação entre a concepção e a execução, os trabalhadores passam a executar projetos que não sabem ler e cuja tradução é feita na seqüência: engenheiro – mestre-encarregado. Embora parcelados, estes ofícios requerem da mão-de-obra o domínio de um saber-fazer, relativo ao processo de trabalho, que envolve habilidade no exercício das atividades e sua interferência decisiva na definição de como executar as tarefas. Tal habilidade corresponde, na verdade, a um saber parcial, relativo às frações do processo de produção, especialização dos trabalhadores na execução de determinadas atividades, no manuseio e na transformação de materiais e componentes específicos, associados à execução de partes da edificação.

Na construção tradicional, os projetos indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características tradicionais de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, de instalações, etc.), não descendo a detalhes de execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão das etapas de trabalho (Farah et. al., 1992).

Segundo afirma Vargas (1984), há um distanciamento considerável entre o projeto da habitação e o processo construtivo. Falta aos profissionais responsáveis pela concepção do produto, de um modo geral, uma visão sobre as atividades realizadas no canteiro de obras. Cabem aos operários as decisões quanto a maneira de executar o trabalho para chegar ao que foi projetado.

Na construção de um edifício, é bastante comum não se deter com precisão aos projetos, manterem-se somente alguns pontos de referência que vão servir para o ajuste dos demais, e deixar para no acabamento final encobrir os defeitos acumulados no decorrer da construção. Esses vários ajustes resultam, evidentemente, num maior desperdício de material.

Para aumentar a precisão de uma construção é necessário, entre outras mudanças, o aperfeiçoamento do maquinário envolvido, como é feito nos processos ditos industrializados, que corresponde a terceira classificação. Esse processo, que se

caracteriza pela grande utilização de pré-moldados, exige projeto minucioso, onde os detalhes de execução são também requeridos, e conhecimentos específicos, por parte dos trabalhadores sobre a forma de execução. Busca-se com este processo acabar com a descontinuidade entre a concepção do projeto e o gerenciamento da produção, desenvolvendo modos mais apropriados para conduzir a etapa de montagem.

No geral, os trabalhadores envolvidos nos novos processos continuam utilizando parte de seus conhecimentos e habilidades convencionais, mas novos conhecimentos e novas habilidades são requeridos. Há uma adaptação do trabalhador às máquinas, equipamentos e técnicas construtivas introduzidas.

As novas técnicas empregadas, assim como a rapidez do processo de montagem das peças pré-moldadas, afetam principalmente o trabalho do mestre que sempre trabalhou com o conhecimento do saber prático e passa a enfrentar mudanças bruscas, que o deixam sem referencial. Outro agravante é o fato que as informações introduzidas no novo processo, nem sempre são suficientes para assegurar a realização das tarefas.

## **2.9. O processo de projeto**

Com a crescente pressão pela redução de custos, prazos e maiores exigências quanto à qualidade, os construtores estão mudando o foco de suas preocupações, tradicionalmente orientadas à melhoria da gestão financeira e dos instrumentos de marketing, e passam a concentrar seus esforços no emprego de novas formas de racionalização da produção, nos âmbitos administrativos e operacionais. Há uma preocupação sem precedentes com a implantação de políticas e instrumentos de melhoria da qualidade nas empresas construtoras, que vêm atreladas a inovações nos processos construtivos. A isso se soma a consideração, ainda incipiente, de melhorias nas formas de integração entre projeto (desenvolvimento do produto edificação) e execução nos canteiros de obra.

A dificuldade em se atingir a qualidade desejada do produto final, aliada à complexidade e diversidade das tarefas realizadas por várias equipes, tornam muito difícil o comando e a coordenação do projeto (Andery e Vieira, 2002). Para solucionar esses problemas as empresas têm recorrido tanto à subcontratação de serviços específicos como à sub-empregada da mão de obra especializada. Na subcontratação a empresa contratada atua de forma complementar, onde a empresa não tem conhecimento especializado para realizar aquele tipo de serviço; enquanto que na sub-

empreitada de mão-de-obra ela tem caráter substitutivo e é formada por firmas individuais. Entretanto, o controle da mão-de-obra não é, contudo, o único fator que leva à sub-empreitada. O subempreiteiro, por ter uma mão-de-obra especializada em uma parte da obra, consegue aproveitar melhor uma obra e garante uma rápida estruturação das equipes de trabalho e, assim obter uma maior eficiência produtiva.

Além das dificuldades de planejamento e controle da produção, existe outro fator agravante que é a crise que está passando o setor. Esta crise é provocada por condições mercadológicas não mais existentes hoje, como financiamentos fartos, permitindo repassar custos e alimentando um mercado francamente comprador.

Para enfrentar esta crise, algumas estratégias alternativas foram formuladas, segundo a qual as empresas, sem mudar a base técnica de produção, buscam reduzir custos e aumentar a produtividade no setor, uma tendência de racionalização do projeto. A modernização, ou progresso técnico, está sendo orientados pela procura de métodos, equipamentos, softwares e procedimentos que favorecem a racionalização do método construtivo.

A evolução recente da construção civil metálica revela uma modificação no caráter da industrialização da construção e a emergência em adotar novas formas de racionalização, baseada na flexibilidade da produção e na participação dos trabalhadores no controle do processo de trabalho. A racionalização, nestes casos, consiste essencialmente, na busca de ganhos de produtividade através da introdução de modificações na organização do trabalho.

A procura da racionalização do método construtivo é parte de um fenômeno mais geral, que se consubstancia na procura de valorização do capital investido em atividades de construção civil. Ao incorporar tecnologia inovadora, e conseqüentemente, diminuir o tempo necessário à produção dos bens a que se dedicam, as empresas melhorou suas condições de concorrência em seus mercados específicos. Independente da forma que assuma a mudança técnica, seu motivo principal é fundamentalmente econômico.

Estes mecanismos não representam, no entanto, uma alteração significativa no que diz respeito à autonomia do trabalhador na condução do trabalho. As empresas continuam tendo dificuldade de controle e dependendo do próprio trabalhador, principalmente quanto aos aspectos de: qualidade dos serviços e dos produtos; a produtividade; e a racionalização dos insumos e materiais.

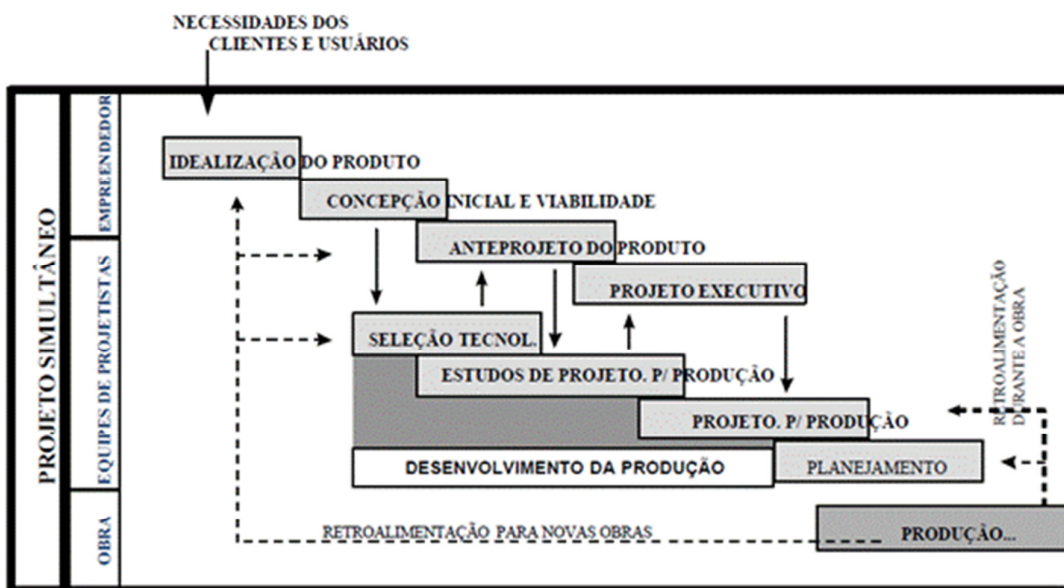
Fabício e Melhado (2001) configuram o desenvolvimento atual de novos produtos da produção, de forma fragmentada, em: programa, projeto e produção, com as equipes temporárias responsáveis por cada fase, de forma seqüencial de acordo com o desenvolvimento do produto. De acordo com os autores, esta forma seqüencial do processo não promove a integração entre os diversos agentes e prejudica a geração de soluções técnicas coordenadas no desenvolvimento dos empreendimentos. Eles se utilizam do conceito de engenharia simultânea para definir o conceito de Projeto Simultâneo orientado à construção civil.

Os pontos básicos e freqüentes entre os dois conceitos são:

- A realização em paralelo de várias etapas do processo de desenvolvimento do produto, de forma a reduzir o tempo de projeto e ampliar a integração entre as interfaces de projeto.
- A integração no projeto de visões de diferentes agentes do processo de produção, conformando equipes de projeto multidisciplinares capazes de considerar, precocemente as demandas dos clientes internos do processo de produção e o desempenho do produto ao longo de seu ciclo de vida.
- A orientação para satisfação dos clientes e usuários, identificando novas necessidades e desejos dos clientes, atendendo-os de forma rápida, por meio de um processo de projeto que garanta agilidade na geração e materialização de novos conceitos de produto.

Fabício e Melhado (2004) apresentam a coordenação de projeto como uma atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de projeto que deve integrar todos os requisitos que envolvem o projeto. A coordenação deve ser exercida durante todo o processo de projeto com o objetivo de interagir todos os agentes do processo e promover a melhoria da qualidade do produto. Os autores observam que as equipes multidisciplinares participantes do projeto simultâneo devem ser constituídas de profissionais qualificados da área, pois este grupo funciona como uma espécie de gestor da produção com a responsabilidade de estabelecer altos níveis de integração e comunicação.

Tendo em vista o caráter incremental de aprimoramento do processo de projeto no setor, um primeiro e importante passo na configuração da prática de projeto simultâneo é o desenvolvimento em conjunto e integrado de todas as características do produto e de sua produção (integração projeto - produção), tendo como ponto de partida os anseios e necessidades dos clientes (Figura 4).



**Figura 4.** Interação de etapas no desenvolvimento de um novo empreendimento com Projeto Simultâneo. Fonte: Fabrício, 2002, tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

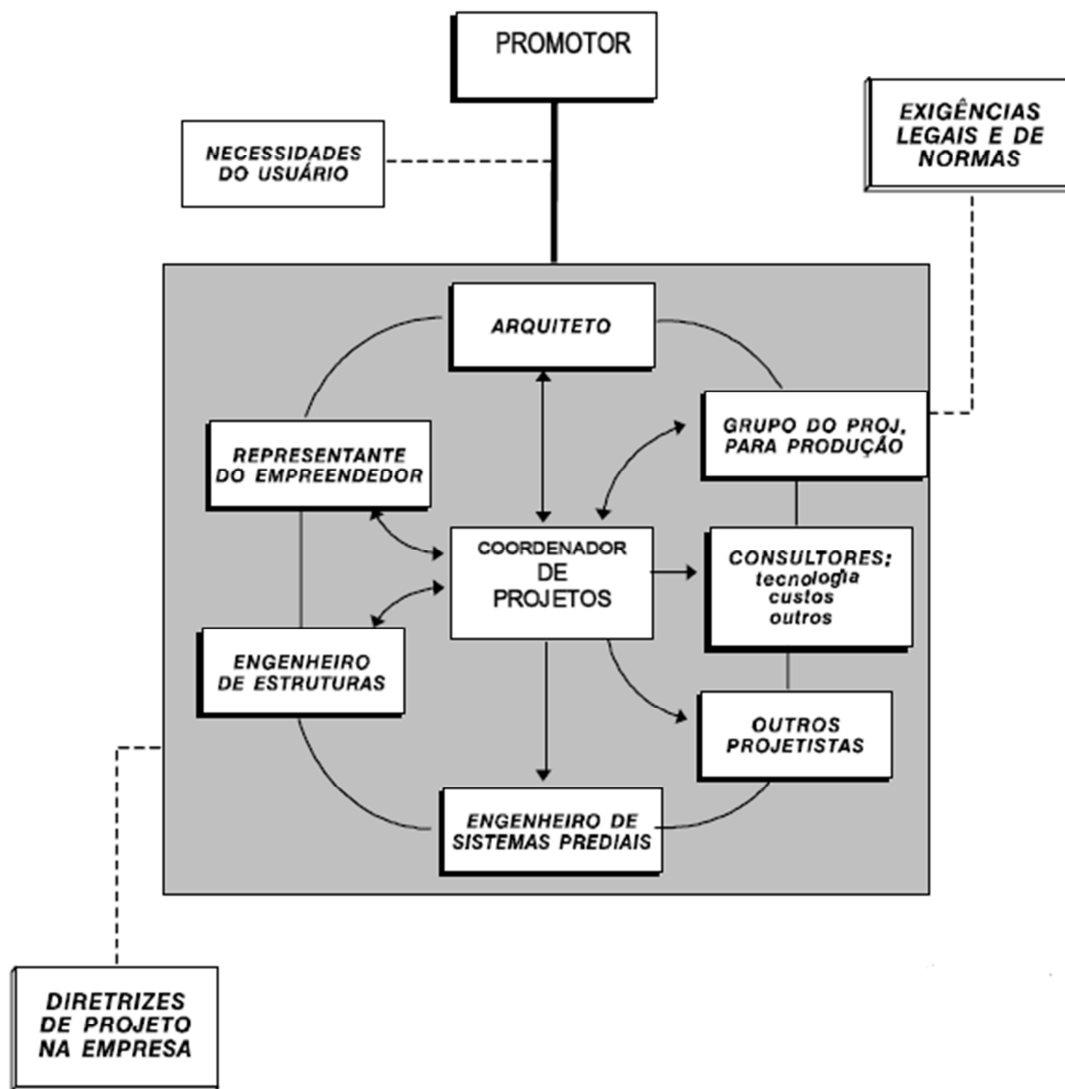
Desta forma, na construção, uma pré-condição ao projeto simultâneo é a consolidação de um processo de projeto voltado, efetivamente, para o desenvolvimento do produto edifício em suas várias facetas (do projeto à produção, da comercialização às necessidades de utilização e manutenção); o que, em um primeiro momento, significaria, provavelmente, um maior investimento em projetos, uma maior quantidade de revisões e um maior tempo de projeto - trazido pela realização de novas modalidades de projetos e pela análise e coordenação entre interfaces, o que não ocorre, tradicionalmente, nos processos de projetos do setor.

Para a integração dos projetos e da produção a primeira questão que se coloca é a necessidade de coordenação entre os vários projetos do produto e do processo que devem ser desenvolvidos em conjunto e buscando a otimização global das características dos edifícios.

Assim, os conceitos de projeto da produção e projeto para produção discutidos em Fabrício e Melhado (2001) colocam respectivamente, a importância da configuração de um padrão construtivo da construtora que norteie a seleção da tecnologia construtiva e as definições de projeto do produto de acordo com o *Know-How* construtivo da

empresa e, a necessidade de desenvolvimento da forma de produção de subsistemas e detalhes específicos de cada obra em conjunto com as definições das características do produto que interferem na produção destes subsistemas.

Com o propósito da formação de grupos multidisciplinares e coordenadores de projetos foi proposta uma estruturação de equipes de projetos orientada à interatividade entre agentes, que prevê a concepção simultânea de novos empreendimentos (Melhado et. al., 1994) (Figura 5).



**Figura5.** Proposta de estruturação para a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do projeto. Fonte: MELHADO, 1994.

A utilização generalizada da tecnologia da informação (informática e telecomunicações) é um dos pontos centrais no desenvolvimento de produtos com E.S., Sem a utilização de ferramentas computacionais de auxílio ao projeto o ambiente de E.S. perderia muito do seu dinamismo e produtividade uma vez que a interatividade entre os projetos perderia seu principal catalisador (Hartley et. al., 1998).

Na construção, com a pulverização das responsabilidades pelo projeto e pela construção em diversos agentes, distintos e dispersos geograficamente, a informática e as telecomunicações representam a possibilidade de configuração de um novo ambiente capaz de suportar as interações dos vários agentes envolvidos desde os primórdios da concepção do produto e durante todo o seu desenvolvimento.

Na base deste novo ambiente cognitivo na geração de projetos, a informática representa uma tecnologia cujas dinâmicas permitem interações à distância de diversos agentes (Groupware) que mesmo separados podem se conectar virtualmente desenvolvendo projetos integrada e simultaneamente de forma mais barata e eficiente.

Assim, grupos de desenvolvimento de produto interagindo em rede podem ser formados de forma a limitar a necessidade de reuniões físicas entre os participantes (ligados à construção, venda, manutenção) que devem ser envolvidos para a conformação de um ambiente orientado a realização de Projetos Simultâneos.

Por outro lado, as próprias máquinas (computadores + software) podem participar do processo de desenvolvimento de projetos realizando tarefas parametrizáveis como cálculos e simulações permitindo mudanças nos escopos dos projetos que podem ser sensivelmente sofisticados e mais detalhados de forma a se buscar soluções melhores para as especialidades de produtos e de processos e, principalmente, permitindo uma maior integração e análise global das soluções. Assim, com a generalização do uso de software(s) de projeto (CAD), de cálculos, etc. a produtividade na geração e análise e de soluções de projeto se amplia além, de facilitar a formação de bancos de dados (nos quais se armazenam as soluções de projetos anteriores e os resultados obtidos), voltados a retroalimentar do processo de projetos com experiências passadas.

## **2.10. O processo de projeto em construções metálicas**

Embora o processo tradicional de projetos em construções metálicas esteja longe dos ideais de desenvolvimento de produto da engenharia, as potencialidades desta

metodologia de geração de novos produtos são bastante significativas e devem ser consideradas na busca de novas configurações de equipes de projeto. Para tanto, o conceito de Projeto em construções metálicas pode agregar as metodologias e experiências de desenvolvimento do projetista, com as necessidades específicas do setor de construção e de seu processo de desenvolvimento, buscando a configuração de novos ambientes de geração e profissionais especializados, orientados ao incremento da qualidade na produção e na sua utilização.

O sistema estrutural em aço constitui-se em uma interessante opção para as empresas que buscam por alternativas de melhores níveis de qualidade e produtividade nos processos de produção de edificações (Tunouti e Novaes, 2004).

Na construção metálica a produção de seus componentes pré-fabricados, preparação, se antecipa ao nível da fábrica, exigindo um detalhamento maior de todos os projetos e peças individuais desde os estágios iniciais do empreendimento. Isto requer aplicação mais efetiva de instrumentos e procedimentos para a garantia da qualidade do projeto de edificações. Destaca-se a atuação da atividade de coordenação de projetos, com o intuito de se obter projetos com melhores níveis de detalhamento, compatibilizados, preocupados com a construtibilidade e com qualidade suficiente para satisfazer todas as necessidades dos clientes, minimizando a incidência de erros que ocasionam manifestações patológicas e maximizando a qualidade do produto final que é a edificação.

Para se obter um “sucesso” no detalhe de projetos metálicos a implantação de um ambiente e metas de Projeto Simultâneo aos projetistas e demais agentes do processo de produção devem incorrer em profundas alterações nas práticas cotidianas de projeto, abarcando iniciativas como:

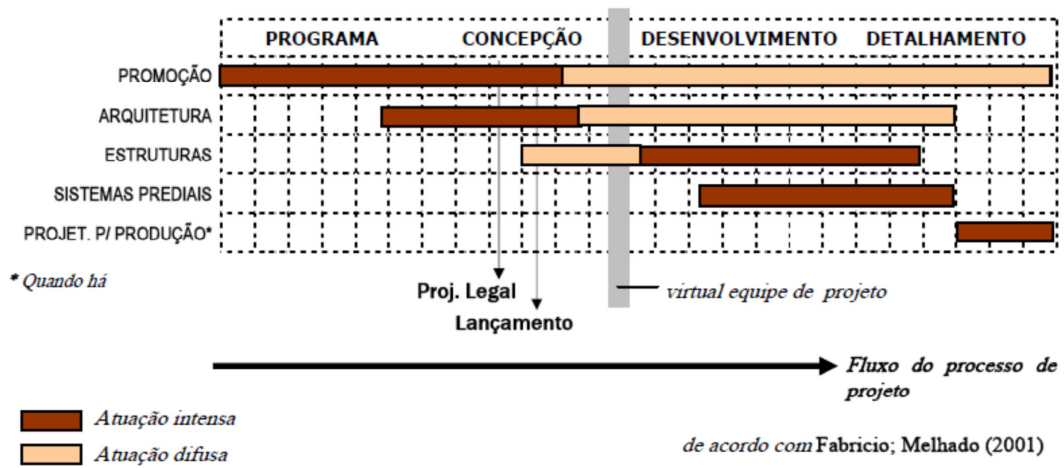
- A aproximação das construtoras com os projetistas de forma a configurar grupos articulados e orientados a melhoria contínua dos projetos;
- A conformação de equipes multidisciplinares de projetos que desenvolvam simultânea e integradamente as várias características do produto (envolvendo sua produção, comercialização, utilização e manutenção);
- A utilização da tecnologia da informação na geração de projetos, orientados à interatividade, ao compartilhamento de informações e à simultaneidade de intervenções dos vários especialistas envolvidos.

O projeto em construções metálicas se destina a atender requisitos, normas, parâmetros, modulação, evidenciando gráfica e descritivamente suas intenções entre

outros fatores particulares a cada etapa da obra distintamente, o projeto de produção contribui para a eficácia da execução em obras com racionalização construtiva incorporada, alta construtibilidade e rico detalhamento das tecnologias e soluções construtivas empregadas, como resultado da associação da concepção do processo construtivo ao processo de projeto.

Por esta razão, a figura do coordenador de projetos em muitas empresas tem perdido a conotação de “responsável pelo setor de projetos” e assumido uma característica de profissional multidisciplinar, que reúne conhecimento de grande parte do processo executivo e competências para compatibilizar ou pelo menos analisar criticamente as propostas de projeto de cada etapa da obra, suas interfaces e interferências.

Resumidamente, a figura 6 apresenta o fluxo de comunicação geralmente empregado entre os agentes envolvidos no processo de projeto.



**Figura 6.** Esquema de um processo seqüencial de desenvolvimento do projeto de edifícios – participação dos agentes ao longo do processo.

Embora seja mais forte com relação ao projeto de arquitetura, é possível verificar, ao longo de todo o processo de projeto, uma hierarquização em que os projetistas ajuisante do processo tomem contato com o programa e com os projetos a montante por meio de soluções projetuais desenvolvidas e não por meio dos problemas tratados.

Para fluxo de comunicação do projeto-processo descrito adiante (Figura 7), propõe-se que a equipe de arquitetura, através da sua coordenação, realize a compatibilização entre os projetos. Desta maneira, se espera que os projetos de produção descrevam à prescrição detalhada das técnicas construtivas, ferramentas e materiais empregados em cada serviço, de modo a estabelecer padrões a serem seguidos em outras obras, abrange requisitos para compra, recebimento, estocagem dos materiais e componentes para construção.

Contudo, as principais alterações que se fazem necessárias referem-se aos valores culturais e comportamentais das empresas envolvidas no processo de produção de construções em edificações metálicas, de forma a substituir o confronto pela integração entre os agentes e orientar as práticas de desenvolvimento de produto no setor para a busca da otimização global dos empreendimentos e com uma perspectiva incremental durante a obra e nos empreendimentos subsequentes.



**Figura 7.** Fluxo de comunicação sugerido para o processo-projeto. Fonte: Raphael da Silva; Construmetal – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica São Paulo – Brasil – 31 De Agosto A 02 De Setembro 2010.

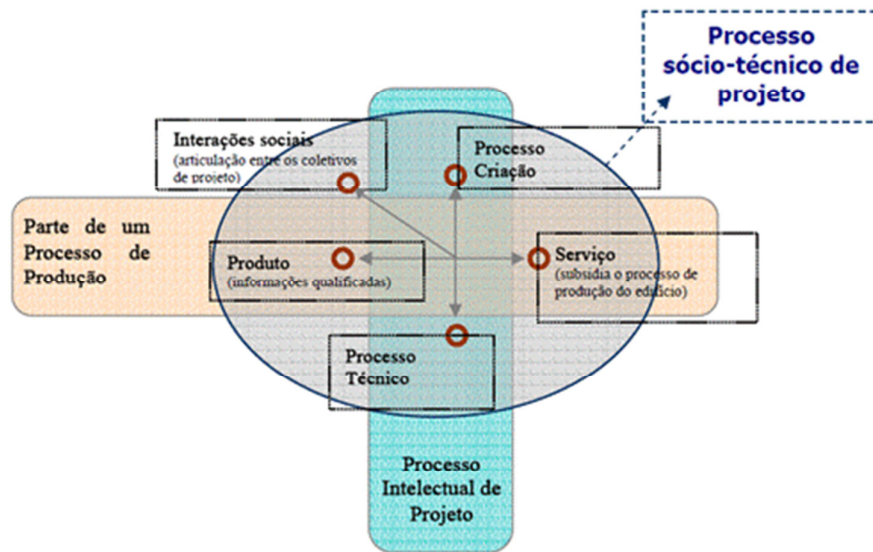
A conjugação dos diversos entendimentos de projeto permite a percepção de um processo socio-técnico complexo que envolve múltiplos intervenientes num ambiente intelectual, produtivo, regulatório e cultural circunscrito (Figura 8).

No caso da indústria da construção metálica o processo sócio-técnico de projeto é composto por uma série de agentes e pela conjugação de diversas técnicas e conhecimentos que dão suporte à concepção e desenvolvimento de soluções projetuais (processo intelectual) que devem subsidiar o processo de produção e uso de edifícios.

## 2.11. Projeto para produção

Uma cisão importante no processo de desenvolvimento de produto na construção metálica ocorre entre a etapa do projeto de detalhamento do produto e a construção do edifício.

Sem preocupação com o Sistema de Produção da construtora, os projetos do produto restringem-se, normalmente, a fornecer informações sobre o produto (forma, dimensões, etc.) sem entrar em detalhes de como e em qual seqüência produzir; além de, muitas vezes, como destaca Franco (1992), não possuem um nível de detalhamento e integração adequados, que esclareçam todas as características e interfaces do produto.



**Figura 8.** Processo sócio-técnico de projeto. Fonte: Fabrício; 2002; tese apresentada a escola politécnica da Universidade de São Paulo.

Também para Farah (1992), a tendência na construção tradicional é tratar os projetos como responsáveis pelas indicações da forma e das características tecnológicas do edifício e não de sua produção. Para a autora, o projeto é visto como um projeto de

produto sem indicações de como produzi-lo e, muitas vezes, não caracteriza completamente o produto, deixando para a etapa de obra a definição de características do produto e a seleção de materiais ou componentes a serem utilizados.

Em síntese, os processos de projeto mais tradicionais acabam sendo orientados para a definição do produto sem considerar adequadamente a forma e as implicações quanto à produção das soluções adotadas. Além disso, é comum que as especificações e detalhamentos de produto sejam incompletos, falhas e incompatíveis e acabem tendo que ser modificadas ou resolvidas durante a fabricação e até mesmo na fase de montagem da obra, quando a equipe de produção decide “amadoristicamente” sobre características e especificações do edifício não previstas em projeto.

Conforme exposto em Fabrício. (1999b), a própria organização seqüencial do empreendimento dificulta a intervenção da construtora e do usuário no processo de projeto, já que estes agentes são mobilizados posteriormente à fase de concepção do produto.

Por outro lado, como destaca Maciel (1997), a influência do promotor é potencialmente significativa ao longo de todo o processo. De fato, mesmo o promotor, apesar de influente, participa dos projetos de forma difusa, com uma missão de gerenciamento e, às vezes, de validação de uma ou outra solução de projeto, mas, ao contrário da etapa de programação, não desempenha nenhum papel de concepção no projeto do produto e do processo.

A falta de projetos executivos detalhados e de uma participação das construtoras e subempreiteiros durante o momento do processo de projeto leva decisões referentes aos métodos e seqüências de construção para o canteiro, quando engenheiros de obras, mestres e oficiais acabam desenvolvendo sem tempo e sem condições adequados como se dará a obra (Picchi, 1993).

A este respeito Nan; Tatum (1989) apud Barros (1996) fizeram o seguinte diagnóstico: *“Enquanto na indústria seriada, o projeto do produto (‘product design’) está se tornando uma parte conjunta do gerenciamento da produção; na construção, a função projeto do produto é normalmente separada da produção”*.

Entretanto, se o diagnóstico permanece válido para a maioria dos empreendimentos de construção brasileiros, a situação atual aponta para um engajamento das empresas de construção e promoção na elaboração de projetos para produção de suas obras, especialmente nos mercados mais dinâmicos e competitivos.

A partir dos anos 1990 vários trabalhos de pesquisa têm analisado teoricamente a necessidade e a configuração dos “projetos para produção” como ferramenta de planejamento da construção dos subsistemas da obra e como transposição entre o projeto do produto e a obra (Melhado, 1994; Franco; Agopyan,1995; Melhado; Fabricio, 1998; Aquino; Melhado, 2001; Kamei; Franco, 2001), e vêm desenvolvendo tecnologia e metodologias para aplicação de tais projetos (Franco, 1992; Souza, 1996; Maciel, 199).

Nessa mesma época, diversas empresas de construção e promoção de edifícios começaram a desenvolver e demandar projetos para produção para alguns subsistemas de suas obras e hoje já é possível verificar um crescimento na utilização desses projetos. Acompanhado a demanda por projeto para produção, surge uma série de empresas de projetos especializadas nesse tipo de serviço. Na maioria dos empreendimentos que têm projetos para produção, a sua realização ocorre posteriormente aos projetos do produto, o que inibe a interatividade com as soluções técnicas adotadas nos projetos de produto.

Conforme destacam Maciel; Melhado (1995), embora os projetos para produção possam ser realizados posteriormente à definição do produto, esta prática sequencial limita seu potencial de influência na qualidade do processo de projeto e na racionalização da obra.

## **2.12. Construtibilidade**

Construtibilidade, numa visão particularizada à etapa de projeto, é definida por O’Connor; Tucker (1986) apud Franco (1992) como “...a habilidade das condições do projeto permitir a ótima utilização dos recursos da construção”. Ou seja, a construtibilidade do projeto é percebida como a capacidade de o projeto direcionar e interagir com os sistemas de produção de forma eficiente.

Numa definição mais abrangente a construtibilidade é apontada como o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento. Com essa abrangência fica ressaltada a pertinência do envolvimento, no planejamento do empreendimento e nos projetos, o pessoal de produção de forma a confederar precocemente a construtibilidade ao longo das várias etapas do empreendimento.

A construtibilidade dos edifícios metálicos está em parte relacionada à introdução de inovações tecnológicas e construtivas que racionalizam a obra ou parte desta. Por outro lado, a construtibilidade está diretamente ligada à qualidade das soluções projetuais, à integração entre os projetos e dos projetos com o sistema de produção da obra. A qualidade e o detalhamento das soluções projetuais é importante para disponibilizar, ao pessoal da obra, o que se espera do produto e dos subsistemas construtivos. Nessa mesma direção a integração das soluções de especialidades e a compatibilidade das informações presentes nos vários projetos são fundamentais para que a obra possa executar os seus sistemas sem interferências não previstas.

Outro aspecto importante é a compatibilidade entre as soluções projetuais e a capacitação da mão-de-obra e da empresa de forma que boas soluções teóricas não sejam comprometidas por uma execução inadequada. Nesse sentido, os projetos para produção têm um importante papel na construtibilidade das obras à medida que por meio deles se desenvolvem precocemente as soluções construtivas, contribuindo para integrar os projetos do produto com o sistema de produção da empresa. Desta forma, Romero (2002) sugeriu que os projetos para produção podem ser vistos como um mecanismo de validação dos projetos do produto quanto a sua construtibilidade.

Para facilitar a interação com a execução os projetos devem, também, serem claros, transparentes e facilmente manuseáveis para permitir que as informações sejam interpretadas e compreendidas na obra.

Portanto, uma destacada vantagem e justificativa para o desenvolvimento de produtos por meio de práticas colaborativas aos moldes da ES é a integração do projeto do produto ao projeto para produção e a obra, ampliando a construtibilidade, conseqüentemente, a qualidade e a produtividade do processo de produção.

Por todos os argumentos levantados acima a cerca da construção civil estruturada, organizada e planejada, se faz necessário o entendimento de como utilizar dos recursos da construção enxuta, na elaboração do projeto e no planejamento das ações que devem ser empregadas nas construções com estruturas metálicas.

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar a adequação de concepção de projeto, planejamento de ações e ferramentas que geram a qualidade dos conceitos de técnicas da produção enxuta em obras de engenharia de construções metálicas.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Avaliar uma empresa do ramo de construção em estruturas metálicas da cidade de Montes Claros-MG através de um estudo exploratório, descritivo, avaliativo e qualitativo.
- Identificar a possibilidade de adequação das inovações e métodos dos sistemas de construção enxuta à padronização dos processos, redução dos desperdícios e aplicação da gestão da qualidade em construções com aplicação de estruturas metálicas.

#### 4. JUSTIFICATIVA

As críticas à indústria da construção civil, atreladas muitas vezes à baixa produtividade, tem sido a maior dificuldade encontrada na gestão da mesma, principalmente em construções metálicas. Isto ocorre devido às dificuldades de contratação de mão-de-obra qualificada, falhas de planejamento, controle inadequado da qualidade aplicado à construção e ao processo de fabricação, ou até mesmo a combinação destes fatores. Outros fatores como, problemas com abastecimento no fornecimento de matéria prima, insuficiência no espaço para estoque e dificuldades de acesso à obra também contribuem para que haja interrupções no fluxo de trabalho.

Essa baixa produtividade, alimentada pelos fatores acima, tem sua origem na concepção do planejamento. Neste ponto, as atividades são concebidas, os prazos são estabelecidos de forma independentes e são desbalanceadas entre si. Por esse motivo há interrupção de fluxo, criando soluções de continuidade com esperas e acumulação de serviços concluídos (Oliveira et.al., 2007).

Usualmente, adota-se para o problema da baixa produtividade a solução convencional, tendo como base o gerenciamento da obra. Esta solução se propõe a igualar a produção em cada uma das fases do processo, similarmente ao que ocorre na indústria. No entanto, na indústria, há a possibilidade de um ajuste técnico no maquinário caso haja a necessidade de aumentar a produtividade, o que não ocorre na construção civil em estruturas metálicas. E esta limitação provoca a existência de falta de flexibilidade na execução das etapas, onde cada atividade é concebida e executada de forma isolada. Este isolamento faz com que uma determinada atividade tenha determinar para que a seguinte seja iniciada (Drucker et. al., 1975).

Segundo Howell (1999), a rejeição por parte da indústria da construção às idéias e soluções provenientes da manufatura sempre existiu, sob a alegação de que as características da construção são significativamente diferentes daquelas da manufatura. Logo, a aplicação dos conceitos da Produção Enxuta na Construção deve resultar de um processo de transferência e não de réplica. De acordo com Tommelein e Weisseberger (1999), uma alternativa para os problemas decorrentes da baixa produtividade, seria a utilização dos conceitos da construção enxuta.

Na construção enxuta releva-se o gerenciamento de etapas isoladas da obra para se enfatizar o planejamento de todo o processo construtivo, por meio do mapeamento do fluxo de atividades. A abordagem enxuta na construção civil visa seqüenciar as

atividades de modo integrado, planejando as atividades de forma balanceada, ou seja, atividades cadenciadas e no mesmo ritmo. A consequência deste tipo de solução é fazer com que haja a quebra de isolamento da seqüência de atividades em todo o processo produtivo e na obra.

Entretanto, por existir desconhecimento do assunto e por não ser uma solução trivial, há dificuldade de implantação desta solução. Ela também exige tempo de adaptação (treinamento) e alto investimento inicial.

Para que se atinja a qualidade exigida pela estrutura metálica, é necessário que haja uma coordenação interativa entre cada uma das etapas da cadeia construtiva. Essa coordenação vai desde a definição do produto, passando pela concepção dos projetos, do detalhamento, da fabricação das peças, pelo detalhamento dos projetos de montagem até a finalização da obra. Esta coordenação torna-se parte fundamental do processo, já que a estrutura metálica não se adapta a improvisos e qualquer alteração de projeto ou executiva devem ser planejadas com antecedência. Do contrário, tais modificações podem levar a um alto desprendimento de custo, à redução da qualidade e a um aumento do tempo de execução da obra.

Apesar dos pontos fracos abordados desestimularem a adoção do sistema enxuto de construção, este trabalho demonstrou as vantagens competitivas para utilização deste tipo de sistema. Discutiu-se uma maneira de se implantar a construção enxuta em construções com estruturas metálicas, evidenciando a necessidade de que as ações inseridas no processo devem agir de forma simultânea, ou seja, devem ser implementadas como ações estratégicas.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Método de Pesquisa**

O processo de investigação; são formas ou maneiras de aproximação e focalização do problema ou fenômeno que se pretende avaliar, prestando-se à identificação dos métodos e tipos adequados às soluções desejadas. Dependem da natureza do problema e de sua formulação, da teoria de base e referencial teórico-cultural. Criatividade na percepção da relevância dos dados e das relações entre variáveis é requerida e desejável. O condicionamento e a forma como os projetos ou planos de investigação são formulados proporcionam a coleta e a análise de dados, assim como a discussão dos resultados

Em uma pesquisa é preciso promover um confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. Trata-se de construir uma porção do saber. Esse conhecimento não é só fruto da curiosidade, da inquietação, da inteligência e da atividade investigativa para propor a metodologia utilizada pelo pesquisador, mas também da continuação do que foi elaborado e sistematizado pelos que já trabalharam o assunto anteriormente.

### **5.2. Caracterização da pesquisa**

A pesquisa realizada utilizou o modelo teórico do Sistema Toyota de Produção. Considerando que a construção enxuta possui a mesma base conceitual, a proposta da atividade científica aqui descrita visa identificar tais relações e seqüências, composto por um estudo de caso, em que o interesse maior é a realização do proposto e aplicado.

O presente trabalho; considerando que o objetivo do mesmo seja ele exploratório; descritivo e/ou avaliativo; teve como principal finalidade desenvolver, esclarecer e alterar conceitos, idéias, para a formulação de abordagens mais condizentes com o desenvolvimento de projetos em estruturas metálicas para que ele seja constituído de forma limpa, enxuta.

As pesquisas segundo GIL (2002) são classificadas em três grandes grupos: as exploratórias, as descritivas e as explicativas. As exploratórias têm como objetivo o aprimoramento das idéias ou a descoberta de intuições, envolvendo na maioria dos

casos levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e a análise de exemplos que estimulem a compreensão. As pesquisas descritivas têm como objetivo o estabelecimento de relações entre variáveis e, uma de suas características é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionários e a observação sistemática. Já as pesquisas explicativas se preocupam em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos e valem-se quase exclusivamente do método experimental.

Quanto ao procedimento técnico, GIL (2002) define dois grandes grupos: no primeiro grupo se inserem as pesquisas bibliográficas e documentais e no segundo grupo as pesquisas experimentais, a pesquisa *ex - post facto*, o levantamento e o estudo de caso.

Para esta pesquisa utilizou-se da pesquisa bibliográfica, do levantamento de dados através da entrevista e da observação sistemática dos acontecimentos e da pesquisa a partir de fatos passado.

A pesquisa bibliográfica foi apresentada na introdução deste trabalho e possibilitou o refinamento e a base crítica para a análise no processo de projeto de construções metálicas. Como forma de ilustração, foi descrito o processo de projeto e posteriormente a execução de um empreendimento metálico que já foi realizado, que constituiu o estudo de caso.

### **5.3. Levantamento de dados através de entrevistas**

O levantamento de dados por meio de questionários previamente estruturados foi possível através de entrevistas com membros do projeto da empresa do ramo de construção metálica. A pesquisa exploratória e descritiva ocorreu devido a complexidade e amplitude dos projetos de construções metálicas, exigiu uma observação multidisciplinar dos acontecimentos, que envolveu conhecimentos de engenharia, arquitetura e administração, por exemplo. Para que estas entrevistas contemplassem o abordado no estudo proposto, foi necessária a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, por exemplo, questionários previamente estruturados. Também foi conveniente ilustrar como exemplo a análise desenvolvida e, portanto, desenvolveu-se um estudo de caso em um empreendimento que se utilizou a construção metálica.

O levantamento de dados realizado através das entrevistas teve como objetivo identificar como está sendo realizado o processo de desenvolvimento de projetos com o sistema estrutural metálico. Com este levantamento foi necessário conhecer a sistemática de trabalho dos agentes envolvidos no processo de projeto.

#### **5.4. Caracterização dos questionários (roteiro das entrevistas)**

Para a realização das entrevistas foi desenvolvido um roteiro básico através de questionário e estes se diferem em alguns aspectos de acordo com a atuação dentro do processo de projeto de cada agente a ser entrevistado, uma vez que cada especialidade possui características distintas e é responsável por uma parte dentro de todo o processo. Desta forma, foram adotados 2 (dois) modelos de questionário para a empresa: (a) de projeto de estruturas e fabricantes; (b) de coordenação de projetos.

A redação dos questionários predeceu-se em utilizar uma linguagem clara e objetiva, sem duplo sentido para que os entrevistados entendessem facilmente o que estava sendo questionado e procurou-se utilizar perguntas que não sugerisse, ou orientassem as respostas e que não provocassem respostas defensivas ou resistência dos entrevistados. O roteiro do questionário encontra-se no anexo A dessa dissertação.

Focando em projetos estruturais metálicos, pretendeu-se avaliar e analisar: a gestão de documentação e gestão de projeto. Para os aspectos abordados, o questionário se subdividiu nos seguintes tópicos:

*I – Caracterização da empresa*: Tópico que teve como objetivo classificar a empresa em estudo e identificar as implicações da certificação no processo de elaboração dos projetos. Foram abordadas questões como: nome da empresa, ano de fundação, número de funcionários, área de atuação, se possui algum sistema de gestão da qualidade, qual motivo que levou à empresa a optar ou não pela certificação e se os clientes exigem esta certificação na hora da contratação.

*II – Gestão do processo de projeto estrutural*: Busca analisar o projeto estrutural de estruturas metálicas, todas as características levantadas neste item focam o desenvolvimento do projeto. Porém, devido à relação de interdependência entre os agentes e a necessidade de subsidiar a análise do projeto estrutural, também foram investigadas e questionadas estas mesmas características nos demais agentes envolvidos no processo de projeto, mesmo que aconteça de uma forma mais superficial.

## **5.5. Caracterização da empresa envolvida**

A empresa foi selecionada por sua experiência com o sistema construtivo metálico e por ser relevante na participação no mercado da região do norte de Minas e até mesmo a nível nacional. Buscou-se desta forma envolver os principais agentes no processo de especificação de materiais e componentes construtivos na fase de projeto. Quanto à característica da empresa pode-se classificá-la quanto ao porte de média empresa.

## **5.6. Metodologia do estudo de caso**

A pesquisa foi complementada e ilustrada com análise de um empreendimento que utilizou o sistema construtivo metálico para identificar, em uma situação real, possíveis observações levantadas durante as entrevistas. O objetivo principal deste estudo de caso foi verificar a aplicação do projeto estrutural metálico na obra.

A escolha do empreendimento analisado no estudo de caso aconteceu devido ao fato de ser um empreendimento considerado praticamente metálico, onde havia uma grande relação entre os diversos agentes do empreendimento. Além disso, havia a possibilidade de acompanhamento da construção desde o início da montagem da estrutura até a etapa final. Os agentes do processo de projetos envolvidos também pertencem à região foco do estudo, não havendo distorções ou influências de outras regiões no desenvolvimento dos projetos.

Nas visitas à obra, durante as observações *in loco* da rotina dos acontecimentos às vezes não programados, procurou-se estar perto das pessoas responsáveis pelo desenvolvimento da obra e também presente durante as discussões para resoluções de questões que precisaram ser resolvidas no canteiro.

O acompanhamento da obra começou após a preparação do terreno e concretagem dos pilares, durante o início de montagem da cobertura metálica e se estendeu até o término do fechamento em alvenaria em bloco de concreto celular autoclavado e início da execução dos acabamentos. Desta forma, foi possível presenciar a execução de quase todas as etapas do processo de projeto na obra e evidenciar as interferências de várias especialidades técnicas de projeto durante a execução dos projetos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos nas entrevistas foi focada no processo de projeto estrutural de construções metálicas, analisando as entrevistas dos profissionais de projeto estrutural da empresa de fabricação da estrutura metálica ao qual foi realizada a pesquisa. Vale ressaltar que as observações apresentadas, foram obtidas através de entrevistas com uma empresa especialista no setor da construção civil que utiliza estruturas de aço e busca identificar e analisar algumas características predominantes no desenvolvimento de projetos estruturais de construções metálicas.

Inicialmente, foi realizada uma síntese das características mais predominantes dentro do processo de projeto estrutural levantadas nas entrevistas (itens 6.1 a 6.2). Foram abordados aspectos relacionados ao:

(a) planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica: contratação dos profissionais de projeto se houver necessidade de terceirização, escolha do sistema; análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas; definição dos requisitos para o projeto estrutural;

(b) desenvolvimento do projeto estrutural metálico: entradas; elaboração; saídas e análises críticas.

Durante estes itens, foi desenvolvida uma análise do processo de projeto estrutural de construções metálicas onde foram realizadas correlações entre o que está sendo mais comumente realizado e o que seria a proposta mais adequada de desenvolvimento do processo de projeto voltada para a qualidade final do empreendimento.

Como modelos de desenvolvimento do processo de projeto estrutural foram adotados principalmente os estudos de Melhado e Cambiaghi (2006) e o Manual de Escopo de Serviços de Estrutura da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE, 2007), adaptados ao processo de projeto estrutural de construções metálicas.

O estudo de caso procurou correlações entre algumas questões apontadas na análise do processo de projeto estrutural realizadas nos itens anteriores e a rotina de um empreendimento real.

## **6.1. Planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica**

O planejamento de empreendimentos pode ser subdividido em três itens: contratação da empresa que desenvolve o projeto estrutural quando necessário à terceirização; escolha do sistema estrutural metálico e definição dos requisitos de projeto.

### **6.1.1. Contratação**

Segundo o manual ABECE (2007), devido à exigência do mercado imobiliário quanto à otimização dos projetos, aliado ao fato do processo de elaboração de projetos serem complexo e envolver diversas interfaces, o adequado seria que as empresas de projeto estrutural fossem contratadas ainda no início da concepção do produto. Desta forma, os projetos seriam previamente racionalizados e compatibilizados desde o início do empreendimento, minimizando improvisações de obra e aumentando a qualidade da edificação. Em projetos estruturais metálicos, esta necessidade de contratação precoce é ainda mais importante. Pode-se enfatizar o fato do processo de produção da estrutura ser feito na fábrica, externamente ao canteiro de obras. Há necessidade de precisão milimétrica da estrutura, principalmente na montagem desta e conhecimento técnico de alguns agentes de projeto com relação às características do aço.

Apesar de a empresa entrevistada ter experiências com edifícios de andares múltiplos e edifícios industriais, os principais clientes da empresa que desenvolvem obras em projetos estruturais de construções metálicas são as empresas siderúrgicas, mineradoras, a Petrobrás e empreendedores particulares. O mercado da construção civil ainda é escasso para a construção em aço e as indústrias siderúrgicas e mineradoras estão em constante expansão, com vários empreendimentos sendo planejados e executados. Sendo assim, a oferta de trabalho é grande e quase todas as obras atuais da empresa entrevistada foram com estes setores.

Diferentemente de arquitetos e construtores, a empresa de estruturas metálicas entrevistada não costuma trabalhar diretamente com o cliente final. É comum que seja sub-contratada por grandes empresas de projeto de engenharia ou empresas especialistas em projeto de estruturas de concreto. Quando a contratação ocorre é muito rara a comunicação direta com o cliente final da edificação. Todas as informações necessárias ao desenvolvimento dos projetos são apresentadas através da empresa contratante. No

caso de empresas siderúrgicas e mineradoras e da Petrobrás, alguns setores internos são responsáveis pela contratação.

Foi possível observar também que a empresa além de realizar o projeto estrutural é também fabricante da estrutura e mesmo assim ainda subcontratam outros profissionais para o desenvolvimento dos projetos quando necessário. Normalmente são contratadas pequenas empresas de projeto que auxiliam no desenvolvimento do cálculo estrutural, mas o mais comum é a subcontratação de empresas para o desenvolvimento do detalhamento estrutural e para a execução dos desenhos em Auto CAD.

Não existe nenhuma relação de periodicidade de contratação entre as empresas contratantes e contratadas. Não há uma sistematização para a escolha dos profissionais que desenvolverão o projeto estrutural de um empreendimento que utiliza estrutura metálica. Não foram observadas parcerias entre as empresas. O que foi possível perceber é que apesar de alguns clientes contratarem mais vezes esta mesma empresa, as contratações dependem da demanda do mercado e acontecem de forma atípica na grande maioria dos casos.

Porém, algumas empresas contratantes, normalmente as siderúrgicas e mineradoras, costumam manter contratos tipo de “gaveta”. Estes buscam facilitar o processo de contratação, pois apresentam uma negociação prévia de valores e de condições gerais dos serviços a serem prestados durante a vigência do contrato. São contratos de longo prazo, normalmente anuais. A contratação é por empreendimento e não existe um padrão definido. A empresa contratada não tem a garantia prévia do desenvolvimento de nenhum empreendimento e nem que haverá algum faturamento durante a vigência do contrato do tipo “gaveta”.

Apesar de ser bastante significativo o número de projetos de estruturas que não tem nenhum procedimento formal com relação à elaboração das propostas técnicas e comerciais, a empresa entrevistada segue sempre algum tipo de padrão. O que foi possível perceber é que, em grande parte dos casos, as propostas seguem uma estrutura padrão que varia de acordo com o tipo de serviço a ser executado e com o tipo de empreendimento a ser desenvolvido.

Neste padrão pode-se incluir: escopo e fora de escopo; premissas; especificações de normas; especificações de cálculo; documentos preliminares; custo; quantitativo de desenhos e de peso da estrutura; forma de pagamento; prazo; validade da proposta e condições gerais.

É comum que as empresas contratantes também exijam alguns anexos às propostas. A empresa relatou que costuma desenvolver duas propostas: uma técnica e outra comercial. Afirmaram que este procedimento é necessário, uma vez que as decisões técnicas e comerciais são tratadas por pessoas diferentes dentro da empresa contratante e é comum que as propostas comerciais necessitem de certo sigilo, pois costumam não ser de conhecimento de todas as pessoas, principalmente da área técnica.

O custo do projeto especificado nas propostas comerciais da empresa entrevistada é definido de várias formas. No caso do projeto estrutural podem ser estimados pelo valor de hora gasta no desenvolvimento dos projetos. Mas o mais comum dentro desta empresa é estimar um valor a ser remunerado por formato A1 de desenho e/ou o preço por quilo (R\$/Kg) projetado. Na maioria dos casos, a empresa embute o custo do projeto estrutural metálico diluído dentro de uma planilha de orçamentos que também engloba o custo da fabricação e montagem da estrutura. Não orçam o valor do projeto separado, pois afirmam que vendem o serviço completo desde o projeto da estrutura até a montagem final no canteiro, não vendendo separadamente o desenvolvimento do projeto estrutural á não ser quando for exigida a separação deste escopo na proposta comercial.

Caso o projeto estrutural já chegue pronto à fábrica, o valor destinado ao desenvolvimento deste é retirado da planilha de custo. A tabela 6.1 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação à contratação da empresa entrevistada.

Segundo os entrevistados, uma das maiores causas de problemas no processo de projeto se relaciona principalmente a dois fatores: valores e prazos de desenvolvimento dos projetos. Estes, quando insuficientes, afetam desde a etapa de planejamento até as fases de elaboração e análises críticas.

Notou-se nas entrevistas que na construção civil há uma grande influência do mercado na definição dos custos e prazos dos projetos.

Segundo a empresa entrevistada, um dos fatores que pode ter agravado a deterioração dos valores dos projetos se deve à escassez de empreendimentos que utilizam a estrutura metálica na construção civil. Esta, aliada a grande quantidade de profissionais que antes estavam se formando, fez com que existissem mais profissionais de projeto estrutural metálico do que oferta de trabalho, deteriorando o valor do projeto.

**Tabela 2.** Contratação da empresa entrevistada.

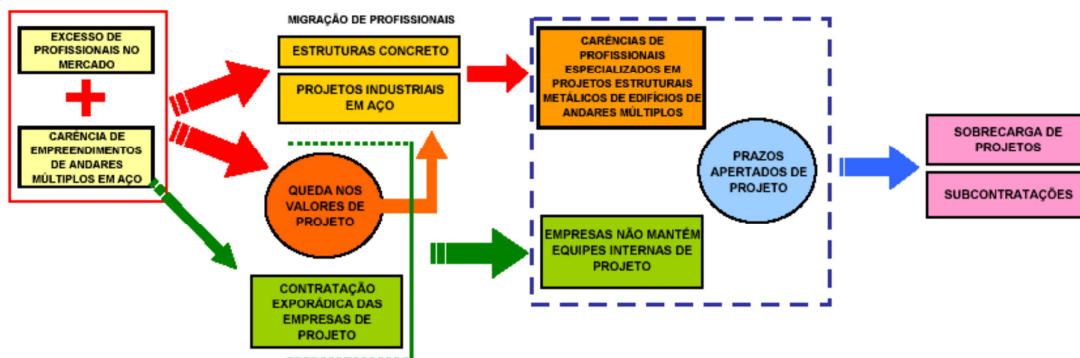
CONTRATAÇÃO						
QUEM CONTRATA	SUB - CONTRATADA	RELAÇÃO	QUANDO	PROPOSTA COMERCIAL	CUSTO	PRAZO
<p>Construtor, empreendedor es, grandes siderúrgicas ou construtoras; empresas siderúrgicas, firmas que trabalham com concreto e subcontratam a parte de aço, mineradoras e outros clientes particulares.</p>	<p>Apenas detalhamento em empresas menores. Pequenas empresas de projeto. Contrata projetistas autônomos.</p>	<p>Sem padrão definido. Depende da demanda de projetos, mas alguns clientes sempre voltam.</p>	<p>Às vezes no início da concorrência. Projeto industrial normalmente não tem projeto de arquitetura. A partir de premissas básicas do projeto básico e projeto estrutural e cálculo pronto</p>	<p>Proposta técnica e comercial (pessoas diferentes). Tem um padrão: objeto, descrição do fornecimento, quantitativo da estrutura de aço, prazo, especificações de cálculo. Tem um padrão, mas algumas empresas grandes exigem determinados anexos a estes contratos. Tem escopo, fora de escopo, documentos de referência que foram utilizados para fazer a proposta, prazos, quantitativo estimado de desenhos e horas, formas de pagamento e garantias.</p>	<p>Em parte definido nas licitações. Demais: valor por hora definido pelo projetista e/ou (R\$/Kg) e negociado pelo contratante.</p>	<p>Adéqua-se ao prazo do empreendimento após negociação com contratante</p>

A escassez de empreendimentos de andares múltiplos em aço na construção civil e a má remuneração dos trabalhos acarretaram uma diminuição da oferta de profissionais especializados em aço no mercado da construção civil. Estes acabaram migrando para projetos estruturais de outros sistemas construtivos. Porém, a oferta de projetos industriais fez com que os profissionais que elaboram projetos estruturais em aço existentes se especializassem neste setor.

Segundo a empresa entrevistada, os profissionais que estão se formando em engenharia civil hoje, estão mais engajados na área de gerenciamento, não se preocupando com o desenvolvimento dos projetos. Os profissionais que se desenvolvem dentro do setor de projetos, além de estarem voltados à construção convencional em concreto armado, onde a demanda é maior, se preocupam muito com o cálculo estrutural. É raro também encontrar novos profissionais de projeto estrutural que desenvolvam um projeto conceitual da estrutura previamente ao cálculo e também profissionais que desenvolvem detalhamento da estrutura metálica.

Desta forma os projetos existentes ficam a cargo de poucos profissionais especialistas no desenvolvimento de projetos estruturais metálicos. Isto, juntamente com prazos restritos para o desenvolvimento dos projetos e a falta de equipes de projetos internas às empresas contratadas, acabam sobrecarregando a empresa que desenvolve projeto estrutural metálico.

Dentre os fatores que impedem que a empresa mantenha profissionais internos estão: contratação esporádica das empresas de projeto; falta de vínculo entre empresas contratantes e empresas de projeto estrutural; alto custo para que as empresas de projeto mantenham equipes internas de projeto e baixos valores dos projetos. Para que estas consigam atender aos contratantes acabam realizando subcontratações de outros profissionais de projeto. A figura. 9 esquematiza uma seqüência de causas e conseqüências de acontecimentos que podem favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto.



**Figura 9.** Seqüência de acontecimentos que podem favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto. Fonte: TEIXEIRA, Renata Bacelar 2008 Arquiteta, Mestre em Engenharia de Estruturas.

As subcontratações propiciam que o projeto estrutural acabe sendo desenvolvido por vários agentes. Esta fragmentação do processo produtivo facilita o desconhecimento por parte do profissional subcontratado do conjunto do projeto estrutural e sua relação com as demais especialidades técnicas de projeto. Aliado a estes fatores, a falta de uma relação de parceria e a contratação esporádica da empresa, faz com que as empresas subcontratadas não estejam ligadas à cultura da empresa contratante, acarretando em pouco comprometimento com o resultado final do empreendimento. Desta forma, as responsabilidades e interesses das empresas subcontratadas se reduzem ao desenvolvimento dos projetos a que foram contratados, o que pode favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto.

Para que as subcontratações sejam benéficas ao processo de projeto, faz-se necessário que, além de uma maior participação destas empresas no processo de projeto, sempre que possível, formar parcerias entre as empresas contratantes e subcontratadas. Além disto, deve-se haver uma maior preocupação com a compatibilização entre os projetos, uma vez que o processo de projeto poderá estar mais fragmentado. Devido ao fato da existência de mais empresas dentro do processo de projeto, problemas de comunicação e de relação entre profissionais podem ser agravados. Para que isto não ocorra, empresas de coordenação de projetos são ainda mais recomendadas em processos de projeto mais fragmentados.

Ainda na etapa de contratação das empresas envolvidas no processo de projeto, o perfil dos contratantes pode influenciar na desvalorização dos projetos. A empresa entrevistada relatou a freqüente falta de capacidade de algumas empresas em contratar projetos de engenharia e em especificar corretamente os requisitos de projeto. Segundo ela, os gerentes das empresas responsáveis pelas contratações, na maioria das vezes, não têm conhecimento técnico para exercer esta função. São designados ao cargo não pelo conhecimento, mas sim devido a políticas internas das empresas contratantes.

De acordo com a empresa entrevistada, as empresas contratantes não conseguem mensurar o quanto um projeto com qualidade pode gerar em economia na construção do empreendimento. A empresa entrevistada afirma que “o projeto custa aproximadamente 5% do valor da obra e é onde é possível buscar uma economia no final da construção, mas os contratantes não enxergam isso”. Sendo assim, as empresas contratantes destinam poucos recursos para a aquisição de projetos, submetendo as empresas de projeto a um “leilão de projetos”.

Como existem poucas obras em projeto de estrutura metálica e as empresas precisam sobreviver, acabam aceitando esta imposição de preços pelo mercado e muitas vezes têm de absorver o custo do projeto dentro do empreendimento. Além disto, o tempo destinado ao desenvolvimento dos projetos é pequeno enquanto o tempo de desenvolvimento de obra é grande. O que deveria ser o contrário.

A falta de capacidade de algumas empresas contratantes em contratar projetos de engenharia relatada pela empresa entrevistada, também pode influenciar no tempo destinado aos projetos. Como os responsáveis pela contratação das empresas de projeto às vezes pertencem a áreas administrativas e não conhecem ou são pouco informados sobre a área técnica, não conseguem visualizar qual é o tempo necessário para o desenvolvimento dos projetos que estão contratando. Além disto, a necessidade de colocar as edificações a ser projetado em operação o mais rapidamente possível, faz com que muitas vezes a etapa de projetos seja desenvolvida paralelamente à construção. Desta forma, não há tempo hábil para finalizar o projeto ou definir os equipamentos que serão utilizados. Não há verificação dos projetos. Em consequência, ocorrem perdas de peças que já estão sendo fabricadas ou são necessários reforços em estruturas já montadas.

### **6.1.2. Escolha do sistema estrutural metálico**

Um empreendimento que utiliza estrutura metálica não se deve projetar a edificação com utilização da estrutura em concreto e posteriormente adaptá-la ao aço. O sistema estrutural metálico para que se torne economicamente viável à construção civil, exige alguns parâmetros específicos que devem ser abordados no início do processo de projeto, como por exemplo: modulação estrutural, padronização dos elementos estruturais, precisão milimétrica e facilidade de fabricação da estrutura.

A utilização da estrutura metálica é decisiva para uma série de soluções, desde estéticas e construtivas, até com relação ao planejamento de projetos das diversas disciplinas técnicas, fluxo e cronograma da obra. Sendo assim, todos os detalhes devem ser resolvidos no início do projeto e para isso a escolha da utilização da estrutura metálica deve ocorrer no início do planejamento do empreendimento.

Segundo ABECE (2007), durante as fases de apoio à concepção e definição do empreendimento, as empresas de projeto estrutural deveriam desenvolver análises comparativas das alternativas estruturais para que seja definido o sistema estrutural a ser

adotado. Desta forma, os profissionais de projeto podem conceber o produto de acordo com os requisitos específicos da estrutura metálica e então, todas as potencialidades deste sistema construtivo podem ser abordadas corretamente, sem que haja desperdícios, retrabalhos e improvisações na obra.

A empresa entrevistada para o estudo afirmou que normalmente nos empreendimentos em que desenvolvem seus projetos, a escolha da estrutura metálica acontece no início do planejamento do edifício. Porém, a grande maioria dos casos é destinada a indústrias siderúrgicas ou mineradoras, onde a escolha da estrutura metálica está implícita no uso da edificação.

O que acontece com projetos de edifícios de andares múltiplos, é que quando se define pelo sistema construtivo metálico o processo de projeto já está bastante adiantado. Normalmente o empreendimento já foi concebido e o projeto arquitetônico já está bastante desenvolvido. Não se consegue ainda no início do empreendimento definir corretamente quais são os requisitos de projetos de empreendimentos que utilizam estrutura metálica. E assim, após a contratação da equipe de engenharia, após a análise de viabilidades técnicas e econômicas, é realizada a escolha pela estrutura metálica.

Sendo assim, os muitos projetos desenvolvidos em concreto, são adaptados à estrutura metálica. Porém, desta forma não se consegue aproveitar todas as potencialidades da construção metálica.

Constatou-se que é muito rara a participação dos profissionais de engenharia estrutural e fabricantes de estrutura metálica na escolha do sistema estrutural dos empreendimentos. Isto pode ser comprovado também segundo as informações sobre a contratação destes, abordada no item anterior. Como estes profissionais são contratados tardiamente ao processo de projeto, a estrutura metálica já está definida como sistema estrutural do empreendimento.

No caso da empresa entrevistada, na maioria das vezes ela não participa da escolha do sistema estrutural, pois a estrutura metálica já está definida como sistema estrutural do empreendimento quando esta empresa recebe o projeto para desenvolvimento dos projetos de fabricação e montagem da estrutura. Infelizmente, a empresa de projeto estrutural, por não participar da escolha do sistema construtivo metálico, não soube responder quem define pelo sistema estrutural metálico nos empreendimentos em que projetou a estrutura e o motivo pela escolha. Afirmou que devido ao fato da escolha já estar definida quando o projeto chega para a ser

desenvolvido, acabam não participando das etapas de planejamento e definição do empreendimento.

O alto custo da estrutura metálica foi citado pela empresa entrevistada como um dos principais entraves ao desenvolvimento da construção metálica na construção civil, com exceção dos empreendimentos industriais. Nestes, o custo do aço não é levado em consideração na escolha pelo sistema construtivo, pois a necessidade de colocar determinadas áreas em operação exige agilidade na construção. Isto, juntamente com o tipo de equipamento e uso da edificação, acaba favorecendo a utilização do aço nos empreendimentos industriais, mesmo que o custo deste sistema estrutural seja mais alto que os demais sistemas construtivos.

O motivo pelo qual acontece a escolha pela utilização da estrutura metálica pode ser bastante variado. Porém, grande parte da utilização deste sistema estrutural está implícita no tipo de uso do empreendimento. Algumas necessidades específicas de projeto também podem determinar a utilização da estrutura metálica, como principalmente: necessidade de grandes vãos e velocidade construtiva.

Um dos problemas citados pela empresa entrevistada que prejudicam na escolha por este sistema construtivo é a falta de sistemas construtivos complementares e industrializados que sejam compatíveis com a estrutura metálica, principalmente acabamentos e vedação. Segundo a empresa entrevistada, a utilização deste ainda é pouco difundida e há pouca opção no mercado. Não existem informações suficientes sobre elementos industrializados de construção para subsidiar os projetos. Na grande maioria dos casos, apenas o sistema de lajes pré-fabricadas em concreto ou a laje *steel deck* são citados como sistemas industrializados utilizados juntamente à estrutura metálica.

O que acontece com frequência é que, apesar de ser utilizado um sistema estrutural industrializado como a estrutura metálica, as demais etapas da construção acontecem utilizando sistemas convencionais não industrializados de construção. O sistema de vedação em alvenaria é um exemplo da não industrialização da construção. O sistema de vedação em alvenaria é largamente utilizado com a estrutura metálica e devido à forma manufatureira de execução desta. Porém, devido à falta de projetos para a produção, apresenta problemas de interfaces com a estrutura metálica e acaba atrasando o desenvolvimento da construção.

A tabela 3 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação à escolha do sistema estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pela empresa entrevistada.

**Tabela 3.** Escolha do sistema estrutural metálico.

ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL						
QUANDO DEFINE	PORQUE	QUEM DEFINE	PARTICIPA NA ESCOLHA	INFLUÊNCIA NO PROJETO/PARTICIPAÇÃO	SISTEMA INDUSTRIAL	
					S/N	QUAL
No início do empreendimento; já esta definida quando o projeto chega para ele e durante o estudo de viabilidade do empreendimento.	Esta implícita no tipo de uso do empreendimento e o tipo de projeto pedem, mas o que define é o custo e o prazo.	A empresa que contrata define, o cliente pede para estudar as opções e define; já esta definida quando chega para ele.	Meio a meio e faz estudos para identificar custos e viabilidade.	Projeta o conceito da estrutura. Detalhe de como vai ser feito. Pensa em todos os detalhes no início do projeto. Opina sobre o que é mais indicado para cada tipo de construção e ajuda na definição da modulação	SIM	Painel de vedação, lajes “steel deck”, pré-moldados de concreto.

### 6.1.3. Requisitos de projeto

Segundo Melhado e Cambiaghi (2006) as empresas de projeto, para desenvolverem projetos considerados de qualidade, devem identificar corretamente as necessidades, restrições e expectativas dos clientes para o desenvolvimento, análise crítica, verificação, validação e avaliação dos resultados dos projetos. Estas necessidades, expectativas e restrições foram chamadas a partir deste ponto de requisitos para o projeto. Estes podem ser declarados pelo contratante e incluir requisitos de entrega e pós-entrega do projeto; estar implícitos, não sendo declarados pelo contratante e serem requisitos de normas técnicas, regulamentos ou legislações.

A empresa de projeto estrutural, quando questionada sobre quais são os requisitos necessários para o desenvolvimento dos seus projetos, afirmou que são: necessidades dos clientes; normas nacionais e internacionais; projeto de arquitetura empresas e especificações técnicas de equipamentos e carregamentos. Segundo a

empresa entrevistada, estes itens podem chegar desenvolvidos à empresa de projeto estrutural ou mesmo estarem definidos pelo projeto de arquitetura ou pela engenharia básica. É rara a realização de reuniões destes profissionais com os clientes finais para esclarecimento ou elaboração do programa de necessidades.

Segundo a empresa, os requisitos de projetos são mal definidos pelas empresas contratantes, principalmente quando se utiliza estrutura metálica. Esta falha no processo de projeto de empreendimentos metálicos pode ocorrer devido a vários motivos. Para a empresa entrevistada, as empresas contratantes têm pouco conhecimento do que necessitam, não sendo capazes de contratar corretamente os serviços de engenharia; não conhecem o sistema construtivo metálico e também não valorizam a etapa de projetos não a encarando como estratégica para o desenvolvimento de um empreendimento com qualidade. Sendo assim, não contratam todos os profissionais de projeto na etapa de planejamento da construção.

Desta forma, em projetos de andares múltiplos, apenas os arquitetos são contratados no início do empreendimento e participam do desenvolvimento do programa de necessidades. Os profissionais de projeto estrutural são contratados somente após o desenvolvimento de algumas etapas do projeto arquitetônico. E, às vezes, eles são subcontratados de grandes empresas de projeto, não conseguindo um contato direto com o cliente, não possuindo uma visão de todo o conjunto do empreendimento.

Sendo assim, acaba sendo obrigados a resolver durante o projeto questões mal esclarecidas nos programas de necessidades devido ao fato dos requisitos de projeto não serem especificados corretamente. Portanto, é importante que o responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural metálico esteja presente nas reuniões que definem o programa de necessidades dos empreendimentos que utilizem estrutura metálica.

Para Melhado e Cambiaghi (2006), os requisitos de projeto devem ser formalizados e registrados em um documento chamado programa de necessidades *ou briefing*. Este deve englobar todos os parâmetros e exigências a serem abordados pelo empreendimento a ser projetado. Deve ser validado pelo contratante e continuamente atualizado. Caso o contratante apresente um programa de necessidades previamente elaborado, cabe à empresa de projeto contratado analisá-lo e verificar sua completude.

O programa de necessidades deve ser desenvolvido com critério a partir de uma especificação completa de todos os requisitos de projeto. Quanto mais completo estiver, menor a chance de haver alterações no programa de necessidades devido a mudanças

nos requisitos de projeto. Deve ser desenvolvido e validado pelos contratantes antes do início do desenvolvimento dos projetos para garantir que desde a concepção. Assim, os projetos serão de qualidade, pois estarão atendendo as necessidades e expectativas dos clientes.

A empresa entrevistada respondeu que desenvolvem seus projetos a partir de documento formal que aborda as necessidades dos projetos. Porém, com o desenvolvimento da entrevista, ficou claro que quando existe um programa de necessidades formal do empreendimento, este é focado no desenvolvimento do projeto de arquitetura e não englobam aspectos relativos aos requisitos necessários aos demais projetos (estrutural metálico e das demais disciplinas técnicas).

Pode-se perceber que a empresa de projeto estrutural entrevistada considera como programa de necessidades formal do empreendimento o projeto de arquitetura. Considerando que o projeto de arquitetura, por mais completo que esteja, pode não englobar ou explicitar todas as necessidades dos clientes para o desenvolvimento do projeto estrutural, para a análise das respostas da entrevista este não será considerado como programa de necessidades. Sendo assim, a empresa que desenvolve o projeto estrutural segue um programa de necessidades formal do empreendimento que considera como programa de necessidades formal as atas das reuniões com os clientes para esclarecer dúvidas sobre o programa de necessidades, mas na maioria das vezes quem realmente o elabora acaba sendo a empresa de arquitetura.

As alterações nos requisitos de projeto, caso aconteçam após o início do desenvolvimento dos projetos, podem implicar em grandes retrabalhos. Por isso, devem ser ponderadas para que apenas as alterações extremamente necessárias sejam adotadas.

Segundo Melhado e Cambiaghi (2006), caso haja alterações nestes requisitos, a documentação correspondente deve ser complementada e os profissionais envolvidos devem ser informados. Com relação aos projetos desenvolvidos pela empresa entrevistada, foi relatado que há alterações nos requisitos dos projetos. Estes acontecem principalmente devido a mudanças nas necessidades dos clientes e alterações nas especificações dos equipamentos a serem abrigados pelo empreendimento. Porém, investigações superficiais das necessidades de projeto, durante a confecção do programa de necessidades, também são apontados como prováveis causas das mudanças nos requisitos dos projetos.

Normalmente acontecem com grande parte dos projetos em andamento e bastante avançados gerando retrabalhos, revisões e, às vezes, improvisações na obra.

Segundo a empresa entrevistada, quando acontecem alterações nos requisitos dos projetos, o prazo para entrega destes raramente é modificado. Desta forma, podem favorecer o surgimento de incompatibilizações entre disciplinas de projeto, pois nem todos os profissionais são avisados a tempo ou conseguem se adequar aos novos requisitos antes do início da construção.

É importante salientar ao cliente as conseqüências das mudanças solicitadas por ele. A tabela 4 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação aos requisitos para o desenvolvimento dos projetos desenvolvidos pela empresa entrevistada.

**Tabela 4.** Requisitos avaliados nos projetos de estrutura metálica.

REQUISITOS PARA PROJETOS					
QUAIS SÃO	COMO SÃO DEFINIDOS	PROGRAMA FORMAL			SOFREM ALTERAÇÕES
		EXISTE (S/N)	PARTICIPA DO DESENVOLVIMENTO	CLIENTE VALIDA	
Arquitetura, normas brasileiras e internacionais normas, especificações técnicas e arquitetura; necessidades dos carregamentos, equipamentos clientes.	Projeto arquitetônico e engenharia básica. Cliente informa normas específicas projetos Já chegam prontos à empresa.	SIM	Clientes e profissionais junto com arquitetos e usuários da edificação	sim por reuniões	sim; as vezes os projetos são refeitos

## 6.2. Desenvolvimento do projeto estrutural metálico

A análise do desenvolvimento de projetos estruturais metálicos pode ser subdividida em três itens macros: análise das entradas para o desenvolvimento do projeto estrutural metálico; análise da elaboração do projeto estrutural metálico e análise das saídas do projeto estrutural metálico.

### **6.2.1. Análise das entradas do projeto estrutural metálico**

As entradas necessárias para o desenvolvimento do projeto estrutural metálico são definidas de acordo com o serviço que é executado pelos engenheiros de projeto estrutural e fabricantes da estrutura metálica. Por exemplo, a empresa em questão desenvolve todo o projeto estrutural desde estudos preliminares da estrutura até o detalhamento estrutural e projetos de fabricação e montagem da estrutura. O que se pode perceber na entrevista é que é rara a participação dos engenheiros estruturais nas etapas iniciais de planejamento do empreendimento.

As necessidades dos clientes raramente são abordadas como entradas ao projeto estrutural. Além disto, as necessidades do projeto estrutural metálico não costumam fazer parte dos requisitos de projeto e do programa de necessidades. O programa de necessidades acaba sendo utilizado como entrada apenas no projeto arquitetônico. Desta forma, raramente todas as potencialidades da estrutura metálica são consideradas na concepção do projeto arquitetônico. A legislação e as normas necessárias ao desenvolvimento do projeto estrutural, apesar de terem sido citadas enquanto requisitos para o desenvolvimento do projeto estrutural, não foram mencionadas como entradas ao projeto estrutural. As informações retroalimentadas de projetos anteriores são utilizadas apenas pelo *know-how* da empresa, não existindo nenhum procedimento formal para obtenção e registro destas informações.

No caso de empreendimentos considerados de andares múltiplos, a empresa de projeto estrutural acaba desenvolvendo os seus projetos a partir dos primeiros estudos do projeto arquitetônico, com este já bastante evoluído ou mesmo tendo sido aprovado nos órgãos competentes. Neste caso, os projetos utilizados como entradas para o desenvolvimento dos projetos estruturais metálicos é Anteprojeto de Arquitetura (APA), Projeto Legal (PL) ou mesmo o Projeto Básico de Arquitetura (PBA). Com exceção dos projetos destinados a empreendimentos industriais, a empresa de projeto estrutural em questão mencionou a utilização de informações de outros projetos de engenharia como entradas necessárias ao desenvolvimento do projeto arquitetônico. Segundo a empresa, os projetos das demais disciplinas técnicas devem ser adaptados ao projeto estrutural.

A empresa consultada enxerga que, com o conhecimento da necessidade de outras especialidades técnicas, o projeto estrutural poderia diminuir o tempo de desenvolvimento dos projetos, e isso ajudaria a melhorar a qualidade global do processo de projeto e do empreendimento como um todo.

O manual da ABECE (2007) descreve com detalhes todas as entradas necessárias as várias etapas do projeto estrutural. Além dos projetos arquitetônicos, são necessários vários outros, como: instalações; projeto de produção, geotécnica, dados de estudos de viabilidade técnica e econômica, impermeabilizações, sistemas construtivos, etc.

Já no caso de empreendimentos industriais, não há o desenvolvimento do projeto de arquitetura. Todas as informações são apresentadas aos projetistas através de um projeto básico de engenharia, conceitual. Este projeto inclui dimensão e posicionamento da edificação; especificação técnica dos equipamentos; carregamentos e informações sobre o terreno (topografia e sondagem). Às vezes o projeto mecânico de equipamentos também é considerado como entrada ao desenvolvimento do projeto estrutural de empreendimentos industriais. Caso o empreendimento a ser projetado seja uma ampliação de uma edificação já existente, é necessário que o engenheiro de estruturas também receba um levantamento e desenhos pré-existentes da edificação já construída além de designar um projetista a realizar um levantamento “*in loco*” para determinação das interferências.

A empresa de projeto estrutural entrevistada utiliza o padrão interno da mesma e raramente usa-se o padrão imposto pelo cliente contratante com relação à nomenclatura dos arquivos e de desenvolvimento dos projetos (especificações de penas, formatos, etc.); exceto quando a padronização é um requisito exigido pela contratante.

Com relação à qualidade das informações de entrada aos projetos de estruturas metálicas, a empresa entrevistada não considera as informações claras completas ou detalhadas. Para ela existem vários problemas que se resumem em informações insuficientes, incoerentes e incorretas. Segundo os entrevistados, dentro da empresa, as especificações são ruins. É comum serem copiadas de outros projetos se tornando sem sentido para o projeto atual. Existem conflitos entre as informações apresentadas nas plantas, cortes e elevações. Faltam informações das interfaces com os projetos das demais disciplinas técnicas. E é possível até mesmo encontrar erros em cotas e escalas.

Erros no cálculo dos projetos estruturais utilizados no desenvolvimento do detalhamento da estrutura também são comuns. A empresa entrevistada acredita que os problemas da má qualidade apresentados nas entradas dos seus projetos podem ter várias causas como: pouco tempo de desenvolvimento do projeto, que implica na não revisão dos projetos de entrada; fragmentação das equipes de projeto, que impede que

os profissionais tenham uma visão do conjunto do processo e definição tardia dos fornecedores dos equipamentos utilizados nos empreendimentos.

Uma síntese das respostas apresentadas com relação às entradas do projeto estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pela empresa entrevistada estão apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Entrada dos projetos de estrutural metálica.

ENTRADAS DOS PROJETOS							
DOCUMENTOS NECESSÁRIOS				REUNIÕES		VISITA OBRA ANTES DO PROJETO	RETRO ALIMENT . (S/N). COMO?
QUAIS SÃO	CLAROS COMPLETOS/ DETALHADOS	MAIOR PROBLEMA	NOME NCLATURA (CONTRANTE OU PRÓPR IA)	SIM/N ÃO	REGIS- TRO (S/N)		
Especificação técnica, arquitetura ou arranjo; memorial descritivo, desenhos base; autorização formal da empresa contratante, desenhos de projetos pré-existentes caso tenha alguma coisa já construída ou projeto arquitetônico básico (quando é edifício industrial que não tem arquitetura).	Sim e as vezes tem de tirar dúvidas com o cliente	Especificações são ruins. Copiadas de outros projetos às vezes sem sentido. Equipes fragmentadas: cada profissional faz um pedaço do projeto sem a visão do conjunto. Falta de informações no início do desenvolvimento do projeto estrutural das interfaces entre projetos. Falta de dados mais detalhados. Tem que destrinchar as interfaces entre estrutura e arquitetura durante o desenvolvimento do projeto estrutural.	Segue o padrão do cliente. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	SIM	Às vezes quando tem de fazer levantamento o	SIM informalmente ( <i>Know-how</i> )

## 6.2.2. Análise da elaboração do projeto estrutural metálico

A ABECE (2007) define as fases de desenvolvimento de um projeto estrutural como sendo: apoio à concepção do produto; apoio à definição do produto; identificação e solução de interfaces; projeto de detalhamento das especialidades; pós-entrega do projeto e pós-entrega da obra.

Na entrevista, foi possível perceber que a empresa em estudo, elaboradora do projeto estrutural e fabricante de estruturas metálicas, utiliza esta seqüência de projeto estrutural. Informações obtidas na entrevista com relação à contratação da empresa e as entradas dos projetos são desenvolvidas a fase de apoio a concepção do produto, ou, segundo a NBR 13.531, Estudo Preliminar de Estrutura. A empresa de projeto estrutural entrevistada também subdivide os trabalhos da mesma maneira descritos no manual da ABECE (op. cit.).

Pode-se perceber que a seqüência de projeto mais desenvolvida pela é a seguinte: Projeto Básico de Estruturas (PBE), Projeto Executivo de Estruturas (PEE) ou Detalhamento Estrutural (DTE), Projeto de Fabricação da Estrutura (PFE) e Projeto de Montagem da Estrutura (PME). Sendo assim, as fases de PFE e PME, que no manual da ABECE (op.cit.) estão inseridas dentro da fase de Projeto de detalhamento das especialidades, no desenvolvimento dos projetos da empresa pertencem a etapas distintas.

A etapa de PBE é bastante fragmentada na empresa entrevistada, apresentado várias sub-etapas. Segundo a ela, o PBE é a etapa na qual é desenvolvido o desenho da estrutura metálica (diagrama unifilar preliminar). É nesta etapa que, a partir do projeto arquitetônico, é realizado o pré-lançamento da estrutura. São realizados os cálculos estruturais e definidos os carregamentos e apoios da estrutura que serão base para o projeto das fundações. E a partir daí, é realizado o pré-dimensionamento da estrutura.

São elaborados memoriais de cálculo, resumos e listas de materiais. No manual ABECE (2007) algumas destas etapas pertencem à fase de apoio à definição do produto (ADP). Na etapa de PEE, correspondente à fase de detalhamento das especialidades no manual da ABECE (op.cit.) a empresa finaliza os desenhos da estrutura, realiza cálculos finais além de definir e detalhar as ligações. Também são desenvolvidas listas completas de materiais, parafusos e chumbadores.

Na etapa de PFE, cada peça é detalhada e dimensionada separadamente e cada elemento da estrutura é enviado individualmente às máquinas que realizarão o corte e

furação das peças estruturais. O projeto de montagem da estrutura tem como objetivo orientar a montagem das peças no canteiro. Este, desenvolvido a partir do PEE, designa uma nomenclatura específica a cada peça que é impressa nos elementos estruturais durante a fabricação da estrutura.

Como o tempo para o desenvolvimento dos projetos é pequeno, algumas etapas se confundem podendo até mesmo ser eliminadas. Desta forma algumas vezes na etapa PBE, não são desenvolvidas as etapas preliminares do projeto estrutural, mas sim as etapas finais equivalentes ao PEE. Sendo assim, a etapa PBE é apenas complementada pelo detalhamento da estrutura e ligações. Em casos extremos, não existe o detalhamento da estrutura como uma etapa separada. Esta etapa acaba sendo desenvolvida durante o PFE.

Segundo a empresa entrevistada, a responsabilidade do DTE ou da etapa do PFE é muito alta. Todos os erros provenientes destas etapas acarretam imediatamente em perda de material e de tempo na montagem, principalmente porque peças já podem ter sido transportadas para canteiros distantes quando se descobre o problema. Para a empresa, estas etapas são as mais estranguladas do processo de projeto. Sendo assim, os profissionais sofrem pressões devido à responsabilidade intrínseca da etapa e também com relação à liberação das peças detalhadas antes da verificação final.

Há acompanhamento do desenvolvimento do projeto na obra. Para isso, são realizadas avaliações da satisfação dos clientes e há avaliações pós-ocupação (APO) pela empresa.

Segundo a empresa entrevistada, os profissionais de projeto não têm o hábito de pensar na produção do empreendimento no canteiro de obra. Sendo assim, acabam enviando para ser executado na obra o Projeto Legal (PL). O desenho técnico destinado à aprovação é burocrático. Pode e deve ser feito por profissionais da área técnica.

Há pouca interação entre os profissionais de projeto estrutural e os demais agentes das demais especialidades de projeto. Normalmente, o projeto estrutural metálico é desenvolvido após a elaboração do projeto arquitetônico e os demais projetos de engenharia são desenvolvidos após a finalização do projeto estrutural. O arquiteto pode propiciar uma arquitetura que torne o uso da estrutura metálica mais econômica, desde que seja assessorado pelo projetista estrutural. Alguns projetistas estruturais afirmaram que em alguns casos prestam consultoria ao projeto arquitetônico ainda no começo do desenvolvimento do projeto do empreendimento, mas só chegam efetivamente a desenvolver o projeto estrutural após o projeto legal (PL) de arquitetura.

O mais adequado seria que o projeto arquitetônico fosse desenvolvido junto com o projeto estrutural para que as soluções fossem criadas aproveitando todas as potencialidades da construção metálica. Os entrevistados afirmam que recebem informações sobre os projetos de engenharia no desenvolvimento do projeto estrutural, porém a finalização destes projetos ocorre após o término do projeto estrutural. Desta forma, a compatibilização dos projetos acontece tardiamente ao processo de projeto, com a obra já evoluída. Às vezes, quando não chega a acontecer durante o processo de projeto, são resolvidas através de improvisações de obra.

Os prazos de desenvolvimento dos projetos, apesar de serem insuficientes para o desenvolvimento criterioso dos projetos, são cumpridos em 80% dos casos. O excesso de revisões e acúmulo de trabalho dos profissionais do projeto estrutural são, na maioria das vezes, as causas de atrasos, segundo a empresa. A empresa realiza as verificações dos projetos antes do envio destes à fabricação da estrutura, porém devido aos prazos apertados, esta verificação pode conter erros. O verificador de projeto é responsável por revisar o trabalho de muitos profissionais (chamados cadistas e/ou desenhistas) e isso torna quase inviável que aconteçam erros.

A empresa estrutural entrevistada utiliza de recursos computacionais tanto no desenvolvimento dos cálculos estruturais quanto no desenvolvimento dos desenhos de projeto e detalhamento. Segundo a empresa, os contratantes acreditam que a adoção de ferramentas de computação pode agilizar o processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam estrutura metálica. Por isso, exigem que os prazos de entrega de projetos sejam ainda mais reduzidos. Sem dúvida, a utilização de ferramentas de informática pode ajudar no desenvolvimento dos projetos e favorecer na resolução das interfaces com outras especialidades técnicas. Porém, apesar de todos os benefícios advindos da utilização de computadores, é necessário que o profissional que desenvolve o projeto, tenha um tempo destinado à maturação e verificação dos projetos. Segundo a empresa, os profissionais que se formam hoje, estão reféns do computador e na maioria das vezes não sabem o que estão projetando. E também não têm noção de ordem de grandeza dos projetos que projetam.

### **6.2.3. Análise das saídas do projeto estrutural metálico**

As saídas do projeto estrutural normalmente se resumem em desenhos de projeto de fabricação e montagem, detalhamento de ligações, memoriais de cálculo, listas de

materiais e planilhas de orçamentos. Normalmente, as saídas do projeto estrutural metálico, quando destinadas ao cliente externo (empreendedor, construtor ou dono da obra), seguem o padrão das empresas contratantes em 80% dos casos.

Os desenhos de projeto seguem o formato A1 segundo as normas de desenho da ABNT e as especificações e memórias de cálculo seguem em formato A4. A empresa entrevistada considera que geram projetos claros, completos e detalhados. Acreditam que podem melhorar com relação ao desenvolvimento de desenhos em três dimensões, pois desta forma seria mais fácil visualizar as interferências entre projetos, facilitando a compatibilização entre as diversas disciplinas técnicas.

A empresa afirma também que, devido à falta de tempo destinado aos projetos, não são realizadas verificações assíduas e pormenorizadas dos mesmos. Sendo assim estes seguem para o canteiro de obras com pequenos problemas que poderiam ser solucionados na etapa de projetos. Os profissionais quando realizam visitas ao canteiro de obra, verificam que as necessidades foram previstas durante a contratação ou mesmo que surgiram após aparição de problemas na construção.

Falta um *feedback* sobre a qualidade dos projetos, principalmente com relação à opinião de outros projetistas das outras especialidades. A maioria dos profissionais envolvidos com o processo de projeto de empreendimentos que utilizam estrutura metálica na maioria das vezes não tem acesso aos projetos de produção da estrutura. Não acontece um retorno da obra sobre os problemas provenientes das etapas de projeto.

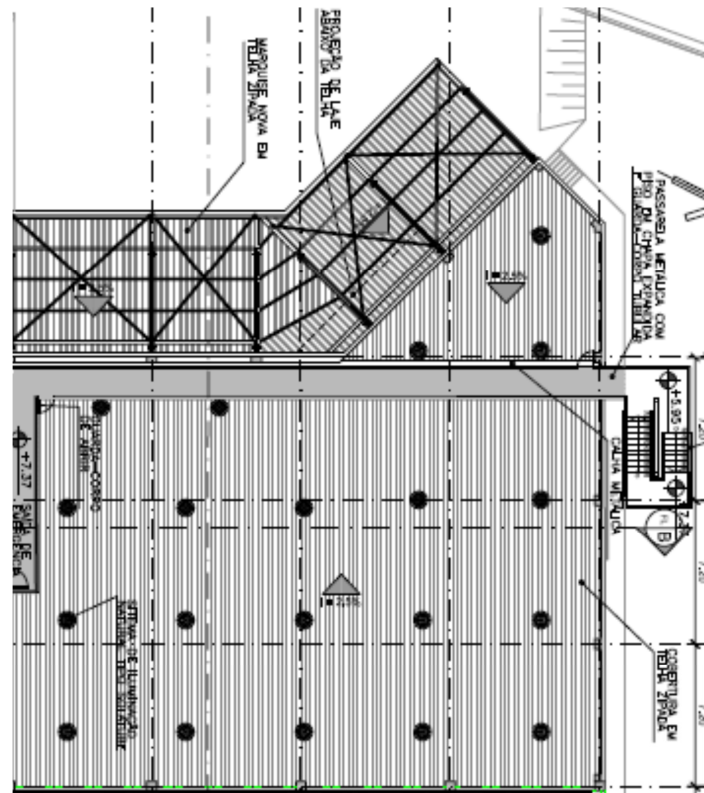
### **6.3. Análises específica de um empreendimento**

O empreendimento em análise no estudo de caso se caracteriza como edifício industrial com aproximadamente 744,0 m<sup>2</sup> de construção. As plantas baixas apresentadas nas figuras abaixo (Figuras 10, 11 e 12) ilustram o empreendimento do estudo de caso.

A indústria estudada localiza-se na área industrial da cidade de Montes Claros/MG. O projeto foi desenvolvido a partir da necessidade de expansão da área das docas desta indústria, empresa esta que será tratada a partir deste ponto como N.N.

O prazo para execução e entrega do empreendimento pronto para operação e os custos máximos que a edificação poderia alcançar, determinaram quais sistemas construtivos seriam utilizados. O edifício foi executado com sistema estrutural em aço

na cobertura, marquise e forro técnico: colunas de concreto e vigas no perímetro da obra também de concreto. Para o fechamento vertical das fachadas, a empresa contratante N.N optou pelas paredes internas (incluindo as superfícies internas das paredes das fachadas), construídas em blocos de concreto, ao qual foram revestidas em toda a sua extensão, mesmo nos casos em que houve forro intermediário, por Chapecó, massa única (emboço e reboco) e massa corrida PVA. As paredes de fachadas (superfícies externas), construídas em blocos de concreto, foram revestidas em toda a sua extensão por fundo selador acrílico.



**Figura 10.** Planta baixa do projeto da indústria N.N.

Os revestimentos de paredes receberam pintura em tinta epóxi. Nos pisos das áreas de almoxarifado de recebimento, docas 1 e 2, DML e da antecâmara de resíduos, foram aplicados pintura em tinta epóxi de alto desempenho para piso. No encontro das paredes com o piso foi utilizado rodapé em revestimento epóxi sobre perfil meia cana, com altura de 7 cm e raio de 5 cm.



Nas áreas de almoxarifado de recebimento, docas 1 e 2 e DML, foi instalado forro de fibra mineral, na modulação de 1,25 x 0,625 m. As alturas dos forros indicadas na planta de alvenaria e acabamentos – pavimento térreo, foi de 4,20 metros

Na ante-câmara de resíduos, não houve instalação de forro e foi instalada passarela metálica com estrutura em aço carbono, com tratamento anti-corrosivo e pintura em tinta esmalte epóxi, piso em chapa de aço expandida e guarda-corpo em perfis tubulares e rodapé em chapa plana, h= 0,20 m, com tratamento anti-corrosivo e pintura em tinta esmalte epóxi para acesso à escada de emergência.

Foi instalada plataforma metálica com estrutura em aço carbono, com tratamento anti-corrosivo e pintura em tinta esmalte epóxi, piso em chapa de aço expandida e guarda-corpo em perfis tubulares e rodapé em chapa plana, h= 0,20 m, com tratamento anti-corrosivo e pintura em tinta esmalte epóxi para saída de equipamentos de HVAC do piso técnico (prédio 400).

Para a instalação da nova área de recebimento, além da construção do novo prédio, foi construído um novo pátio de manobras, com pavimentação de concreto e calçadas de concreto desempenado. Em função disto houve a necessidade de remoção de parte da área dos jardins e de parte das calçadas existentes.

## **6.4. Descrição do processo de projeto do estudo de caso**

### **6.4.1. Responsabilidades no processo de projeto e contratação das empresas**

A empresa N.N é a empresa empreendedora e usuária da edificação em estudo. Sua equipe interna de engenharia e arquitetura participou desde o início da concepção do empreendimento, identificando as necessidades de projeto e elaborando um Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA) em forma de projetos internos e publicado via E.T (Especificação técnica). Além disto, contratou a empresa que desenvolveu a obra civil para a parte não metálica executada pela empresa de projeto estrutural.

A empresa de projeto que desenvolveu as estruturas metálicas do empreendimento assim como a fabricação e execução da montagem já eram conhecidas da empresa contratante (N.N) devido a outros projetos realizados anteriormente. Não houve licitação para a realização da obra, pois a mesma foi viabilizada por verbas disponíveis no orçamento da empresa. Assim, mediante convite, a empresa de projeto estrutural iniciou o desenvolvimento do projeto e a fabricação e montagem da obra.

Não foi realizado um contrato permanente ou periódico entre as empresas. O São contrato foi aleatório, de forma esporádica, não existindo nenhum vínculo entre elas. Já as empresas que desenvolveram a construção civil foram licitadas.

A obra em questão foi dividida em valores para cada disciplina; inclusive as instalações, HVAC, Springles; Elétrica, Hidráulica, incêndio; etc. Outro fato que delineou a forma de contratação das empresas para a execução da construção foi o fato da montagem e fabricação da estrutura metálica se ruma etapa específica, necessitando de empresa especializada.

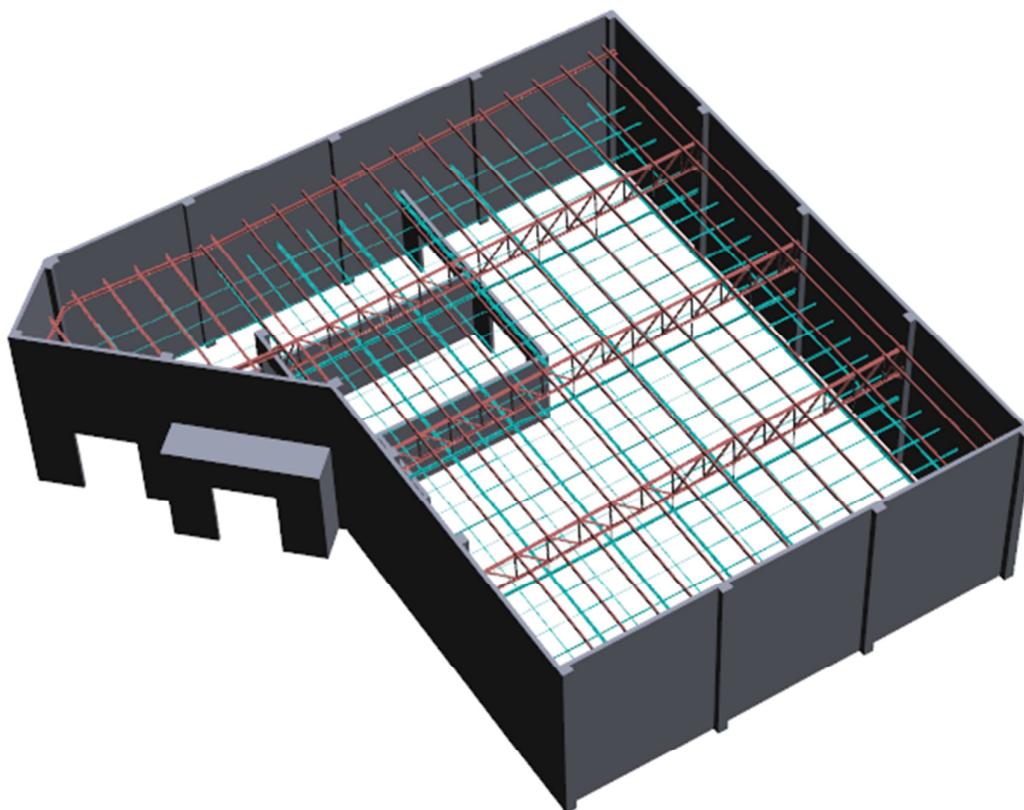
Foram então, realizadas licitações distribuídas entre: terraplenagem, fundação, acabamento e instalações. Nas licitações específicas, só foi permitida a participação de empresas que eram especializadas em cada uma das disciplinas. A empresa contratante (N.N) dispõe de normas internas para o desenvolvimento de qualquer serviço e, portanto todas as empresas contratadas têm que obedecer esta norma. Sendo assim, os contratos foram obrigados a seguir os modelos impostos pela empresa N.N.

Também foi necessário que as empresas efetuassem um cadastro junto à empresa N.N previamente à participação em licitações ou efetuação de qualquer contrato. Para isto, foi necessário apresentar vários documentos e preencher vários requisitos. Não foi necessária a contratação de uma empresa de arquitetura porque a N.N. possui um setor interno de arquitetura que desenvolveu os projetos arquitetônicos. Apesar de ter várias empresas de engenharia para cada disciplina, pôde-se perceber nas conversas com os diversos agentes que participaram dos desenvolvimentos dos projetos deste empreendimento, que nenhum deles possui *expertise* em projetos estruturais metálicos.

A empresa contratada para a fabricação e montagem da estrutura metálica, foi responsável pelo projeto estrutural metálico do empreendimento do estudo de caso nas etapas de lançamento estrutural, cálculo e dimensionamento da estrutura e projeto executivo de estruturas, com especificação de materiais e definição das ligações.

#### **6.4.2. Planejamento do empreendimento**

A execução do empreendimento foi motivada pela necessidade de se criar espaço físico e ampliar as docas. A partir destas necessidades, a equipe interna de engenharia e arquitetura da N.N; elaborou um estudo preliminar de arquitetura (EPA) com as disposições básicas de setorização, implantação e volumetria da edificação, que foi esboçado em croquis (Figura 13).



**Figura 13.** Croqui esquemático 3D da implantação da obra.

A implantação da edificação procurou seguir a legislação e normas internas vigentes da própria empresa contratante. O custo final da obra e o prazo para a finalização da mesma foram os principais delimitadores nas especificações dos requisitos para os projetos. O custo deveria ser o mais barato dentro de uma planilha de orçamento que foi aprovada pela diretoria. Apenas este valor estava disponível para esta expansão.

O prazo foi definido de acordo com o cronograma necessário há nova implantação e houve um desenvolvimento de um programa de necessidades (briefing) formal. Os requisitos de projeto foram apresentados às empresas de projeto (INDU) através de uma E.T e através da apresentação do EPA em reuniões entre as empresas N.N e INDU.

O profissional responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural (INDU) participou de todas as reuniões junto aos demais agentes do processo de projeto. Este

adotou como premissas de projeto as definições apresentadas no projeto arquitetônico, principalmente a necessidade de grandes vãos livres e as normas técnicas vigentes para cálculo e dimensionamento da estrutura metálica.

A opção pela utilização da estrutura metálica aconteceu anteriormente à contratação da empresa e ao desenvolvimento do EPA. A empresa de projeto e fabricação contratada (INDU) forneceu informações sobre diversas soluções estruturais que foram analisadas pela empresa contratante N.N. O prazo para conclusão da obra foi um ponto determinante para a escolha da utilização do sistema de estruturas metálicas para esta obra. A necessidade de grandes vãos livres e as sobrecargas do forro técnico são pontos mais facilmente abordados na elaboração de um projeto metálico e isso também foi determinante para a escolha das estruturas metálicas.

#### **6.4.3. Desenvolvimento do processo de projeto**

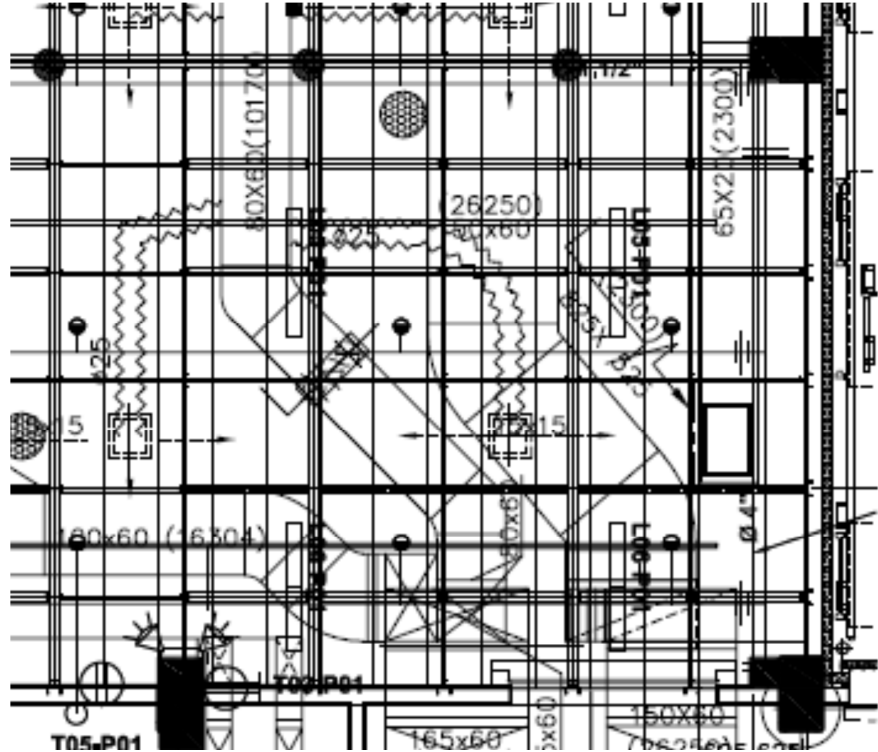
Após a definição das diretrizes técnicas de projeto e a definição da utilização da estrutura metálica e definições através de reuniões entre as empresas, várias questões sobre a interface entre os projetos arquitetônico, estrutural e demais disciplinas de projeto foram resolvidas. Sendo assim, o projeto arquitetônico foi inicialmente desenvolvido englobando as necessidades das demais especialidades técnicas, resolvendo previamente, ainda na concepção, possíveis interferências.

Com o anteprojeto de arquitetura (APA) pronto, a INDU desenvolveu o lançamento e o dimensionamento da estrutura metálica. A partir daí, a empresa N.N terminou o projeto arquitetônico na etapa de projeto básico de arquitetura (PBA) e a empresa que ganhou a licitação civil desenvolveu o projeto de fundação que começou a ser executado logo em seguida, mesmo sem haver o término dos demais projetos de outras disciplinas e estrutural metálico.

Apesar do PBA e estrutural metálico não estar totalmente finalizado, as demais disciplinas de projetos (elétrica, hidráulica, HVA, Springlers, forro, iluminação natural e acabamento) foram desenvolvidos. Nesta mesma etapa, as especificações dos materiais a serem utilizados no projeto estrutural e a indicação das ligações foram finalizadas na etapa de Projeto Executivo de Estruturas (PEE), elaborada pela empresa fabricante da estrutura (INDU).

A seqüência de projeto e de desenvolvimento da construção pode ser ilustrada esquematicamente na figura 14. O projeto estrutural, baseado no projeto arquitetônico,

utilizou vigas em perfis 1/2“T” laminados tipo “T” nos banzos das vigas tesouras e cantoneiras nos montantes/diagonais.



**Figura 14.** Análise das disciplinas do forro técnico.

Foi utilizado o sistema de tesoura/vigas bi-apoiadas na solução estrutural adotada. Neste sistema estrutural, a estabilidade do edifício é conseguida por meio de vigas semi-rígidas, obtidos pela ligação não engastada entre as vigas/tesouras e os pilares que os compõem. O espaçamento utilizado entre as tesouras é de 7,5 metros. O vão livre em cada viga de aproximadamente 21,6 metros (Figura 13).

A empresa que fabricou e montou a estrutura e foi a responsável pelo projeto estrutural, desenhou cada uma das peças a serem fabricadas em um único formato (normalmente A3), com todas as informações e detalhes necessários para a produção. Nesta etapa, também foi gerado um arquivo CFC que é direcionado às máquinas para fabricação automática e computadorizada das peças. No projeto de montagem da estrutura foi dado um nome a cada peça, esta peça foi impressa para facilitar sua

localização dentro do projeto com conseqüente montagem da estrutura no canteiro de obra. A partir deste projeto que também foi realizada a logística de transporte das peças para o local da obra.

#### **6.4.4. Relação entre projetistas**

A comunicação entre projetistas foi relatada como intensa e produtiva por todos os agentes envolvidos. Esta interação acontecia, na grande maioria das vezes, através de reuniões onde sempre estavam presentes as empresas N.N, INDU e demais empresas de outras disciplinas. Estas ocorreram desde o início do planejamento do empreendimento e se estenderam ao longo de todo o processo de projeto. Nestas reuniões, todos os pontos dos projetos de todas as disciplinas foram discutidos e havia exposição das exigências de cada especialidade técnica para se definir quais seriam as diretrizes dos projetos e identificar possíveis interferências. Segundo a empresa N.N, esta estratégia tornou possível o cumprimento dos prazos previstos para a execução dos projetos e da obra, além de reduzir os prováveis problemas que poderiam acontecer na construção do empreendimento.

A comunicação entre os agentes também ocorria via e-mail e telefone. Porém, prevaleceu o caráter informal, não havendo registros de reuniões e conversas ao telefone. Apenas o que foi discutido por e-mail foi registrado como documento. Os agentes não demonstraram apreensão quanto a esta informalidade, pois segundo eles, a relação entre eles é antiga e de confiança. A coordenação dos projetos e dos contratos ficou a cargo da empresa N.N, que também coordenava estas reuniões e as conversas entre as empresas. Esta desenvolveu análises e compatibilização das diversas disciplinas de engenharia através de *checklists*. E também realizou sobreposição dos projetos para saber se estava ocorrendo a compatibilização dos projetos de engenharia com os projetos de arquitetura.

#### **6.5. Análise do processo de projeto estrutural do empreendimento do estudo de caso.**

Devido ao fato desta pesquisa buscar analisar o processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam estrutura metálica, a análise se concentrou nesta especialidade dentro de todo o processo de projeto, porém sem perder a relação e as

interferências das demais disciplinas com o processo de projeto estrutural durante o desenvolvimento desta análise.

O prazo extremamente curto para o desenvolvimento dos projetos acabou impondo algumas diretrizes para o desenvolvimento dos projetos que possuiu um caráter simultâneo em algumas etapas, com participação interdisciplinar.

Segundo N.N, todas as especialidades andaram junto devido à falta de tempo para o projeto. Para esta empresa, deveria haver uma consultoria prévia do projetista estrutural para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e só após o término total do projeto de arquitetura, as demais disciplinas deveriam se desenvolver. O projeto de arquitetura se desenvolveu juntamente com todas as especialidades e, portanto, algumas decisões ainda não estavam definidas gerando retrabalho em todas as disciplinas. Para a INDU, o projeto de estruturas foi desenvolvido em paralelo com a arquitetura e às vezes as modificações de um projeto geraram retrabalhos em outros projetos.

Para N.N, a obra só deu certo porque tinha um profissional que entendia de projetos em tempo integral na obra, e que participou de todas as reuniões e conhecia os projetos. A presença deste profissional supriu algumas insuficiências ou incompletudes causadas pela falta de maturação dos projetos. Segundo a N.N, o tempo escasso provocou uma análise superficial dos projetos, pois apesar dos elementos principais terem sido checados ainda na etapa de projetos, alguns detalhes acabaram sendo resolvidos na obra.

O fato da empresa de projeto estrutural metálico INDU ser conhecida de longa data da empresa contratante N.N, e ter sido contratada desde o início do empreendimento e trabalhado juntos desde o princípio, são considerados por todos como pontos positivos deste processo de projeto.

## **6.6. Especificação de materiais**

Uma das questões levantadas pela empresa entrevistada como a causa da redução do potencial de utilização do aço no mercado da construção civil é a falta de soluções industrializadas que sejam capazes de atender à industrialização requerida pela estrutura metálica. O que se pode perceber nos empreendimentos que utilizam estrutura metálica, relatados nas entrevistas, estudados na bibliografia e vivenciados no estudo de caso, é que o conceito de industrialização ainda é utilizado de forma parcial. Há uma

otimização da estrutura, porém os demais elementos construtivos ainda possuem características de produtos manufaturados.

A utilização da estrutura metálica se torna mais competitiva se possuir sistemas construtivos complementares industrializados capazes de garantir a total industrialização da construção. Porém, estes sistemas ainda são pouco explorados e desenvolvidos no mercado de Montes Claros. Os poucos sistemas complementares existentes disponíveis no mercado ainda são pouco difundidos, possuem alto custo e está resumido a poucos fabricantes, o que torna ainda mais difícil a diminuição de preços através de concorrências.

Grande parte dos agentes entrevistados tem dificuldades em especificar materiais industrializados e que trabalhem em conjunto com a estrutura metálica. Relatam que têm dificuldade em obter informações para subsidiar os projetos e, por isso, não é raro encontrar especificações de materiais que não existem ou são difíceis de encontrar no mercado.

A empresa questiona o desenvolvimento de tecnologias voltadas à utilização destes sistemas construtivos complementares, principalmente nas áreas de acabamento, vedações e lajes. Afirmam que os profissionais estão muito preocupados em diminuir a espessura das chapas e o peso final da estrutura e esquecem de que o custo final do empreendimento que utiliza estrutura metálica não se resume apenas na quantidade de aço utilizada.

Para esta empresa, as pesquisas deviam focar, com a mesma intensidade, o desenvolvimento de sistemas construtivos que complementem a estrutura metálica, materiais de acabamento e formas de solucionar os problemas das interfaces entre estrutura metálica e vedação. Com sistemas construtivos eficientes que complementem a estrutura metálica pode haver uma facilitação à industrialização total da construção, propiciando indiretamente a redução do custo de empreendimentos que utilizem estrutura metálica.

Com relação à deficiência de utilização de sistemas construtivos complementares à estrutura metálica, podem ser destacados alguns aspectos, como a falta de possibilidades de especificação de materiais industrializados para fechamento externo, que tenham modulação compatível com a disponibilidade dimensional dos elementos estruturais metálicos é um entrave ao desenvolvimento da industrialização da construção.

Devido a pouca oferta do mercado, os painéis industrializados para a construção metálica, quando disponíveis, possuem valores ainda bastante elevados para que sejam competitivos junto a outros sistemas construtivos.

Segundo as empresas construtoras que participaram do empreendimento, o fato de existirem poucos fabricantes também dificulta a diminuição do preço dos painéis de vedação pré-fabricados. O que acaba ocorrendo é que empreendimentos que optaram pela utilização da estrutura metálica visando agilizar o processo de produção do edifício, acabam sendo obrigados a executarem suas alvenarias com blocos cerâmicos ou em concreto celular autoclavado. Por mais rápido e bem executado pelos operários da obra, este tipo de vedação ainda é contrária conceitualmente à industrialização da construção

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos através da pesquisa direta com profissionais engenheiros, desenhistas atuantes de uma empresa na cidade de Montes Claros e como podemos fazer o reconhecimento de uma construção sustentável concluem-se: Que a primeira opção na construção de edifícios e/ou industriais ainda é a alvenaria tradicional e o concreto armado, o que não impede de reconhecer as vantagens no uso das estruturas metálicas como: agilidade, qualidade, organização e sustentabilidade construtiva, dentre outras. Sendo as principais desvantagens: o custo elevado e a falta de mão de obra qualificada. Acredita-se que as perspectivas de utilização do aço tende a aumentar em médio prazo, dentre outros fatores, devido ao grande potencial siderúrgico que o país possui, e a oferta de produtos com qualidade, o que dá ao aço maior compatibilidade com outros materiais, permitindo assim aos profissionais maior liberdade na criação de projetos arrojados.

Conclui-se também que a melhor solução estrutural deve ser escolhida com base no conhecimento dos sistemas e suas características e não deve ser influenciada por paradigmas, preconceitos e desconhecimento. Com uma análise incompleta e distorcida podemos perder os benefícios de uma boa solução. O que se pretende não é encontrar uma solução ótima, mas poder escolher a solução estrutural, não pela intuição, mas de forma racional e estruturada que leve em conta todos os aspectos que podem influenciar o desempenho de uma estrutura e decidir por uma boa solução para o conjunto da obra, atingindo assim uma total satisfação entre o cliente a empresa e o meio ambiente, pois o aço não pode ser mais visto como uma opção de construção apenas para indústrias, galpões e edifícios comerciais. Os sistemas construtivos em aço – tendência já consolidada em países desenvolvidos – vêm crescendo a cada ano também nos projetos residenciais no Brasil. Profissionais de renome nacional têm aderido à versatilidade do material, que permite maior leveza e agilidade em projetos residenciais.

A sustentabilidade – conceito que se tornou obrigatório na arquitetura dos dias de hoje – também tem impulsionado o uso do aço na construção residencial. Além de ser extremamente versátil e durável, o aço está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentável, uma vez que é o único material totalmente reciclável. Casas feitas em aço têm menor impacto negativo sobre o meio ambiente em termos de uso de energia, consumo de matérias-primas e geração de detritos durante a construção. O aço reduz o uso de madeira na obra, evita o desperdício

de recursos naturais, como água e energia, e reduz impactos gerados no canteiro de obras, como emissão de poeira e ruídos sonoros.

A adoção de tecnologia limpa reduz sensivelmente os impactos ambientais na construção e confere mais segurança e conforto aos ocupantes da edificação. As estruturas em aço consomem uma margem muito pequena do ciclo de vida total da energia de uma residência - o restante é consumido para aquecimento, climatização, refrigeração e iluminação. Uma residência em aço é termicamente mais eficiente: as coberturas metálicas com acabamento reflexivo economizam energia, pois, não absorve calor, o que deixa o ambiente naturalmente mais fresco.

A construção, considerada como seca é mais rápida e com menor impacto no canteiro que a construção tradicional. A casa pode vir semi-pronta da fábrica para o canteiro de obra onde a montagem é finalizada. Nesse contexto, o aço, por suas características, responde às necessidades dos empreendedores e dos usuários como material versátil, eficiente e sustentável. Aço na construção civil é sinônimo de construção industrializada, aliando produtividade, agilidade e baixo impacto ambiental.

## 8. REFERÊNCIAS

- ANDERY, P. R. P.; VIEIRA, M. P. C. L. Sistemas de garantia da qualidade em empresas construtoras: uma análise da implantação em empresas brasileiras. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CONTROLE DE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, Anais... Cuba, 2002. 11p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura. São Paulo, 2007. Disponível em: <[www.manuaisdeescopo.com.br](http://www.manuaisdeescopo.com.br)>.
- BARROS, M.M.B. Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios. 1996. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de Pesquisa. São Paulo, 2002.
- MACIEL, L.L. O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada. 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MELHADO, S. B. Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: aplicação ao Caso das Empresas de Incorporação e Construção. Tese (Doutorado) – EPUSP, São Paulo, 1994.
- MELHADO, S.B. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado a qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. 2001. Tese (Livredocência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FABRICIO, M. M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Qualidade na construção e gestão da qualidade no processo de projeto de edifícios. Notas de Aula. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004. 26p.
- FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. Anais. São Carlos: EESC/USP, 2001.
- FARAH, M. F. S. Tecnologia processo de trabalho e construção habitacional. 1992. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FORMOSO, C. (2002) – Lean Construction: princípios básicos e exemplos.
- FRANCO, L.S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. 1992. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- GHINATO, P. (2000) - Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife.
- GHINATO, P. (1996) – Sistema Toyota de Produção – Mais do que simplesmente Just –In-Time. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
- HARTLEY, J.R. Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- IBGE (2000). Balanço Energético Nacional de 2000. Direção Geral da Energia.
- ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T.; DE CESARE, C.M.; HIROTA, E.H.; ALVES, T.C.L. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre, SEBRAE/RS, Série SEBRAE Construção Civil, Vol.5.2000.
- KAMEI, C.G.; FRANCO, L.S. Projeto para produção – uma discussão sobre os fluxos e processos de projeto In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. Anais... São Carlos: EESC/USP, 2001. CD-ROM.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Technical Report. 72. Stanford: CIFE, september, 1992. 81p.
- MELHADO, S.B., CAMBIAGHI, H. Programa setorial da qualidade e referencial normativo para qualificação de empresas de projeto. 2006. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 38p.
- O’CONNOR, J.T.; TUCKER, R.L. Industrial project constructability improvement. Journal of Construction Engineering and Management, v.112, n.1, p.69-82, Mar. 1986.
- OLIVEIRA, M. Um método para a obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes. 1999. Tese (Doutorado) - PPGA/UFRGS, Porto Alegre.
- PICCHI, F. A. Sistemas de Qualidade: Uso em Empresas de Construção. 1993. 462p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. Sistemas da qualidade na construção de edifícios. 1993. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 24p.
- PICCHI, F.A. Opportunities for the application of Lean Thinking in construction, 2003.
- RESENDE, M.A.P.. Inovações tecnológicas nas edificações e na introdução da estrutura metálica em Minas Gerais. 2003.226p. Tese Doutorado-Escola Politécnica da universidade de São Paulo SP, 2003.
- ROMERO, S.P. O desenvolvimento e a utilização na obra dos projetos para produção.

2002. Monografia (Mestrado Profissionalizante) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANT ANA, Ana; VILLARI, Antonio Celso - Aproveite as Vantagens de Construir com Aço. Revista arquitetura e Construção. São Paulo Jul.2004.
- SANTOS, C.A.B.; FARIAS FILHO, J.R. DE Construção civil: um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta, Paraná, 2002, 8p., ENTAC 2002.
- SOUZA, A.L.R.; BARROS, M.M.B.; MELHADO, S.B. Projeto e inovação tecnológica na construção de edifícios: implantação no processo tradicional e em processos inovadores. São Paulo, EPUSP, 1995. (Boletim técnico da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/145).
- TUNOUTI, F., NOVAES, C. C., Aplicabilidade dos instrumentos de garantia da qualidade do projeto nas edificações com sistema estrutural em aço. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4. Anais. Belo Horizonte. 2004. p 1-6.1993.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. & ROOS, D. (1992) - A máquina que mudou o mundo. 2. Ed., Rio de Janeiro Editora Campus.
- VARGAS, N. et al. A prática da franqueza e da 'discordância': a participação dos trabalhadores na gestão de uma construtora. Rio de Janeiro 1984. (Relatório de pesquisa, Projeto Finep - Coope - Wrobel, Hilf).

## 9. ANEXO

QUESTIONÁRIO PARA EMPRESA DE PROJETO E CONSTRUÇÃO METÁLICA			
Profissional:			
E-mail:			
Telefone:			
Data da entrevista:			
A - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA			
Um	Nome/Razão Social		
2	Ano de fundação/tempo de mercado		
4	No caso de projetos com estrutura metálica, você acredita que está mais próximo de projetos de edifícios de andares múltiplos, plataformas, edifícios industriais, galpões, passarelas, etc?		
5	Porte da empresa (nº de funcionários/colaboradores)		
B - SISTEMA DE GESTÃO			
1	Possui/ já possuiu algum sistema de gestão da qualidade? Caso afirmativo, qual?	SIM	NÃO
2	Por qual motivo optou pela certificação (ou não) da sua empresa?		
3	Para você, o que configura a qualidade de um projeto estrutural metálico?		
4	Como a empresa controla os documentos administrativos e de projeto (entrada,saídas e armazenamento)? Como funcionam os backups? Como são recebidos, armazenados e desenvolvidos os documentos provenientes dos clientes? Existem protocolos (de recebimento e envio de arquivos ou documentos)? Como você busca arquivos/documentos antigos?		
C - ANÁLISE DO PLANEJAMENTO - REQUISITOS PARA PROJETO ESTRUTURAL			
1	Quais são os requisitos para o projeto estrutural (legais, técnicos, etc.)?		
2	Como são identificados, definidas as necessidades dos clientes (entrevistas, documentos, etc)?		
3	Estas são formalizadas em documento?	SIM	NÃO
4	Quem participa no desenvolvimento deste documento?		
5	O documento sofre atualizações e/ou alterações? Quais são as mais frequentes? Tem registro?	SIM	NÃO
6	O cliente valida este documento? Se sim, quando (antes do desenvolvimento do projeto); como? Tem registro?	SIM	NÃO
D - ANÁLISE DAS ENTRADAS			
1	Quais são os documentos/ projetos necessários para elaboração do projeto estrutural?		
2	Estes documentos são claros, completos, detalhados e fáceis de consultar?	SIM	NÃO
3	Como chegam estes documentos para o projetista estrutural?		
4	Tem reunião para esclarecimento de dúvidas? Com quem?		
5	Os projetistas estruturais vão a obra antes de desenvolverem o projeto estrutural?	SIM	SIM
6	Como são classificados e identificados estes documentos (nomenclatura)? Como garantir confidencialidade destes?		

7	O projetista de estruturas participa no desenvolvimento do projeto arquitetônico? Como acontece esta participação?	SIM	NÃO
<b>E - ANÁLISE DA ELABORAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL</b>			
1	Como é a seqüência do projeto de estruturas? Qual a relação dele com as etapas de projeto (arquitetônico e engenharia)?		
2	Que ferramentas (de software, por exemplo), são utilizadas na elaboração do projeto?		
3	Os prazos definidos no contrato são cumpridos?	SIM	NÃO
4	Os outros projetistas participam do projeto estrutural durante seu desenvolvimento?		
5	Nos empreendimentos que você desenvolve o projeto de estruturas existe a participação de um coordenador de projetos? Que tipo de profissional faz este papel? Como acontece a relação dele com o projeto de estruturas e os demais projetos?		
6	Como é feita a compatibilização de projetos?	SIM	NÃO
7	O projeto arquitetônico, precisa ser refeito/ revisado devido ao projeto estrutural ou devido os outros projetos?	SIM	NÃO