

IDENTIFICAÇÃO DE PRÁTICAS DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA EM EDIFÍCIOS ESTRUTURADOS EM AÇO *

Silvia Scalzo Cardoso¹
Maria Alice Gonzales²

Resumo

Mudanças vêm ocorrendo no setor da construção civil brasileira com o aumento da competitividade entre as empresas e a busca por sistemas industrializados. A pesquisa procurou identificar práticas de Engenharia Simultânea relacionadas ao projeto do produto e à produção do edifício em empreendimentos com estruturas metálicas e mistas. Buscou-se compreender como a entrada do fabricante da estrutura metálica, interage com os outros agentes do processo e ao mesmo tempo, entender como o processo de projeto do produto interage com o processo de produção. A pesquisa procura verificar como essas práticas de produto e de processo podem melhorar a construtibilidade do edifício, tirar partido das novas tecnologias e dos novos processos de produção. A pesquisa consistiu de revisão bibliográfica e de quatro estudos de caso descritivos que incluíram pesquisas de campo, como entrevistas a coordenadores de projeto e visitas a canteiros de obras. Como contribuição, a pesquisa identificou que houve desenvolvimento integrado e práticas de engenharia simultânea como integração entre equipes, utilização de novas tecnologias de gestão e de produção e valorização das parcerias entre agentes. Essas práticas resultaram em redução dos prazos de obras, introdução de inovações e alta qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Estrutura metálica; Estrutura mista; Engenharia simultânea; Novas práticas de produto e processo.

IDENTIFYING CONCURRENT ENGINEERING PRACTICES IN STEEL FRAMED BUILDINGS*

Abstract

Changes have been occurring in the Brazilian construction sector with the crescent competition among companies and the industrialized system needs. The study tried to identify concurrent engineering practices related to product design and building production where

¹ Arquiteta graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, mestranda no ConstruíNOVA – Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP. Atua profissionalmente em empresa siderúrgica no desenvolvimento de mercado de aços planos na construção.

² Arquiteta graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, mestranda no ConstruíNOVA – Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



composite and steel framed structures was employed. The study analyzed how steel fabricators have interacted with the other players and how product design processes and production processes have been modifying constructability. The study made a bibliographical review and analyzed four case studies, interviews with the players and job site visits. As a contribution, the study has identified that has occurred integrated development and concurrent engineering practices as more team integration, new management technologies and production and importance of partnerships among players. Those practices achieved reduction in construction delays, innovations and higher product quality.

Keywords: steel structures; composite structures; concurrent engineering; new products and processes practices.

1 INTRODUÇÃO: COMPETITIVIDADE NO SETOR DA CONSTRUÇÃO

O crescimento da concorrência entre as empresas faz com que estas se confrontem com as necessidades de ampliação da produtividade, redução de custos e, sobretudo, melhorias na qualidade dos produtos, ao mesmo tempo em que devem reduzir os impactos ambientais dos seus produtos e processos [1].

O mercado imobiliário das empresas de construção civil é um mercado altamente competitivo fazendo com que as construtoras busquem redução de custos de modo a atender às necessidades de retorno dos investidores e manter a atratividade do setor. Para se alcançar menores custos aumentando a eficiência e obtendo eficácia é necessária a utilização de processos industrializados [2].

Além da competição crescente entre as empresas, há novos contextos como a existência de consumidores mais exigentes influenciados pelo processo de globalização, maior complexidade dos empreendimentos e uma maior regulamentação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Em resposta aos fatores acima, a busca por processos e sistemas industrializados, foi o que definiu a se eleger para objeto da pesquisa, a análise de edifícios multiandares estruturados em pilar e viga em perfil de aço ou em estrutura mista aço-concreto.

A pesquisa consistiu de estudos de casos descritivos. Foram analisados quatro edifícios: três pertencentes ao setor do mercado imobiliário de edifícios corporativos da categoria “Triple A” e um pertencente ao setor hospitalar.

A pesquisa busca identificar as práticas de Projeto Simultâneo nos empreendimentos estudados. No Projeto Simultâneo é dada ênfase às questões de gestão do processo de projeto e a busca pela colaboração e paralelismo na atuação dos agentes, bem como na concepção integrada das diferentes dimensões do empreendimento [3].

A pesquisa pretende aprofundar as questões do planejamento do empreendimento, que vão da concepção do produto à execução.



Foi verificado os papéis dos vários agentes do empreendimento e em especial dos agentes da cadeia produtiva da estrutura metálica. Pelas características de processo altamente industrializado da estrutura metálica, o fabricante da estrutura vai atuar com maior impacto no projeto do produto, além evidentemente da atuação no canteiro de obras.

O trabalho incluiu pesquisas de campo, como visitas aos canteiros e entrevistas com representantes de três empreendimentos estudados. Dos entrevistados, dois tiveram a função de coordenadores de projeto do escritório de arquitetura, outro tinha a função de gerente da obra e outro representava o fabricante da estrutura metálica. Foi realizada análise de vários documentos dos empreendimentos como apresentações de projeto ou documentos de referência da obra.

As informações de um dos empreendimentos foram obtidas em participação em evento privado na cidade do Rio de Janeiro que contou com longa apresentação sobre o empreendimento realizada pelo diretor de obras da empresa incorporadora /construtora do edifício que foi fonte na obtenção de dados como produtividade da obra, planejamento, gestão da produção, entre outros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação dos agentes envolvidos nos estudos de caso

Para dar parâmetros da complexidade e das dificuldades de realização e construção dos empreendimentos estudados, foram caracterizadas as informações básicas que definem o padrão do produto no mercado, as informações do porte do edifício, como número de andares e área construída e as informações referentes às estruturas metálicas, como peso da estrutura, se existe ou não núcleo em concreto, qual o tipo de proteção a incêndio utilizado, tipo de laje adotado e previsão/duração de obra. As informações básicas dos empreendimentos estudados encontram-se em anexo (Anexo A).

Os escritórios de projeto, envolvidos nos estudos de caso, são escritórios que tem reconhecido mérito em projetos de arquitetura e vasta experiência em projetos de edifícios corporativos e hospitalares.

Quanto às empresas incorporadoras/construtoras, se tratam de empresas de referência no mercado, seja pela adoção de processos construtivos inovadores, pela atuação em vários mercados, como imobiliário e industrial, e por trazer novos modelos de negócios, entre eles, os chamados “turn-key” e “built to suit.”

Em relação à fabricação da estrutura metálica, as duas empresas envolvidas nos empreendimentos estão entre os maiores fabricantes de estruturas metálicas do Brasil com experiência nos mercados industrial, estruturas pesadas, como prédios de processos, pontes, além do segmento imobiliário, de distribuição e de múltiplos andares.

Nota-se que dada a especificidade da estrutura metálica e mais ainda, da estrutura mista, os fabricantes da estrutura metálica foram os responsáveis pela também pela execução da estrutura de concreto.

Os quatro empreendimentos estudados obtiveram ou pretenderem obter a certificação com base na norma LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design) C&S (for Core & Shell) e os três empreendimentos de utilização corporativa são ou serão classificados ou pretendem classificação na categoria Triple A.



3.2 Sistema Construtivo em Estrutura Mista

O sistema construtivo, utilizado em três dos edifícios estudados, é o sistema misto aço concreto. Cabe destacar que sistema misto é aquele no qual um perfil de aço (laminado, soldado ou formado a frio) trabalha em conjunto com o concreto formando um pilar misto, uma viga mista, uma laje mista ou uma ligação mista. A definição de sistemas mistos ressalta a diferença entre eles e sistemas de concreto armado que, apesar de essencialmente mistos, não incluem perfis de aço. Nos sistemas mistos, em geral, a viga trabalha em conjunto com a laje, chamada de viga mista. Em relação à construção em concreto, a viga metálica é muito mais leve do que uma viga pré-moldada de concreto e de montagem muito mais simples do que a execução de uma viga de concreto moldada in loco [4].

A estrutura mista é competitiva para estruturas de vãos médios a elevados, caracterizando-se pela rapidez de execução e pela significativa redução do peso total da estrutura. A proteção ao fogo é um fator que influi no custo da obra e afeta a decisão por estruturas de concreto, mista ou aço. Em relação a proteção ao fogo e a corrosão, o preenchimento ou o revestimento em concreto do pilar são soluções que reduzem o custo da proteção da estrutura, tornando ainda mais competitiva a estrutura mista. As estruturas mistas foram normatizadas em 1986 pela NBR 8.800: “Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios”, que aborda o dimensionamento e a execução somente dos elementos mistos submetidos à flexão (vigas mistas). A NBR 14.323 “Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio” trata do dimensionamento dos pilares mistos tanto em temperatura ambiente como em situação de incêndio [5].

3.3 Gestão do empreendimento e responsabilidades dos agentes nos empreendimentos em estrutura metálica

Em função dos empreendimentos estudados adotarem a estrutura metálica buscou-se identificar os papéis dos agentes juntamente com o novo entrante no processo que é o fabricante de estruturas. Essa entrada modifica a relação entre os agentes de projeto e de construção participantes do empreendimento. Pelas características de processo altamente industrializado da estrutura metálica, o fabricante da estrutura vai atuar com maior impacto no projeto do produto, além evidentemente, da atuação no canteiro de obras. Procurou-se explicitar através do fluxograma abaixo (Fig. 1) os principais estágios da gestão do empreendimento a partir da decisão da utilização da estrutura metálica.

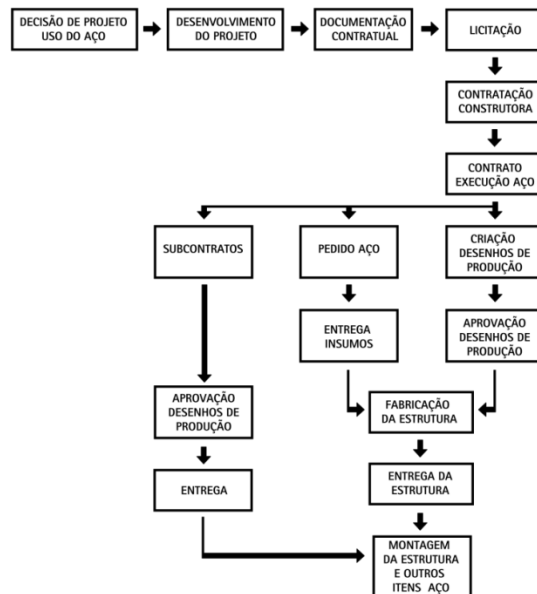


Fig. 1 – Estágios da gestão do empreendimento em estrutura metálica. Adaptado de “*Stages of steel project management*” [6]

O fluxograma mostra como vários agentes têm responsabilidades na aquisição de produtos, serviços e trabalhos relacionados à fabricação e montagem da estrutura metálica. A escolha do sistema construtivo é feita pelo empreendedor/ investidor baseado em informações que virão de diferentes fontes, mas principalmente do consultor ou projetista estrutural e também do arquiteto.

O Fabricante da Estrutura Metálica nos casos estudados foi contratado pelo empreendedor para executar e fornecer os elementos estruturais em aço. Em alguns dos projetos estudados o fornecedor de estrutura metálica ficou responsável integralmente pelo desenvolvimento da estrutura, que incluía aço e concreto. Nos casos de estrutura mista, pode haver um segundo Engenheiro de Estrutura contratado para dimensionar a estrutura de concreto e deverá trabalhar em conjunto com as definições do engenheiro de estrutura metálica.

Equipes de montadores e fabricantes de outros itens em aço serão contratados pela empresa fabricante de estrutura metálica para montar a estrutura e produzir elementos como conectores, lajes *steel deck*, entre outros elementos complementares à estrutura principal.

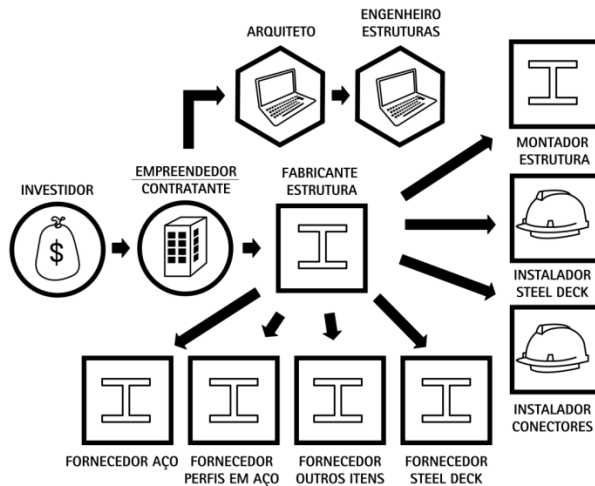


Fig. 2 – Linhas de responsabilidade num empreendimento em aço. Adaptado de “Lines of responsibility on a steel project” [6].

4 RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

4.1 Papel dos agentes nos estudos de caso

Detalhando o papel dos agentes e o encontrado nos estudos de caso, verifica-se em relação ao empreendimento 1 que a incorporadora/construtora contratou um consultor, profissional do mercado com grande experiência profissional e notória distinção acadêmica para estudar alternativas dos sistemas construtivos a serem empregados. O consultor a partir do estudo preliminar do arquiteto avaliou os processos e sistemas construtivos em concreto e aço até a definição do sistema em estrutura mista.

Depois da decisão tomada pela incorporadora do edifício para que ele fosse construído em estrutura metálica é que houve a contratação do fabricante de estrutura e foi dada continuidade ao projeto de arquitetura a partir do Estudo Preliminar (EP), sendo contemporaneamente iniciado o projeto estrutural. Ressalta-se que o projeto foi desenvolvido até a fase de EP com a concepção estrutural em concreto.

Nota-se que nesse empreendimento não houve a contratação de um projetista estrutural por parte do incorporador e o fabricante ficou responsável integralmente pelo desenvolvimento do projeto estrutural, uma vez que o desenvolvimento desse projeto seria feito em função do seu processo de fabricação. O fabricante de estrutura também ficou responsável pelo desenvolvimento do projeto da parte estrutural em concreto, uma vez que o projeto estrutural é em estrutura mista. O fabricante subcontratou escritórios de projeto estrutural em concreto



para a estrutura mista e houve a contratação de um terceiro escritório de projeto estrutural para o desenvolvimento da estrutura de concreto dos subsolos. A execução da estrutura em concreto também ficou no escopo do fabricante de estrutura.

Dada a complexidade do projeto, foi realizado testes do edifício em túnel de vento e houve a contratação de um escritório de projeto com experiência internacional para colaboração no projeto de estrutura.

No empreendimento 2, segundo o diretor de obras da empresa incorporadora/construtora do, a empresa queria dar início a utilização da estrutura metálica em razão de que estão ocorrendo e ainda se intensificarão mudanças na mão de obra da Construção Civil: poderá haver falta de carpinteiros, pedreiros, entre outros ofícios do canteiro. A empresa viu como oportunidades a utilização de um sistema construtivo ainda pouco usado no mercado imobiliário, porém utilizado pela empresa em outros segmentos de mercado; a geração da imagem de inovação para a empresa; o desenvolvimento de novas parcerias com a indústria da construção civil e a consolidação do domínio da técnica construtiva com a utilização da estrutura metálica em larga escala e ainda o aprendizado e a capacitação da equipe em novo processo construtivo por meio da educação pelo trabalho. Faziam parte do escopo do projeto: a não existência de pilares internos, somente na borda, sobrecarga de 500 Kg/m², flexibilidade de junção dos escritórios na horizontal e na vertical.

A obra também partiu de algumas premissas: aumentar a produtividade em relação à montagem dos pilares, execução rápida, menor custo de taxa de armação, área de forma e volume de concreto. Ainda em relação ao empreendimento 2, segundo o diretor de obras da empresa, as razões que levaram a se optar pela estrutura metálica foram: a mitigação dos problemas com a falta de MDO; a redução do efetivo da obra e a consequente redução das despesas indiretas; a maior assertividade do custo orçado e por consequência o maior grau de controle do orçamento; a localização da obra em ZMRC e a limitação do horário do recebimento de materiais; a redução do prazo de obra e a possibilidade de reduzir o prazo total da entrega da obra proporcionando a antecipação do recebível e favorecer a certificação LEED com a menor geração de resíduos.

No empreendimento 3, a solução da estrutura metálica foi considerada em função da localização do canteiro, que se situava em avenida de alto tráfego em São Paulo, em local que impossibilitava o estacionamento de caminhões na avenida, o que dificultaria a entrada de materiais. Aliado a isto, a ocupação do prédio no terreno dificultava as operações de canteiro, com pouquíssimo espaço para as operações de descarga dos insumos. Além disso, na época da construção havia problemas para a contratação de mão-de-obra e se previa falta de alguns insumos básicos.



No empreendimento 4, a construção do edifício de 19 andares foi realizada sobre edifício de 8 andares existente e em utilização. O prédio existente é usado para laboratórios e estacionamento de veículos dos usuários do hospital. Já era prevista a expansão do hospital sobre esse prédio de 8 andares e, foi escolhida a estrutura metálica para que a expansão pudesse contar com um maior número de andares. Mesmo assim, ocorreram reforços nas fundações do prédio existente para receber a nova edificação - tubulões e pilares foram reforçados. A localização do empreendimento era em zona de máxima restrição para a circulação de caminhões. A situação era agravada pelo fato de estar ao lado de alas do hospital em uso e as condições para descarga dos materiais era bastante complexa, uma vez que os caminhões carregados com as estruturas metálicas deveriam ser descarregados em laje do edifício existente. Foram verificadas as cargas de dimensionamento da laje para analisar se ela poderia receber essas cargas altas.

4.2 Novas Práticas de Produto/ Arquitetura

Foram identificadas novas práticas em termos de produto nos empreendimentos estudados. Em relação à arquitetura verificou-se diferenciação na planta por andares. Nota-se nos quatro empreendimentos maior complexidade da planta com relação à nova dinâmica das circulações verticais (diferentes paradas de baterias de elevadores) e as circulações geradas para acesso aos terraços e passarelas.

As mudanças de plantas refletem-se na fachada e na volumetria do edifício. As soluções adotadas de alas unidas por passarelas muda o paradigma do edifício retangular com repetição de planta. A solução arquitetônica traz novos desafios a fachada que contará com maior variedade de módulos para o fechamento de fachada, além de terraços que representam novos desafios em relação à construtibilidade desses elementos.

4.3 Integração Projeto com Execução

No empreendimento 1, o Estudo Preliminar (EP) da arquitetura apresentava uma planta com um núcleo central onde estavam localizados os sanitários e as circulações verticais: elevadores, escadas e áreas técnicas. A planta do edifício na fase de EP era um polígono não ortogonal e o núcleo, que era um polígono regular, um retângulo, estava centralizado em relação ao polígono da planta. Desse modo, as paredes do polígono não eram paralelas às paredes do núcleo.

O desenvolvimento do projeto alterou a forma do núcleo tornando paralelas as paredes das faces maiores do polígono com as paredes do núcleo, e para isso o núcleo deixou de ser um retângulo, se tornando também um polígono irregular. Com a nova solução, e o conseqüente acréscimo de área do núcleo, foram incorporadas as áreas técnicas ao núcleo.



Essa mudança foi realizada para que o paralelismo da parede do núcleo e da parede do limite do andar tornassem do mesmo comprimento as vigas que ligariam o núcleo às vigas de borda. Essa mudança simplificou a fabricação de um grande número de vigas, uma vez que o prédio se constitui de 2 alas de mais de 30 andares. O novo núcleo proposto funciona para o edifício como um tubo rígido sendo que suas paredes de concreto têm mais de 30 cm de espessura para responder as exigências de rigidez da estrutura. A arquitetura havia definido desde o estudo preliminar que as passarelas seriam em estrutura metálica visando à facilidade de execução. No entanto era necessário definir com o projetista estrutural qual seria a solução adotada, vigas contraventadas em cada um dos dois andares da passarela ou um contraventamento que vencesse a altura dos dois pisos. Por razões arquitetônicas foi decidido se contraventar os dois pisos. As passarelas são o único ponto que a estrutura metálica do edifício fica aparente e por isso a razão da escolha de um contraventamento único para os dois andares.

Outro detalhe que exigiu um detalhamento acurado foi o apoio das passarelas na estrutura do edifício. As passarelas sofrem muitas vibrações no plano horizontal em função de cargas de vento. Não há possibilidades de deslocamento das passarelas na vertical, no entanto é necessário receber os reforços horizontais. Para isso foram previstos aparelhos de apoio similares aos utilizados em estruturas de pontes. Os aparelhos de apoio não estarão expostos no interior do prédio, mas foi previsto um sistema de revestimento tanto em fachada como internamente que torne possível a movimentação no aparelho.

4.4 Construtibilidade de elementos e planos de ataque

Um dos empreendimentos prevê detalhes de fachada bastante complexos, mas que geram apelo estético de resultado positivo e impactante no edifício. Há vários terraços que avançam em relação à prumada do edifício. Para a execução das lajes desses terraços foi previsto uma bandeja que se apoia na viga de borda do edifício e a borda em balanço da laje é suportada por tirantes que serão utilizados até que a bandeja seja concretada e o concreto apresente rigidez estrutural para então ser possível retirar a bandeja e o tirante que será deslocado para o pavimento superior. Essa solução é bastante simples do ponto de vista da construtibilidade e evitou maiores impactos econômicos.

Outro aspecto ressaltado em relação à construtibilidade é o projeto de produção da alvenaria e sua interface com a estrutura metálica, bastante detalhado no empreendimento 2. Foram desenvolvidos detalhes de encontro da parede de alvenaria faceando os pilares, bem como a interface da alvenaria com a viga superior. Foram também desenvolvidos detalhes da alvenaria quando executada sobre viga metálica e o tratamento a essa interface.

Ainda no mesmo empreendimento é interessante notar o projeto do revestimento de fachada em pré-moldados de concreto e o plano de ataque para a execução das fachadas, que



pretendia realizar a fachada por andar, exigindo do fornecedor a entrega dos pré-moldados também por fechamento do andar e não por prumada da fachada.

4.5 Ciclo de montagem e construção da estrutura

No empreendimento 1, o ciclo de construção compreende a montagem de 6 andares em estrutura metálica que estão dimensionados somente para suportar o peso próprio dos perfis, pilares e vigas, e o peso das lajes. Uma vez o esqueleto da estrutura metálica montado dá-se início a concretagem dos pilares. O dimensionamento das cargas de utilização depende da concretagem dos pilares de concreto. O concreto “reveste” o perfil metálico, são preparadas a armação e formas e em seguida concretado o pilar, que terá a sua aparência final idêntica a de um pilar de concreto moldado in loco. O ciclo de montagem da estrutura de 6 andares para posterior montagem da estrutura de concreto traz maior velocidade a obra, uma vez que o pilar é concretado a partir de uma laje e em área coberta pela laje superior. Há duas frentes de trabalho agindo simultaneamente no edifício com a defasagem de 6 andares.

No empreendimento 2, em relação ao ciclo de produção a execução do núcleo de concreto estava 6 pavimentos a frente da montagem da estrutura metálica, que era montada de três em três pavimentos. A instalação da laje *steel deck* considerando os três pavimentos se dava primeiro no mais pavimento mais alto pavimento e depois os dois andares abaixo. A armação e concretagem dos pilares ocorria de baixo para cima, assim como a concretagem da laje. Esse ciclo de serviços se repetia de 3 em 3 pavimentos e após a concretagem dos pilares se iniciava a aplicação da proteção passiva. A montagem da estrutura ocorreu em 21 semanas.

No empreendimento 3, a cada 4 dias foi montada a estrutura de um andar, cuja área era de aproximadamente 1.500 m². O núcleo de concreto estava a frente da estrutura, mas em algumas situações e semanas, a estrutura metálica ficou parada para esperar o núcleo de concreto avançar.

4.6 Gestão da informação

A grande quantidade de informações envolvida no processo de gestão do empreendimento faz com que seja necessário haver um sistema de gestão para que não ocorra perda de informação. A gestão dos arquivos de desenhos e documentos e as versões atualizadas foram feitas através do sistema SADP e do Construmanager. O empreendimento 4 tinha grande complexidade na gestão de informações e foram gerados mais de 9.500 documentos entre memoriais e desenhos.

4.7 Medição de produção

Em todos os empreendimentos nota-se a forte preocupação na medição de produção. Os ciclos de produção são controlados e medidos. A produção da estrutura é controlada em relação à montagem da parte metálica e em relação a concretagem dos pilares. Esse ciclo é



objeto de forte controle como ficou demonstrada na documentação encontrada tanto em visita a obra como em relação aos relatos dos agentes. Em um dos empreendimentos havia planilha com controle de parafusos.

No empreendimento 2, foram identificados vários controles de produção, seja em relação a serviços na obra, na aquisição dos suprimentos ou em relação a mão-de-obra com informações detalhadas sobre a produtividade de serviços e os comparativos de homem/hora. Em relação a laje *steel deck* a produtividade prevista era de 5.000 a 6.000 m²/mês e foi realizado 5.300 m²/mês para a instalação da chapa metálica e conectores/dia. Em relação à estrutura metálica a produtividade prevista era de 20 a 25 vigas/dia e a realizada 23 vigas/dia e quanto a produtividade de aplicação da proteção passiva foi de 500 m²/dia.

4.8 Retroalimentação

A medição da produção é um instrumento de retroalimentação para o empreendimento em curso e para os próximos empreendimentos. A retroalimentação foi verificada em várias fases do processo de projeto e execução nas interfaces projeto do produto-projeto da produção e nas interfaces execução projeto, o que denota práticas de projeto simultâneo do empreendimento [1].

A arquitetura do empreendimento 2 não concebeu o edifício para ser realizado em estrutura em aço e por isso o núcleo de escadas e elevadores não era centralizado na planta. Mesmo assim, a obra foi considerada piloto para a empresa construtora e com as lições aprendidas nessa obra, poderá haver mais benefícios em relação ao uso da estrutura metálica nas próximas obras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do exposto na pesquisa, conclui-se que houve desenvolvimento integrado nas diferentes dimensões do empreendimento, tendo existido práticas de projeto simultâneo: integração entre equipes das várias disciplinas desde o início dos processos; utilização de novas tecnologias para gestão do processo e valorização das parcerias entre agentes.

A escolha do sistema construtivo adotado trouxe junto uma série de novos processos que tiveram que ser incorporados e geraram impactos em relação à gestão do projeto e do empreendimento. Além das práticas acima citadas, ressalta-se a valorização do projeto, a estrutura organizacional e interatividade nas equipes de projeto, a tecnologia da informação, a coordenação de projetos e os projetos para produção.

A integração dessas práticas identificadas como projeto simultâneo resultaram em redução de prazos de obra, introdução de inovações e alta qualidade dos produtos.



REFERÊNCIAS

- [1] FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**, 2002. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 351 p.
- [2] CHALITA, A. C. C.; SABBATINI, F. H. **Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção**: EPUSP, 2011. 21p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/572)
- [3] FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Por um processo de projeto simultâneo**. Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Anais, Porto Alegre, 2002. P 1-5.
- [4] QUEIROZ, G e PIMENTA, R. J. - **Estruturas Mistas** ABECE Informa Julho / Agosto 2009.
- [5] ALVA, G.M.S. **Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto**. Dissertação de Mestrado. Escola Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2000.
- [6] MROZOWSKI, T.; SYAL, M.; KAKAKHEL, S. A. - **Construction management of Steel Construction. Project Management Module**. American Institute of Steel Construction, Inc., 1999. 38 p.
- ABNT NBR 8.800: 2008. **Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios**.
- ABNT NBR 14323: 1999. **Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio**.



ANEXO A

Empreendimento 1

Características do Empreendimento

Edifício corporativo - categoria Triple A - classificação LEED

2 alas de 33 andares + heliporto

área construída: 173 mil m²

Características da Estrutura Metálica

Estrutura mista

volume de aço utilizado: 6.000t

previsão para montagem da estrutura: 9 meses

100% ligações aparafusadas

proteção passiva de incêndio: argamassa projetada

escadas em estrutura metálica

lajes em steel deck

core em concreto

Empreendimento 2

Características do Empreendimento

Edifício corporativo - categoria Triple A - classificação LEED Silver

15 andares (5 pavimentos de garagem em **sobressolo** + 10 pavimentos de escritórios)

área construída: 23 mil m²

Características da Estrutura Metálica

Estrutura mista

volume de aço utilizado: sem informação

previsão para montagem da estrutura: 21 meses

100% ligações aparafusadas

proteção passiva de incêndio: argamassa projetada

escadas em estrutura metálica

lajes em steel deck

core em concreto



Empreendimento 3

Características do Empreendimento

Edifício Corporativo – Classificação Triple A Certificação LEED Silver

Duas alas com 20 e 17 pavimentos (4 subsolos)

área construída: 61.790 m²

Área de laje tipo: 1.500 m² – área de laje Sub-solo : 6.000 m²

Características da Estrutura Metálica

Estrutura pilar misto

volume de aço utilizado: 2.000 t

100% ligações aparafusadas

proteção passiva de incêndio: argamassa projetada

escadas em estrutura metálica

lajes em steel deck

core em concreto (escadas não estão embutidas no core)

Empreendimento 4

Características do Empreendimento

Uso hospitalar – Certificação LEED Gold

19 andares (construído sobre edifício de 8 andares em utilização) + heliponto

área construída: 75 mil m² (um dos edifícios)

Características da Estrutura Metálica

Estrutura pilar e viga em aço

(único dos empreendimentos estudados que não é estrutura mista)

volume de aço utilizado: 3.600 t

previsão para realização da obra: 40 meses

100% ligações aparafusadas

proteção passiva de incêndio: argamassa projetada

escadas em estrutura metálica

lajes em steel deck – 47 mil m²

core em concreto