

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CAREN CRISTINE RODRIGUES GIL MONTEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DA PAREDE
DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO E ESTRUTURA RETICULADA DE
CONCRETO ARMADO**

SÃO PAULO

2017

CAREN CRISTINE RODRIGUES GIL MONTEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DA PAREDE
DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO E ESTRUTURA RETICULADA DE
CONCRETO ARMADO**

SÃO PAULO

2017

CAREN CRISTINE RODRIGUES GIL MONTEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DA PAREDE
DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO E ESTRUTURA RETICULADA DE
CONCRETO ARMADO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, para obtenção do título
de Especialista em Tecnologia e Gestão na
Produção de Edifícios

Orientador: Prof. Mestre Alexandre Amado Brites

SÃO PAULO

2017

Catálogo-na-publicação

Monteiro, Caren

Estudo comparativo do processo construtivo da parede de concreto moldada in loco e estrutura reticulada de concreto armado / C. Monteiro -- São Paulo, 2017.

50 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Estruturas de concreto 2.Edifícios 3.Parede de concreto I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli-Integra II.t.]

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Alexandre Britez, pela confiança depositada e orientação exemplar ao longo desse período. Obrigada pelo tempo dedicado a cada passo deste trabalho.

Aos meus pais, Roberto e Rosa, pelo tempo despendido com discussões que me auxiliaram a expor de uma forma mais clara e concisa os temas abordados. Obrigada por todo o carinho e paciência e, principalmente, por me encorajar tanto na busca dos meus objetivos.

Obrigado a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa.

RESUMO

Com a baixa no mercado da construção civil, as construtoras e incorporadoras precisam buscar melhorias em seus processos. O sistema em parede de concreto, apesar de ter sido adotado para suprir inovações no momento de crescimento da construção civil, também se apresenta como uma oportunidade de redução de custo na baixa. Este trabalho apresenta um estudo comparativo de custo e prazo sobre dois processos construtivos, parede de concreto moldada in loco e estrutura reticulada de concreto armado. A principal motivação dessa pesquisa foi a grande diferenciação desse processo no mercado, com um estudo apresentando as vantagens em relação ao método tradicional. A velocidade da obra e alguns aspectos de custo e produtividade. Conclui-se que esse estudo apresenta potencial de melhoria em relação ao processo tradicional, necessitando de complementações que podem ser abordadas em trabalhos futuros.

Palavras chave: Estruturas. Edifícios. Parede de concreto.

ABSTRACT

With the civil construction market downsizing, the construction companies and incorporators need to seek improvements in their work processes. The concrete wall system, despite been used to contemplate innovations in the period of growth of civil construction, also presents itself as an opportunity of cost reduction at this moment oscillation. This work introduces a comparative study of cost and deadline about two construction procedures: concrete wall molded in loco and reinforced concrete reticulated structures. The main motivation of this research was the great differentiation of this procedure in this market, with a study presenting its advantages when it comes to the traditional method. The work speed and some aspects of cost and productivity. The conclusion is that this study presents the potential of improvements in the traditional process, which needs complements that can be approached in future analysis.

Keywords: Structure. Building. Concrete wall.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 : Comparativo de custo Empreendimento A e B.....	44
Gráfico 2 : Comparativo de prazo Empreendimento A e B	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 :Participação percentual das atividades da construção no total do valor adicionado – Brasil – 2011-2012	12
Figura 2 : Quatorze princípios de Liker (2004).....	20
Figura 3 :Lançamentos e Vendas da Empresa Constru, 2010-2015	23
Figura 4: Foto via satélite dos empreendimentos A e B.....	25
Figura 5: Foto via satélite dos empreendimentos A e B.....	25
Figura 6: Planta unidade 51 m ²	26
Figura 7: Planta unidade 54 m ²	26
Figura 8: Planta unidade 61 m ²	27
Figura 9: Foto do empreendimento A	27
Figura 10: Foto do empreendimento B	29
Figura 11: Imagem conjunto externo (painéis e plataformas)	32
Figura 12: Imagem conjunto externo (painéis e plataformas).....	33
Figura 13: Movimentação dos painéis externos.....	34
Figura 14: Gabarito e contra gabarito	35
Figura 15: Gabarito e contra gabarito aplicado na forma.....	35
Figura 16: Imagem conjunto interno (painéis e plataforma).....	36
Figura 17: Imagem cimbramento laje plana.....	38
Figura 18: Kits elétricos	39
Figura 19: Projeto elétrica lado B.....	40
Figura 20: Logística drywall	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Orçamento Inicial Empreendimento A	28
Quadro 2 : Orçamento Inicial Empreendimento B	30
Quadro 3 :Principais diferenças entre os modelos	31
Quadro 4 :Cronograma de concretagem	38
Quadro 5 :Comparativo resumo Empreendimento A x Empreendimento B....	43
Quadro 6 : Equipe de campo por empreendimento	45
Quadro 7 :Etapas de execução de instalações elétricas	47

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contexto.....	10
1.2	Justificativa.....	12
1.3	Objetivo.....	13
1.4	Metodologia.....	13
1.4.1	Fase 1 – Caracterização do estudo exploratório.....	13
1.4.2	Fase 2 – Coleta e avaliação de dados.....	13
1.4.3	Fase 3 – Discussão e conclusão.....	14
1.5	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2.	DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO.....	15
2.1	Metodologia de Inovação.....	15
2.1.1	Sistema de Comunicação.....	15
2.1.2	Disponibilidade de recursos.....	16
2.2	LeanThinking.....	17
2.2.1	Valor.....	17
2.2.2	Fluxo de valor.....	17
2.2.3	Fluxo contínuo.....	18
2.2.4	Produção puxada.....	18
2.2.5	Melhoria contínua.....	19
2.3	Modelo Toyota.....	19
2.3.1	Filosofia.....	20
2.3.2	Processo.....	20
2.3.3	Funcionários e parceiros.....	21

2.3.4	Solução de problemas.....	21
3.	ESTUDO EXPLORATÓRIO	22
3.1	Descrição da Empresa	22
3.1.1	Fluxo de orçamento e prazo de uma obra.....	23
3.2	Descrição do empreendimento.....	24
3.2.1	Empreendimento A.....	25
3.2.2	Empreendimento B.....	29
3.3	GPS DRY	30
3.3.1	Método construtivo de parede de concreto	32
3.3.2	Método construtivo de laje plana.....	37
3.3.3	Kits elétricos e hidráulicos.....	39
3.3.4	Macro fluxo.....	40
4.	ESTUDO COMPARATIVO	42
4.1	Custo.....	43
4.2	Prazo.....	45
5.	CONCLUSÃO	47
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Em 2006, o volume de lançamentos das construtoras seguia um ritmo constante, acompanhando a demanda, principalmente de médio e alto padrão. O sistema de construção convencional em concreto moldado *in loco* e alvenaria de vedação se equalizava as exigências quanto a prazo, custo e qualidade do empreendimento (Techné, 2009).

Posteriormente, as principais construtoras nacionais abriram capital e receberam uma injeção de crédito imobiliário. No mesmo período, no cenário econômico nacional, os bancos anunciaram aumento do crédito e ampliação dos prazos para pagamento, gerando um crescimento da demanda por imóveis econômicos. As construtoras apostaram nesse segmento e com o crescimento do mercado houve escassez de equipamentos, materiais e mão-de-obra, ao mesmo tempo de uma necessidade de apresentar resultados aos acionistas. Dessa forma, a construção convencional não se mostrou uma solução economicamente viável em alguns aspectos e as empresas começaram a estudar alternativas tecnológicas para buscar o equilíbrio da tríade custo, prazo e qualidade no segmento popular.

Em 2007, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), Abesc (Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem) e o IBTS (Instituto Brasileiro De Telas Soldadas) começaram a desenvolver ações de pesquisa sobre edificações feitas com parede de concreto moldada *in loco*, tomando como exemplo alguns empreendimentos realizados na Colômbia, país onde o sistema de parede de concreto já era consolidado. Uma das ações foi a criação do Grupo Paredes de Concreto, o qual teve participação de projetistas estruturais, professores de universidades e outros profissionais da cadeia produtiva, com o objetivo de criar um texto pré-normativo.

Nesse contexto, em 2009, as paredes de concreto estavam aparecendo com força nos canteiros de obras. Com projetos padronizados, alto grau de repetitividade, execução simultânea de estrutura e vedação, os construtores obtinham alta produtividade, produção

em larga escala, redução de custos com mão de obra e minimização dos erros de execução (Techné, 2009).

Depois de viajar pela América do Sul em busca de novas tecnologias, alguns construtores optaram pelo uso, num primeiro momento, das fôrmas de plástico e de alumínio.

A Rodobens Negócios Imobiliários foi a primeira a adotar o novo sistema construtivo para a execução de seus empreendimentos Terra Nova. No final de 2006, a empresa recebia os primeiros jogos de fôrmas de plástico para a execução das casas de um condomínio localizado em São José do Rio Preto (SP). De acordo com o diretor técnico da Rodobens, Geraldo Cêsta, o contrato de locação das fôrmas plásticas ocorreu ao mesmo tempo em que o processo de compra, nos Estados Unidos, do sistema de alumínio (Techné, 2009).

A Empresa Constru¹, a ser estudada, criou um departamento específico para pesquisar tecnologias que reduzissem o ciclo de execução de seus empreendimentos. Foram dez meses estudando alternativas, visitando obras no Chile, na Colômbia, nos Estados Unidos, pesando prós e contras de diversos sistemas construtivos, pré-moldados de concreto, estrutura metálica convencional com lajes pré-moldadas, steel deck, fachada pré-moldada entre outros. A matriz de decisão considerou fatores como flexibilidade e customização de leiaute, possibilidade de implantar em diversas regiões do país, custo, velocidade de construção, equipamentos necessários para o transporte. No final, foram as paredes de concreto, produzidas com fôrmas de alumínio nano portáteis, que melhor se adaptaram às necessidades da construtora para reduzir o tempo de execução de suas obras. O primeiro empreendimento da construtora a empregar o sistema foi um condomínio clube localizado na zona Sul da cidade de São Paulo com 3 torres de 17 andares cada.

Essa experiência conquistada pela construtora Constru já demonstra conhecimento do processo de parede de concreto, um grande diferencial no estudo comparativo a ser realizado pela autora.

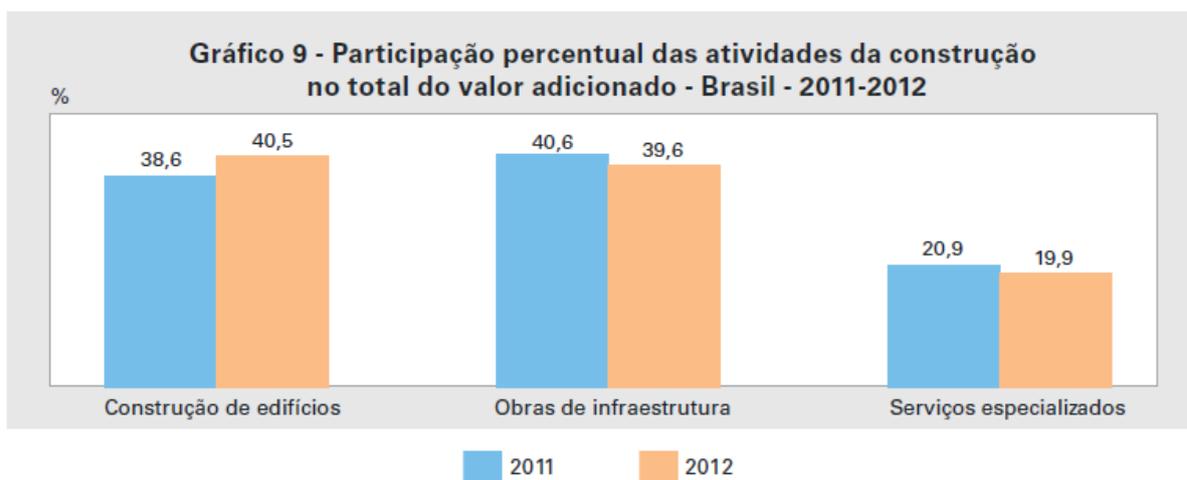
¹ Todo trabalho será em torno da empresa denominada Empresa Constru, cuja autora possui fácil acesso às informações.

O estudo é uma oportunidade rara de comparação entre os dois processos, tradicional de estrutura reticulada de concreto e parede de concreto moldada *in loco*, pois serão avaliados em um único terreno.

1.2 Justificativa

A indústria da construção civil, em 2014, foi responsável por 6,5% do Valor Adicionado Bruto a preços básicos (IBGE, 2015) e é um setor importante para o desenvolvimento nacional devido à grande geração de emprego, inclusive de mão de obra não qualificada. O setor é composto por três divisões: construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados, e em 2012 a primeira delas representou 40,5% de participação do valor adicionado nas atividades da construção, Figura 1.

Figura 1 :Participação percentual das atividades da construção no total do valor adicionado – Brasil – 2011-2012



Fonte: IBGE, Pesquisa anual da Indústria da Construção 2011-2012.

A atual crise econômica teve grande impacto na construção civil, que no período de abril a junho de 2015 apresentou retração de 8,4% em relação ao trimestre anterior (IBGE, 2015). Isso refletiu na taxa de desocupação do setor que em agosto de 2014 era de 6,9% e no mesmo mês em 2015 passou a ser 10,1% (IBGE, 2015, citado por CBIC, 2015).

Esse trabalho se insere nesse contexto de apresentar uma solução que possa ser uma opção viável através de um comparativo com o sistema tradicional. As construtoras e

incorporadoras precisam buscar melhorias em seus processos, apesar dessa tecnologia ter sido adotada para suprir inovações no momento de crescimento da construção civil, há também uma oportunidade de se reduzir custo durante a baixa do mercado.

1.3 Objetivo

Apresentar um estudo comparativo de custo e prazo sobre dois processos construtivos, parede de concreto moldada in loco e estrutura reticulada de concreto armado.

1.4 Metodologia

Para a realização do presente trabalho, foi constatada a necessidade de desenvolvimento de estudos inseridos em processos gerenciais em um ambiente real de uma organização. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso se adéqua ao estudo de eventos contemporâneos, em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas em que é possível se fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas. Por esta razão, optou-se pela realização de um estudo de caso.

As atividades a serem desenvolvidas estão consolidadas em três etapas: caracterização do estudo de caso, coleta e avaliação de dados e discussão e conclusão.

1.4.1 Fase 1 – Caracterização do estudo exploratório

As obras a serem estudadas e analisadas se localizam em Jundiaí. São projetos idênticos, localizadas apenas em lotes diferentes do mesmo terreno. Cada empreendimento é composto por duas torres residenciais e ampla área de lazer.

1.4.2 Fase 2 – Coleta e avaliação de dados

Para coleta de dados, Yin (2005) sugere o uso de múltiplas fontes, buscando uma convergência de informações, tanto para dados qualitativos quanto quantitativos, uma base de dados do estudo e uma cadeia de evidências, que permita ao observador externo compreender toda a lógica da pesquisa.

A partir do planejamento físico e financeiro dos dois empreendimentos estudados, será efetuada uma comparação dos sistemas construtivos, parede de concreto e estrutura reticulada de concreto, contemplando ciclos de serviços, tipo de fornecedor e tecnologias complementares à estrutura. Serão analisados cronogramas e orçamentos de forma detalhada a justificar a viabilidade dos dois sistemas.

1.4.3 Fase 3 – Discussão e conclusão

Na última fase serão feitas as discussões finais, que abrangem os dados fornecidos pela construtora em que a autora tem acesso as informações para avaliação dos benefícios de cada sistema.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho apresenta no primeiro capítulo introdução, justificativa e objetivo, para contextualizar o estudo, delimitando o assunto e objetivo da pesquisa. Apresenta a visão global do setor da construção civil, desde o surgimento da necessidade de busca por novas tecnologias com o aumento da demanda de imóveis de baixo padrão até a atual crise econômica, na qual as construtoras precisam buscar inovações para diminuir os custos. Mostrando a importância estudo comparativo de custo e prazo sobre dois processos construtivos, parede de concreto moldada in loco e estrutura reticulada de concreto armado. Além de expor a metodologia do presente trabalho que consiste em um estudo de caso, dividido em caracterização do estudo de caso, coleta e avaliação de dados e discussão e conclusão.

O capítulo 2 revela uma revisão bibliográfica com um panorama amplo sobre alguns itens de metodologia de inovação, *Lean Thinking* e Modelo Toyota, embasando conceitualmente os ideais da área formada para desenvolver o sistema em parede de concreto.

O capítulo 3 descreve a empresa a ser estudada e os dois empreendimentos a serem comparados. Nesse capítulo é ressaltada a similaridade das duas obras, localizadas uma ao lado da outra e espelhadas, com as mesmas tipologias de

apartamentos. Descreve-se também o conceito que sustenta a metodologia de parede de concreto, com a formação da área responsável, caderno de diretrizes e macro fluxo.

O capítulo 4 compara as duas obras descritas no capítulo anterior no quesito prazo e custo. Analisando detalhadamente o orçamento, ciclo meta, ciclo real e tendência. São avaliados os custos por grupo de orçamento e o prazo por serviços. Além de levantar algumas dificuldades no processo do novo sistema implantado no Empreendimento B.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões dos trabalhos e sugestões para trabalhos futuros em lacunas existentes.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO

2.1 Metodologia de Inovação

A inovação que o setor de construção civil necessita exige a retirada de atividades do canteiro de obras para os ambientes fabris. Dessa forma, o setor seria dividido em duas etapas: fabricação (realizada em indústrias) e montagem (realizada no canteiro) a partir de adequada organização industrial (BARROS, 2009).

Para que essa inovação seja possível, toda a cadeia deve ser reformulada, desde a organização industrial, com investimentos em projeto, planejamento, capacitação, investimento em tecnologia e controle.

2.1.1 Sistema de Comunicação

Um dos principais entraves apontados por praticamente todas as bibliografias que abordam o processo de inovação tecnológica na indústria seriada e na de construção civil, é a ausência de um sistema de comunicação interno que permita um fluxo eficiente de decisões e informações (BARROS, 1998).

Para que não haja desencontros de informação em nenhum nível de hierarquia, é necessária a criação de um ambiente organizacional favorável ao aprendizado de novas tecnologias e formas de gestão, de forma que as pessoas envolvidas estejam motivadas a contribuir com a evolução pretendida (BARROS, 1998).

2.1.2 Disponibilidade de recursos

A decisão de se implantar novas tecnologias no processo de produção exige a participação e empenho da alta administração da empresa e, ainda, o comprometimento e a disponibilidade dos recursos para viabilizar essa implantação. Os recursos ao processo de implantação dizem respeito sobretudo ao tempo demandado, às pessoas que conduzem o processo dentro da empresa, à disponibilidade dos materiais, componentes e equipamentos envolvidos e, evidentemente, aos recursos financeiros para a viabilização dos demais. Sem que haja um comprometimento, desde o início, em disponibilizar esses recursos, não convém que se deflagre o processo de implantação, uma vez que será grande a probabilidade de insucesso, frustrando outras possíveis ações. É preciso que a empresa tenha consciência de que a disponibilidade de tempo compatível com as ações a serem empreendidas é imprescindível para o sucesso da implantação. A incompatibilidade do planejamento de uma obra com o tempo demandado pelo processo de implantação pode comprometer seriamente esse processo (BARROS, 1998).

A implantação de novas tecnologias envolve uma etapa de aprendizado e de absorção do conhecimento; envolve ainda o repasse da tecnologia aos funcionários de um modo geral, o que irá exigir atividades de motivação e de treinamento em todos os níveis hierárquicos. É preciso que fique claro que tudo isso, além de envolver recursos financeiros, envolve tempo, que precisará ser bem dimensionado para não interferir negativamente no processo.

Outro recurso essencial, logo no início do processo de implantação, refere-se à pessoa ou ao grupo de pessoas que irão conduzir esse processo dentro da empresa, ou seja, o líder da implantação, o qual deverá estar completamente motivado a conduzir o processo de implantação e deverá ter, ainda, certo poder de decisão dentro da empresa, além de capacitação técnica. É preciso que ele domine, não apenas o sistema de produção da empresa, mas a tecnologia a ser implantada.

Não é comum que as empresas tenham esse líder dedicado exclusivamente à função de implantação de novas tecnologias, é comum que as empresas tentem “levar” o processo de implantação através de seus diretores técnicos, muitas vezes com algum tipo de suporte externo (cursos de atualização, consultorias, parcerias com outras empresas)

e, às vezes, contando com a disposição e empenho de alguns gerentes. No entanto, de modo geral, esses diretores não estão preocupados apenas com as novas tecnologias. De modo geral eles estão envolvidos com uma série de outros problemas, relativos à dinâmica da empresa. E, nesse contexto, tem sido comum que o processo de implantação fique “sem uma liderança”, sendo, muitas vezes, postergada (BARROS, 1998).

2.2 LeanThinking

A Empresa Constru, a ser estudada pela autora, adotou a filosofia do *Lean* para o novo processo construtivo em parede de concreto.

Womack e Jones (1996) utilizam cinco princípios fundamentais para explicar o *Lean Thinking*, que consistem em especificação de valor, alinhamento na melhor sequência das ações que criam valor, realização dessas atividades sem interrupção, toda vez que alguém a solicita e de forma cada vez mais eficaz.

2.2.1 Valor

O conceito de valor se traduz com uma combinação entre atributos de escolha do cliente e de desempenho do produto ou serviço. Entretanto, os clientes realizam suas escolhas atribuindo maior peso a seus benefícios pessoais do que aos benefícios fornecidos pela empresa. Dessa forma, agregar valor a um produto ou serviço significa traduzir as necessidades dos clientes na produção (WOMACK e JONES, 1996).

2.2.2 Fluxo de valor

Fluxo de valor é definido como toda a ação, que adiciona valor ou não, necessária para encaminhar o produto ao longo de três principais fluxos: desenvolvimento do produto, planejamento e produção.

Com base nisso, um aumento da eficiência no processo produtivo pode ser obtido através da eliminação de tarefas que não agregam valor e não são necessárias para a conclusão do produto. Essa atitude gera uma diminuição do *lead time*, tempo necessário para um produto se movimentar ao longo de todas as etapas de um processo. A aplicação desse princípio é fundamental para a implementação do *just-in-time*, que consiste em um

processo no qual os materiais chegam à linha de montagem no momento e quantidade necessários. Esse conceito é um dos pilares do STP (WOMACK e JONES, 1996).

2.2.3 Fluxo contínuo

Rother e Shook (1999) definem fluxo contínuo como a produção de um item, que passa de um processo produtivo para o próximo sem interrupção. Nesse conceito está implícito a redução de estoques, já que apenas se produz o que é exigido pelo processo.

A diminuição dos estoques explicita problemas de produção, fazendo com que a mesma pare caso haja algum problema e, como consequência, há uma elevação da qualidade do produto (WOMACK e JONES, 1996).

Outro fator importante relacionado ao fluxo é a determinação do tempo de produção para conseguir atender à demanda. O Sistema Toyota de Produção tem como base o tempo *takt*, que consiste no ritmo de produção de um produto em uma linha (KOSAKA, 2013), calculado pela razão entre o tempo de produção disponível e demanda do cliente. Mesmo com a variação da demanda dos clientes, o STP visa manter o tempo *takt* estável para não realizar alterações no trabalho padronizado, já que isso acarretaria em novos treinamentos para a equipe. Dessa forma, a prática adotada consiste em aumentar as horas trabalhadas, no caso de aumento de demanda, e, no caso de diminuição, trabalha-se menos horas (KOSAKA, 2013).

2.2.4 Produção puxada

Segundo Toni *et al.*(1998), a produção puxada trabalha sob ordens de produção baseadas em pedidos, diferentemente da produção empurrada que trabalha sob ordens de produção baseadas em previsões. Esse sistema tende a eliminar a perda por superprodução. Dessa forma, segundo Liker (2004), a melhor maneira de lidar com os estoques seria armazenando quantidades pequenas de cada produto e reabastecê-los frequentemente, com base no que o cliente realmente consome.

2.2.5 Melhoria contínua

A melhoria contínua é um dos principais elementos do Sistema Toyota de Produção. Consiste em um constante esforço de todos os envolvidos no sistema em reduzir o desperdício (WOMACK e JONES, 1996). Segundo Liker (2004), esse processo está diretamente ligado ao trabalho padronizado, uma vez que ao padronizar as melhores práticas, assimila-se o aprendizado até esse ponto. Posteriormente esse padrão é aprimorado e as melhorias são incorporadas. Se não há uma padronização do trabalho, a melhoria implementada por um indivíduo não chega ao conhecimento dos outros e se perde quando este sai da função exercida.

2.3 Modelo Toyota

Liker (2004) define o Modelo Toyota não só como um método de produção, mas também como uma filosofia, responsável pelo sucesso alcançado pela Toyota. O autor aponta que a maioria das empresas que buscam ser enxutas se limita aos processos, aplicando diversas ferramentas que ocasionam melhorias, mas sem o respaldo do modelo como um todo, essas melhorias não são sustentáveis em toda organização. A base conceitual do *LeanThinking* é o elemento mais importante do processo, exigindo o conhecimento de maiores detalhes do sistema e de suas formas de aplicação (PICCHI, 2001).

Liker (2004) divide o modelo em 14 princípios fundamentais que podem ser aplicados em qualquer organização para melhorar seu processo empresarial como um todo. Os princípios são organizados em uma pirâmide (Figura 2) e separados em quatro categorias: filosofia; processo; funcionários e parceiros; e solução de problemas.

Figura 2 : Quatorze princípios de Liker (2004)



2.3.1 Filosofia

Como alicerce do Modelo Toyota, há uma orientação filosófica que define como meta primordial gerar valor para cliente, sociedade e economia, sobrepujando assim qualquer decisão de curto prazo, mesmo que seja benéfica financeiramente para a empresa.

2.3.2 Processo

O processo abrange sete princípios que envolvem alguns conceitos já abordados anteriormente, como fluxo contínuo, produção puxada e trabalho padronizado, sendo esse último ligado ao conceito de melhoria contínua. Além desses, há o nivelamento da carga de trabalho, para o qual a Toyota busca soluções através de mão de obra flexível proporcionada por empresas e fornecedores terceirizados, já que a demanda de uma organização pode sofrer mudanças drásticas. Com a parada e resolução de problemas para obter a qualidade desejada, a produtividade poderá diminuir momentaneamente, porém, aumentará em longo prazo, à medida que os problemas forem identificados e contramedidas forem adotadas. O uso de controle visual auxilia na identificação dos problemas devido ao reconhecimento rápido de qualquer desvio. Como complemento, o

uso de tecnologia confiável e plenamente testada é enfatizado por ser um modelo focado em estabilidade, confiabilidade e previsibilidade.

2.3.3 Funcionários e parceiros

Essa parte da pirâmide abrange três princípios, que contemplam o desenvolvimento de funcionários e parceiros: o desenvolvimento de líderes, o desenvolvimento de pessoas e equipes excepcionais e o respeito à rede de parceiros e fornecedores.

O desenvolvimento de líderes, no qual a Toyota defende que os administradores devem ser representantes do Modelo Toyota, exemplificando a filosofia em tudo que fazem, dessa forma, contratar administradores de fora representaria um grande período de treinamento, sendo mais viável investir nos funcionários Toyota para formá-los administradores.

O desenvolvimento de pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa, que consiste na essência da Toyota, na qual seus funcionários trabalham para obter resultados notáveis, devido ao investimento aplicado pela empresa em cada um deles.

O respeito à rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar, baseado no conceito de que um parceiro torna-se uma extensão da Toyota, diferentemente do que muitas empresas fazem ao extrair todo o valor que podem de seus parceiros pelo menor preço possível.

2.3.4 Solução de problemas

O topo da pirâmide abrange outros três princípios do Modelo Toyota:

- Ver por si mesmo para compreender completamente a situação, uma vez que se acredita que as pessoas que estão tomando decisões precisam ter uma profunda compreensão a respeito do problema, o que só se obtém com verificação pessoal.

- Tomar decisões lentamente por consenso e implementá-las com rapidez a partir de um conhecimento profundo do problema, dessa forma, busca-se uma possível solução através de diversas fontes antes de apresentá-la ao chefe para ser implementada.
- Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua, baseado no conceito de, mesmo no sucesso, refletir sobre as dificuldades e erros encontrados no processo de produção com o objetivo de melhorá-lo, impedindo que aconteça novamente.

A Empresa Constru usou a base conceitual Lean, somado ao método de produção do Modelo Toyota para formar um processo enxuto dentro da empresa. Com esse objetivo, formou uma equipe multidisciplinar e um caderno de diretrizes que será possível verificarem no capítulo 3.3.

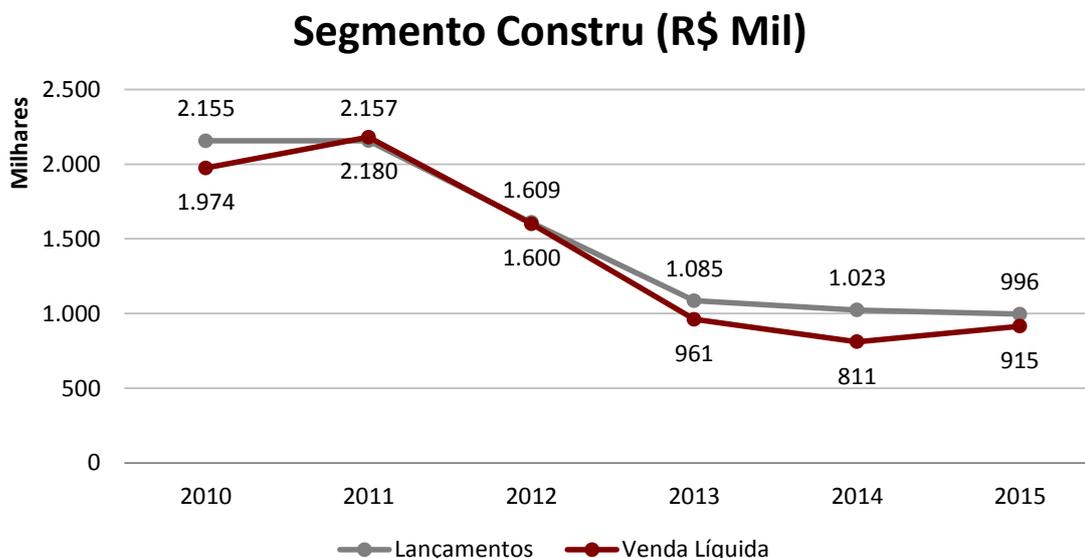
3. ESTUDO EXPLORATÓRIO

3.1 Descrição da Empresa

A Empresa Constru atua há mais de 60 anos no setor de incorporação e construção civil no Brasil, com foco em edifícios residenciais de médio e alto padrão. A empresa está presente em 23 estados e mais de 120 cidades distintas. Atualmente as operações estão concentradas nas capitais São Paulo e Rio de Janeiro, juntamente com suas regiões metropolitanas.

Ao longo de sua história, a Empresa Constru passou por baixas do mercado da construção civil e por mudanças administrativas. Atualmente, a crise econômica fez com que ela reduzisse o seu número de lançamentos, como vemos na Figura 3.

Figura 3 : Lançamentos e Vendas da Empresa Constrú, 2010-2015



Fonte: Empresa Constrú. Elaborado pela autora.

3.1.1 Fluxo de orçamento e prazo de uma obra

Ao receber uma oferta de terreno, a área de Prospecção solicita diversas análises para áreas diferentes, com a intenção de viabilizar ou não a sua compra. Entre elas, está a Parametrização de custos realizada pela área técnica. Este orçamento é realizado a partir do estudo preliminar do projeto e sua possível similaridade com obras já orçadas ou em execução.

Após a compra do terreno e a definição do produto, os projetos pré-executivos começam a ser elaborados: arquitetura, estrutura, fundação, instalações, pressurização, paisagismo, decoração, entre outros. De posse dessas informações, a área de planejamento de obra define o prazo da obra e sua curva física, denominada baseline. A partir desse momento é elaborado o Pré Orçamento.

Este documento está dividido em 53 grupos que são definidos de acordo com a disciplina. Dentro desses grupos são detalhadas as quantidades de cada serviço e material, de acordo com as suas unidades de medida.

Após a área técnica definir o quantitativo, o documento é enviado para Suprimentos para precificação. Contudo, alguns itens não podem ser apurados com precisão devido à

falta dos projetos executivos, por isso alguns preços são elaborados através de índices pela própria área técnica.

O Pré Orçamento é um dos responsáveis pela viabilidade do negócio, dessa forma esse documento é levado para um comitê para aprovação, juntamente com informações comerciais. Quando aprovado, ele será considerado como orçamento da obra até a cravação do Orçamento Inicial.

O Orçamento Inicial começa a ser elaborado após o início da obra e é cravado 6 meses depois, em média. Este documento é elaborado, pois apenas nesse período todos os projetos executivos já estarão prontos. Além disso, os serviços de escavação e fundação estarão finalizando ou concluídos (etapas em que ocorrem os maiores imprevistos das obras). Os itens que precisaram ser precificados através de índices no Pré Orçamento agora são orçados junto ao mercado, assim como grandes contratações que já são fechadas nesta fase.

Com os projetos executivos em mãos, as quantidades são aferidas e corrigidas sempre que necessário. Novas soluções de construção e planejamento podem surgir e também são consideradas.

A partir do momento que este documento for definido, ele será considerado como orçamento oficial até o final da obra.

3.2 Descrição do empreendimento

Os empreendimentos a serem estudados situam-se na cidade de Jundiaí, São Paulo. Possuem acesso direto à Rodovia Anhanguera, com plena infraestrutura de comércio, serviços e transporte nas proximidades.

Nas figuras 4 e 5 abaixo é possível perceber que os lotes dos empreendimentos são vizinhos. O terreno destacado em azul se refere ao Empreendimento A e em laranja o Empreendimento B.

Figura 6: Planta unidade 51 m²



Figura 7: Planta unidade 54 m²



Figura 8: Planta unidade 61 m²



Este empreendimento foi realizado em estrutura reticulada de concreto armado em um prazo de 24 meses.

Figura 9: Foto do empreendimento A



3.2.1.1 Orçamento

Ao analisar o Orçamento Inicial do Empreendimento A, podemos verificar no quadro 1, que os serviços com percentual significativo em relação ao custo total são estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, fundações, alvenaria e revestimento de argamassa na fachada.

Quadro 1 : Orçamento Inicial Empreendimento A

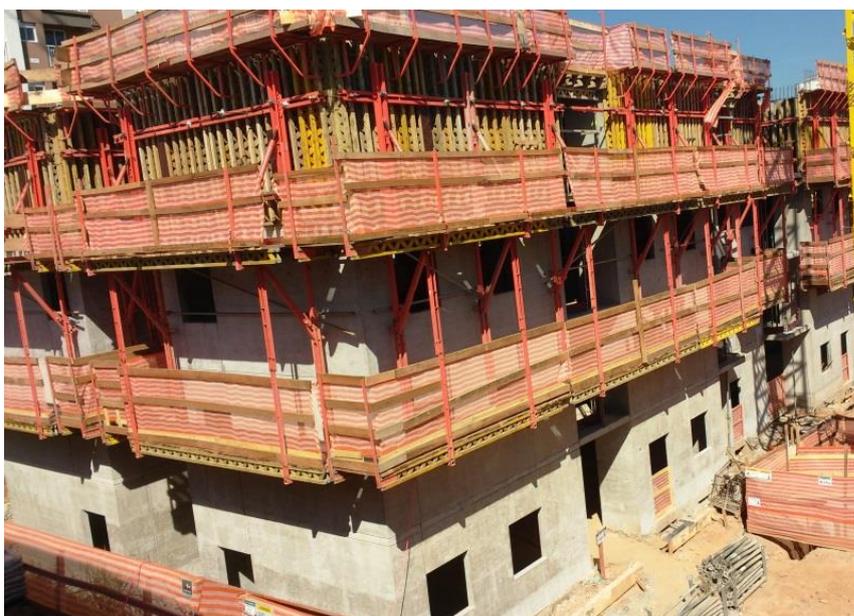
GRUPOS	DISCRIMINACAO	OI - Orçamento Inicial		
		PERCENT. %	C.UNIT. INCC/M2	CUSTO TOTAL INCC - SP
11	SERVICOS GERAIS	3,43%	0,09	2.399,17
12	GASTOS GERAIS	0,40%	0,01	283,46
13	PESSOAL PERMANENTE	4,49%	0,12	3.146,13
14	GASTOS DE ADMINISTRAÇÃO	2,43%	0,06	1.701,75
15	IMPLANTACAO DO CANTEIRO	1,38%	0,04	964,53
16	EQUIPAMENTOS	1,42%	0,04	997,16
17	OPERACAO DO CANTEIRO	2,35%	0,06	1.643,88
19	TRANSPORTE E LIMPEZA	0,61%	0,02	427,98
21	URBANIZAÇÃO	-	-	-
25	PREPARO DO TERRENO	0,81%	0,02	564,58
27	FUNDACAO E ESCORAMENTOS	6,63%	0,17	4.638,02
31	ESTRUTURA-FORMA	1,82%	0,05	1.271,37
32	ESTRUTURA-ARMACAO	5,27%	0,13	3.689,83
33	ESTRUTURA-CONCRETO	4,87%	0,12	3.409,11
34	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO GLOBAL	7,48%	0,19	5.234,09
35	ESTRUTURA-MADEIRA	-	-	-
37	ESTRUTURA-METALICA	-	-	-
39	GESSO ACARTONADO	0,65%	0,02	457,13
40	ALVENARIA ESTRUTURAL	-	-	-
41	ALVENARIAS	6,86%	0,18	4.803,85
45	COBERTURAS	0,06%	0,00	43,65
47	IMPERMEABILIZACAO/ISOLAMENTO	2,13%	0,05	1.492,26
51	REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	6,08%	0,16	4.256,84
52	REVESTIMENTO CERAMICO INTERNO	3,03%	0,08	2.123,47
53	REVESTIMENTO CERAMICO EXTERNO	-	-	-
54	MADEIRA EM PISO, PAREDE, FORRO E COMPLEMEI	-	-	-
55	MARMORES E GRANITOS	1,38%	0,04	962,56
56	MARMORITE	-	-	-
57	OUTROS REVESTIMENTOS - PISOS	2,33%	0,06	1.633,56
58	OUTROS REVESTIMENTOS - PAREDES	2,10%	0,05	1.472,14
59	OUTROS REVESTIMENTOS - TETO	1,06%	0,03	741,23
60	PEDRAS DECORATIVAS	0,08%	0,00	54,23
61	ESQUADRIA DE MADEIRA	1,50%	0,04	1.052,19
63	ESQUADRIA DE ALUMINIO	2,30%	0,06	1.613,47
65	ESQUADRIA DE FERRO	1,17%	0,03	815,67
67	VIDROS	0,01%	0,00	5,53
68	MARMORES E GRANITOS EXTERNOS	-	-	-
69	OUTROS REVESTIMENTOS DE FACHADA	0,08%	0,00	58,07
71	INSTALACOES ELETRICAS	6,75%	0,17	4.723,52
73	INSTALACOES HIDRAULICAS	7,12%	0,18	4.983,37
75	INSTALAÇÕES - AR CONDICIONADO CENTRAL	0,87%	0,02	606,00
77	OUTRAS INSTALACOES	1,90%	0,05	1.331,32
78	TRANSPORTE VERTICAL	2,90%	0,07	2.033,00
81	APARELHOS SANITARIOS	0,72%	0,02	505,65
83	PINTURA / LIMPEZA	3,74%	0,10	2.619,19
88	DESPESAS EXTRAORDINARIAS	-	-	-
90	VERBA DE DECORAÇÃO PADRÃO SP	-	-	-
91	DESPESAS A SEREM REEMBOLSADAS	-	-	-
92	RESERVA TECNICA 2	-	-	-
93	ENTREGA / REVISÃO DA OBRA	0,56%	0,01	390,26
94	MANUTENÇÃO / DASSI	0,98%	0,03	687,59
95	HONORARIOS BRUTO	-	-	-
96	IMPOSTOS	0,24%	0,01	166,41
		-	-	-
	TOTAL GERAL	1,00	2,56	70.003,21

3.2.2 Empreendimento B

A obra do empreendimento B se iniciou em novembro de 2015, com previsão de término em julho de 2017. Composto também por duas torres residenciais de 18 pavimentos, localizado em Jundiaí, no lote vizinho ao empreendimento A. Possui as mesmas áreas privativas e construídas do Empreendimento A, os apartamentos possuem também possuem a mesma tipologia. As áreas comuns contemplam piscina, espaço *fitness*, *playground*, salão de festas, churrasqueira, redário, brinquedoteca e salão de jogos.

Este empreendimento está previsto em parede de concreto em um prazo de 19 meses.

Figura 10: Foto do empreendimento B



3.2.2.1 Orçamento

Ao analisar o Orçamento Inicial do Empreendimento B, pode-se verificar no quadro 2, que os serviços com percentual significativo em relação ao custo total são estrutura, instalações elétricas e hidráulicas fundações e gesso acartonado.

Quadro 2 : Orçamento Inicial Empreendimento B

GRUPOS	DISCRIMINACAO	OI - Orçamento Inicial		
		PERCENT. %	C.UNIT. INCC/M2	CUSTO TOTAL INCC - SP
11	SERVIÇOS GERAIS	3,21%	0,07	1.927,17
12	GASTOS GERAIS	0,28%	0,01	166,65
13	PESSOAL PERMANENTE	5,33%	0,12	3.198,81
14	GASTOS DE ADMINISTRAÇÃO	2,24%	0,05	1.341,75
15	IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO	1,03%	0,02	617,18
16	EQUIPAMENTOS	0,56%	0,01	338,44
17	OPERAÇÃO DO CANTEIRO	3,33%	0,07	1.995,19
19	TRANSPORTE E LIMPEZA	0,40%	0,01	238,01
21	URBANIZAÇÃO			
25	PREPARO DO TERRENO	1,15%	0,03	691,63
27	FUNDAÇÃO E ESCORAMENTOS	6,25%	0,14	3.749,18
31	ESTRUTURA-FORMA	3,38%	0,07	2.029,91
32	ESTRUTURA-ARMAÇÃO	5,40%	0,12	3.237,71
33	ESTRUTURA-CONCRETO	4,89%	0,11	2.935,58
34	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO GLOBAL	9,85%	0,22	5.908,46
35	ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA			
37	ESTRUTURA-METÁLICA			
38	ESTRUTURA-MADEIRA			
39	GESSO ACARTONADO	5,32%	0,12	3.193,39
40	ALVENARIA ESTRUTURAL			
41	ALVENARIAS	2,60%	0,06	1.559,60
45	COBERTURAS	0,09%	0,00	53,76
47	IMPERMEABILIZAÇÃO / ISOLAMENTO	2,29%	0,05	1.373,25
51	REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	1,48%	0,03	887,73
52	REVESTIMENTO CERÂMICO INTERNO	3,36%	0,07	2.016,24
53	REVESTIMENTO CERÂMICO EXTERNO			
54	MADEIRA EM PISO, PAREDE, FORRO E COMPLEMENTOS	1,64%	0,04	983,85
55	MARMORES E GRANITOS	1,04%	0,02	622,85
56	MARMORITE			
57	OUTROS REVESTIMENTOS - PISOS	1,00%	0,02	602,68
58	OUTROS REVESTIMENTOS - PAREDES			
59	OUTROS REVESTIMENTOS - TETO	1,57%	0,03	940,73
60	PEDRAS DECORATIVAS	0,24%	0,01	146,44
61	ESQUADRIA DE MADEIRA	2,44%	0,05	1.466,79
63	ESQUADRIA DE ALUMÍNIO	3,85%	0,08	2.311,18
65	ESQUADRIA DE FERRO	1,98%	0,04	1.185,57
67	VIDROS			
68	MÁRMORES E GRANITOS EXTERNOS			
69	OUTROS REVESTIMENTOS DE FACHADA			
71	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	6,45%	0,14	3.872,14
73	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	7,11%	0,16	4.262,82
75	INSTALAÇÕES - AR CONDICIONADO CENTRAL	0,95%	0,02	570,80
77	OUTRAS INSTALAÇÕES	0,34%	0,01	201,50
78	TRANSPORTE VERTICAL	3,12%	0,07	1.868,97
81	APARELHOS SANITÁRIOS	0,79%	0,02	474,82
83	PINTURA / LIMPEZA	3,33%	0,07	1.997,35
89	DESPESAS EXTRAORDINÁRIAS			
90	VERBA DE DECORAÇÃO (PADRÃO SP)	0,95%	0,02	569,65
91	DESPESAS A SEREM REEMBOLSADAS			
93	ENTREGA / REVISÃO DA OBRA	0,76%	0,02	458,81
94	MANUTENÇÃO GAPE		0,02	595,38
95	HONORÁRIOS BRUTO			
96	IMPOSTOS			
	TOTAL GERAL	1,00	2,22	60.591,98

3.3 GPS DRY

O GPS DRY representa um sistema construtivo idealizado para os produtos de entrada da empresa. A denominação “dry” expressa o conceito de uma obra seca, sem revestimento em argamassa na fachada, contrapiso e gesso liso. A obra deve seguir um

fluxo contínuo com duas principais linhas de produção, uma de unidade autônoma e outra de núcleo central.

O núcleo central segue o sistema convencional de pilar, viga e laje. Enquanto as unidades autônomas consistem de parede de concreto com laje plana. Em nível de solução construtiva, as instalações elétricas e gás não são embutidas na laje, dessa forma, os apartamentos são entregues forrados. O empreendimento possui dois elementos pré moldados, a escada e a viga da sacada, garantindo maior industrialização do processo.

Quadro 3 :Principais diferenças entre os modelos

Fundamentos	GPS (atual)	GPS - Dry
Lançamento estrutural	<i>Estrutura Convencional (P+V+L)</i>	<i>Laje plana sem viga de borda e sem cordoalha engraxada</i>
Vedação	<i>Alvenaria Modulada (bloco concreto)</i>	<i>dry wall e bloco concreto (apenas núcleo central)</i>
revestimento paredes	<i>gesso liso taliscado</i>	<i>massa corrida</i>
revestimeto teto (Área Quente)	<i>gesso liso desempenado</i>	<i>dry wall full</i>
fachada	<i>chapisco/emboço: 35 mm</i>	<i>parede de concreto</i>

O GPS DRY busca reduzir prazo e custo da obra, conquistando qualidade igual ou superior ao produto convencional da Empresa Constru. O conceito de melhoria continua é muito latente nesse segmento, o Empreendimento B é o segundo com essa tecnologia e já se estudam diversas soluções tanto para os sucessos quanto para as dificuldades, com objetivo de melhorar o processo de produção, por exemplo, o núcleo em pré moldado e sacadas prontas, inclusive com gradil instalado.

Também com o objetivo de melhoria e padronização do processo, foi formada uma rede de fornecedores para o GPS Dry, o projeto foi idealizado para que em todas as obras fossem contratados os mesmos fornecedores, de preferência as mesmas equipes. O objetivo é desenvolver esses parceiros. Ao adquirirem experiência nessa tecnologia, eles conseguem se aprimorar e garantir uma melhor qualidade.

Para desenvolver essa ideologia de modelo construtivo, assim como defendido por Barros, 1998, ao se tratar de disponibilidade de recursos, foi formada uma equipe técnica focada nesse novo segmento da empresa. Inicialmente foi definido um líder para conduzir esse processo. O líder se consolidou na figura de um diretor técnico dedicado exclusivamente à implantação de novas tecnologias. Posteriormente, formou-se uma equipe de analistas, coordenadores e gerente provenientes de diferentes áreas da

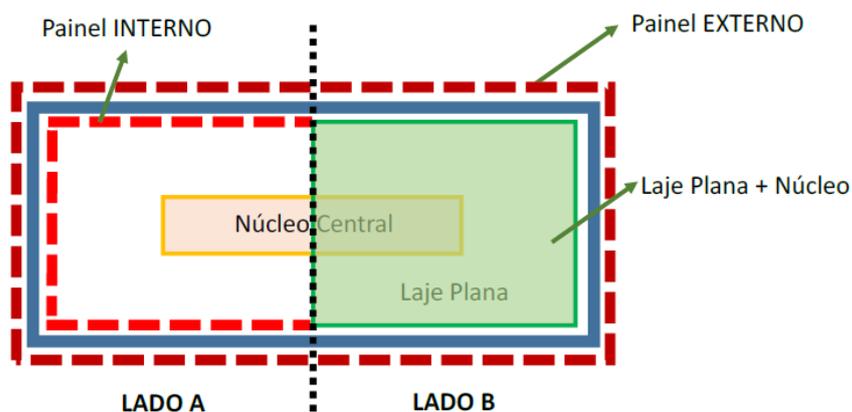
empresa para criar um ambiente favorável ao aprendizado, uma equipe multidisciplinar completa para atingir a evolução pretendida.

3.3.1 Método construtivo de parede de concreto

3.3.1.1 Montagem dos painéis e plataformas de trabalho

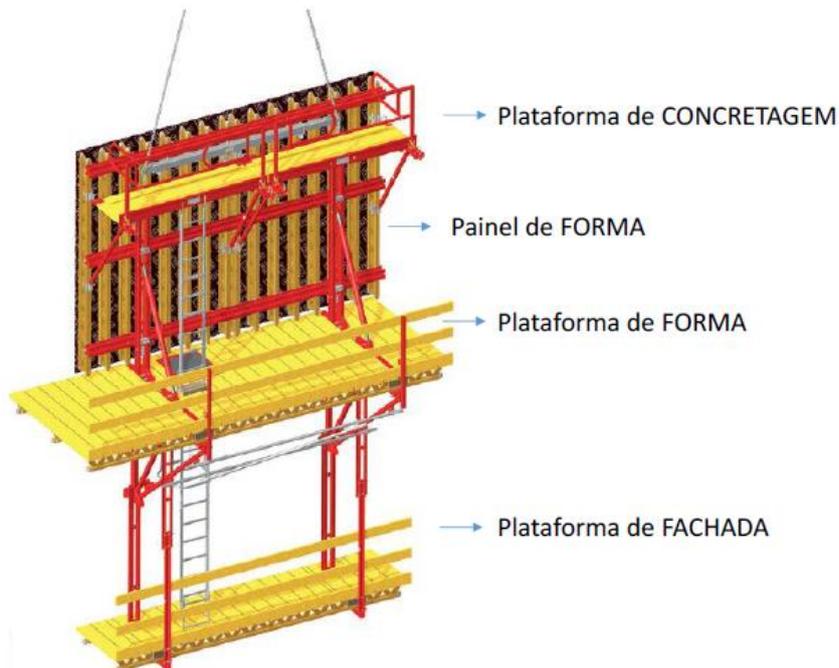
O sistema desenvolvido para a execução de paredes de concreto com fôrma trepante pressupõe a existência do jogo completo de painéis e plataformas externas e meio jogo de formas para o painel interno, pois como a construção é realizada em 2 etapas, sendo o Lado A com a execução de paredes e o Lado B com a execução das lajes, se todos os painéis internos fossem adquiridos, a logística de construção ficaria muito prejudicada, ocasionando uma redução na produtividade.

Figura 11: Imagem conjunto externo (painéis e plataformas)



O conjunto externo é formado por basicamente 4 elementos que são movimentados conectados, painel de fôrma (chapa de compensado + estruturação da fôrma), plataforma de concretagem, plataforma de fôrma e plataforma de fachada.

Figura 12: Imagem conjunto externo (painéis e plataformas)

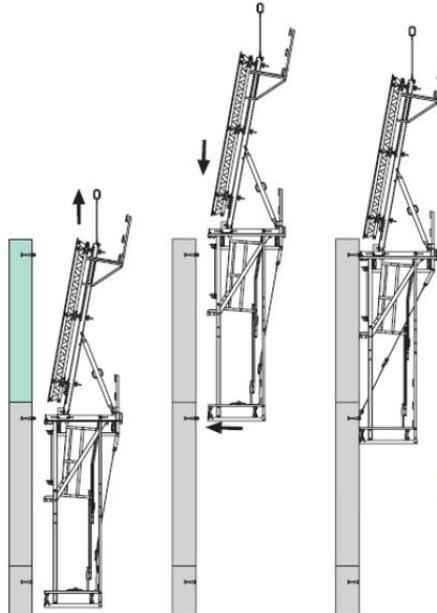


O conjunto dos painéis externo forma um anel completo por todo o perímetro da torre, tendo sua movimentação somente entre pavimentos.

O fornecedor dos painéis disponibiliza um projeto de “plano de voo” dos painéis a fim de agilizar o processo de movimentação dos mesmos. O “plano de voo” mostra a “origem” e o “destino” de cada conjunto de painéis durante a sua movimentação. Para os conjuntos externos, esse plano não é de suma importância, uma vez que basicamente o conjunto é movido somente na vertical, não tendo deslocamento horizontal, mas para os conjuntos internos ele é indispensável.

Os painéis são içados pela grua através do sistema de encaixe já pré-fixado nos painéis.

Figura 13: Movimentação dos painéis externos



A ordem de movimentação dos conjuntos externos deve obedecer a uma sequência em anel, pois com isso o posicionamento dos conjuntos é facilitado, uma sequência de liberação dos serviços posteriores já é possível e não cria um grande “vazio” sem plataforma para segurança.

Logo que o conjunto do painel externo esteja posicionado e os vãos entre a estrutura e os painéis estejam dentro das tolerâncias admissíveis, é aplicado o desmoldante. A aplicação é realizada em camadas finas, uniformes, evitando-se o escorrimento e a concentração do produto para as regiões inferiores da fôrma.

O painel externo tem sua base alinhada pelos 5cm que estão sobrepostos ao pavimento inferior, pois o painel tem a aba inferior exatamente para essa função. Ou seja, quem é responsável pelo alinhamento do pavimento a ser concretado é o pavimento que já foi concretado.

Os vãos a serem utilizados pelas esquadrias de alumínio são executados na fase de estrutura com auxílio de gabarito metálico durante o processo de concretagem das paredes. Os gabaritos são constituídos de dois elementos (Figura 12), o contra gabarito (gabarito em forma de grade na parte superior da figura) e o gabarito (parte inferior da figura).

Figura 14: Gabarito e contra gabarito



Somente o contra gabarito é fixado nos painéis de forma de paredes. A fixação ocorre com parafusos. A locação dos gabaritos é realizada somente na primeira montagem da forma, pois nas demais somente ocorre o acoplamento na montagem.

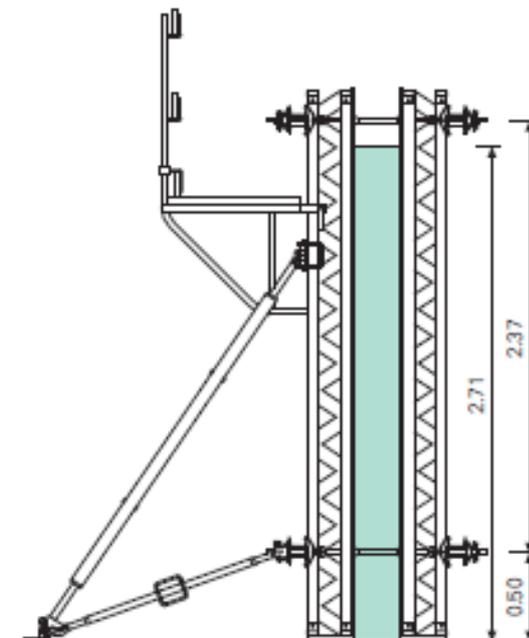
Figura 15: Gabarito e contra gabarito aplicado na forma



Após a montagem, a fim de facilitar a desenforma é passado pelo lado externo do gabarito vaselina em pasta. A desenforma do gabarito somente ocorre quando a fôrma já estiver no andar superior, ou seja, o trabalho é realizado na plataforma de fachada.

O painel interno é composto pelo contato em chapa de madeira compensada, estruturação da fôrma e plataforma de concretagem. O conjunto dos painéis internos forma metade de um anel completo do perímetro da torre, tendo sua movimentação entre pavimentos e no mesmo pavimento.

Figura 16: Imagem conjunto interno (painéis e plataforma)



O nível de qualidade das paredes já desformadas deve ser tal que somente seja necessária a aplicação da textura pelo lado externo e a massa corrida pelo lado interno. Para tanto, o nível de qualidade e estado de conservação das fôrmas deve ser elevado. Cada painel ao ser desformado é avaliado, se há ou não necessidade de reforma. Em caso afirmativo, não é necessário trocar toda a chapa, pois pode ser trabalhado segundo a modulação da estruturação da fôrma e a reforma se concentrar em uma região específica.

3.3.1.2 Concretagem

Devido ao sistema de fôrmas para as paredes, a obra possui grua com elevada capacidade de carga. Com isso deve ser utilizada caçamba para concreto com no mínimo 750 litros. O ideal é possuir 1m³ de capacidade. A não ser por algum imprevisto, toda a concretagem das paredes deverá ser realizada através de grua.

A desforma somente é realizada após o rompimento dos corpos de prova com idade de 18 horas e o resultado atingir no mínimo o especificado para essa idade. A desforma dos painéis não deve ser realizada pela grua e sim pela inclinação através do apurador, pois a grua pode danificar a forma.

Quanto à cura, para a face externa da parede, o processo é realizado pela própria fôrma, não sendo necessário nenhum trabalho adicional, pois elas permanecem na mesma posição até a concretagem das lajes (uma vez que fazem a forma da lateral destas). Já nas fôrmas internas das paredes, é realizada a cura química (produto base acrílica) das mesmas.

O sistema de fachadas para o sistema de paredes de concreto é somente a aplicação de textura, com suas devidas etapas, diretamente sobre o concreto, sendo assim a superfície deve estar apta para receber esse acabamento. Para a remoção de resíduos não desejados e abertura dos poros para a aplicação da textura, toda a superfície da fachada deverá ser lixada manualmente. O trabalho é realizado na plataforma de trabalho de fachada no sistema de fôrmas e tem o prazo máximo para ser executado igual ao da execução do ciclo de concreto de 1 pavimento, pois todo o sistema é transferido para o pavimento superior a cada ciclo, não permitindo assim que se trabalhe em pavimentos abaixo.

3.3.2 Método construtivo de laje plana

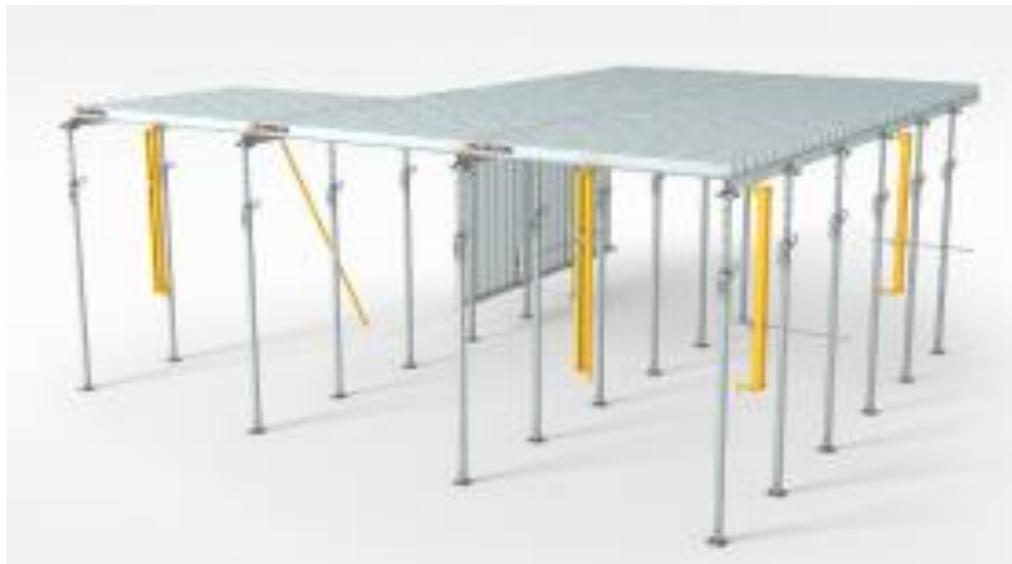
Para a laje que une o núcleo central às paredes de concreto o ciclo de execução do pavimento completo é dividido em 2 partes, tendo o mesmo raciocínio que para as paredes, ou seja, enquanto no lado A está sendo executada a parede, no lado B está sendo executada a laje e assim sucessivamente. O Quadro 4 demonstra o cronograma teórico da montagem e concretagem de paredes e lajes.

Quadro 4 :Cronograma de concretagem

			DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
			manhã	tarde								
Fôrma	Paredes	Externas										
		Internas										
	Núcleo	Pilares										
		Vigas e Lajes										
		Laje										
Concretagem	Paredes											
	Laje											
Armação	Paredes	Montagem final										
	Núcleo	Montagem final										
	Laje	Montagem final										

O sistema de fôrma para laje é modular com grelha de vigas metálicas. Devido aos seus componentes leves de alumínio e sequência de montagem pré-definida, é possível reduzir bastante o tempo necessário para a montagem. Para montagem, basta apoiar a grelha de um dos lados sobre as grelhas já posicionadas e então levantá-la até a posição definitiva para aguardar a concretagem. Os elementos telescópicos asseguram a máxima flexibilidade ao sistema. As grelhas metálicas permitem o acesso em segurança para a colocação das chapas de compensado.

Figura 17: Imagem cimbramento laje plana



3.3.3 Kits elétricos e hidráulicos

Os kits elétricos e hidráulicos necessitam de um prazo para medição na obra e produção dos materiais de aproximadamente 50 dias. Após esse período, os kits chegam com as tipologias de apartamento especificadas com uma identificação e sobem para o pavimento de destino. Todos os kits desenvolvidos são testados e aprovados um a um na fábrica.

Os kits elétricos incluem fiação, tubulação, caixas, material de acabamento e proteção. Enquanto os kits hidráulicos são composições em pex, garantindo padronização com kits de chuveiro. A tubulação de esgoto já vem com as peças medidas e pré montadas para facilitar a execução nos apartamentos.

Figura 18: Kits elétricos



3.3.4 Macro fluxo

O processo é dividido em 16 módulos, executados como fluxo contínuo.

- Módulo 1: Estrutura de concreto e fachada

O módulo 1 possui um ciclo de aprendizado nos primeiros dois pavimentos com 28 e 16 dias respectivamente. Após esse período os ciclos são de 5 dias desconsiderando o sábado, dia reservado a conferencia de serviços, organização e limpeza da obra, prioritariamente. A ascensão da grua, localizada no poço do elevador, está considerada aos sábados e domingos.

Os pontos de elétrica embutidos na estrutura são evitados, porém há pontos embutidos na laje do núcleo central e por volta de 19 pontos por pavimento embutido nas paredes.

Figura 19: Projeto elétrica lado B



- Módulo 2: Alvenaria modulada no núcleo central, batente das portas corta fogo, chapim e impermeabilização na sacada;

A partir do módulo 2 todos os serviços possuem um ciclo de 5 dias por pavimento.

Entre os módulos 2 e 3 é realizada a distribuição, através da grua em plataformas de trabalho, dos perfis e chapas. Cada material segue um planejamento logístico para evitar movimentação no pavimento e otimizar a produção.

Figura 20: Logística drywall



- Módulo 3: Guias e montantes nas paredes de vedação e chapa colada no núcleo central;
- Módulo 4: Chicote elétrico e esquadrias de alumínio;
- Módulo 5: Chapeamento e tratamento juntas das paredes de vedação;
- Módulo 6: Prumada hidráulica, gradil, guias e montantes shafts, distribuição hidráulica e chapeamento shafts;

Para execução dos Módulos 4 e 6, distribuição elétrica e hidráulica, foi estabelecido um cronograma com os fornecedores para sustentar um processo industrializado. Definiu-se um prazo de 4 dias para que o fornecedor execute os projetos e estes sejam analisados pelo consultor de instalações. Após esse período são executados um pavimento prova e um contra prova. Para o pavimento prova considera-se 10 dias de

produção e entrega do material, 10 dias para montagem e validação do modelo e 2 dias para ajustes, caso necessário. Para o pavimento contra prova considera-se 10 dias de produção e entrega do material e 7 dias para montagem e validação. A partir de então se inicia a produção e execução seriada, ciclo de 5 dias tanto para distribuição hidráulica quanto elétrica.

- Módulo 7: Forro de gesso;
- Módulo 8: Impermeabilização (banheiro) e regularização para piso laminado (não se tratando de contrapiso);
- Módulo 9: Cerâmica parede (cozinha, área de serviço e banheiro)
- Módulo 10: Cerâmica piso e soleiras e baguetes;
- Módulo 11: Caixilho sacada, bancas e carenagens;
- Módulo 12: Pintura primeira demão;
- Módulo 13: Porta de sacrifício (porta provisória), louças e metais;
- Módulo 14: Desengrosso e checklist;
- Módulo 15: Porta pronta, regulagem caixilho e espelho de elétrica;
- Módulo 16: Pintura final, piso laminado e limpeza.

Os elevadores são parte importante no macro fluxo, após o término da estrutura são sete semanas até a finalização do elevador. A regularização do poço é realizada durante a estrutura. Posteriormente, são três semanas para a retirada das escoras e montagem da casa de máquinas. Durante esse período os batentes e portas são posicionados e chumbados (4 pavimentos por dia). Após a conclusão da casa de máquinas e chumbamento de batentes, são 30 dias corridos para a montagem do elevador.

4. ESTUDO COMPARATIVO

No Quadro 5, é possível identificar as principais diferenças de custo e prazo entre os empreendimentos A e B.

Quadro 5 :Comparativo resumo Empreendimento A x Empreendimento B

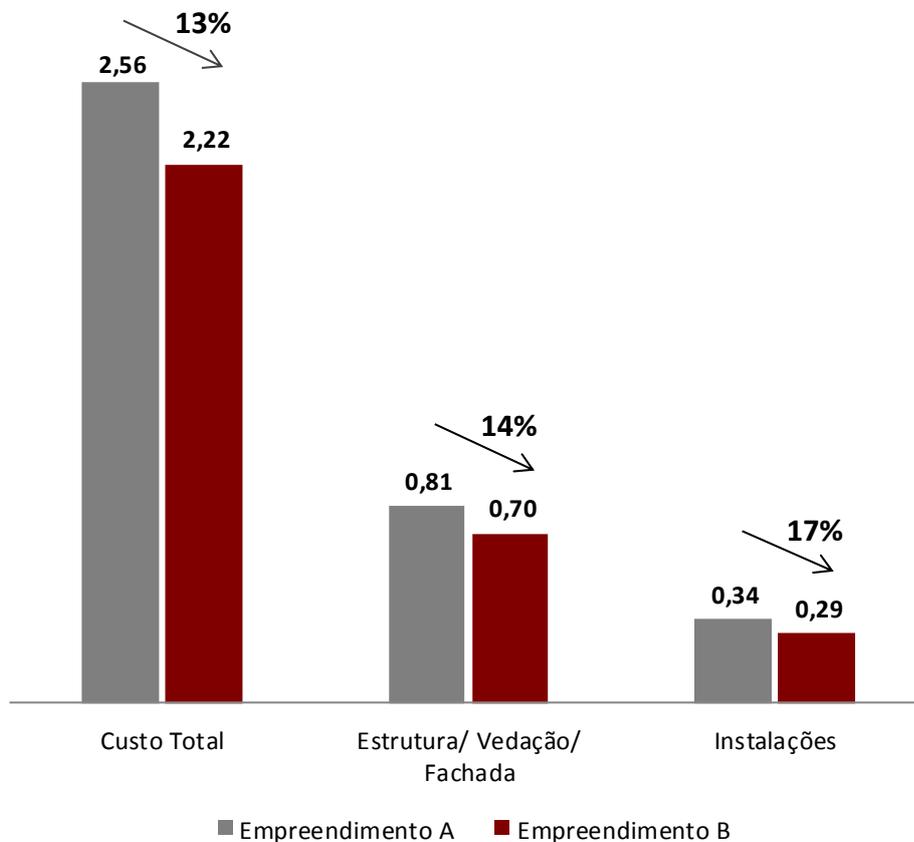
	Empreendimento A	Empreendimento B	Varição
Ciclo Orçado	21 meses	17 meses	- 4 meses
Ciclo Real/ Tendência	24 meses	19 meses	- 5 meses
Estrutura/ Vedação/ Fachada	12,3 meses	7,8 meses	- 4,5 meses
Textura	2,9 meses	1,7 meses	- 1,2 meses
Serviços internos	16,1 meses	11,8 meses	- 4,3 meses
Orçamento Inicial	2,56 INCC/m²	2,22 INCC/m²	- 13%
Estrutura/ Vedação/ Fachada	0,808 INCC/m ²	0,697 INCC/m ²	- 14%
Instalações	0,345 INCC/m ²	0,287 INCC/m ²	- 17%
Equipe	0,119 INCC/m ²	0,130 INCC/m ²	+ 9%

4.1 Custo

Ao comparar as duas obras no quesito custo, há uma redução de 13% no custo total do empreendimento. Essa redução é percebida principalmente pela ausência de emboço na fachada e industrialização das instalações. Ao mesmo tempo em que há uma redução nesses grupos, sem valor percebido pelo cliente, há itens que agregam valor ao produto traduzindo as necessidades dos clientes, como forro em toda área do apartamento e piso laminado nas áreas quentes.

No gráfico 1, é possível comparar a redução dos principais subsistemas. No Empreendimento B a estrutura em parede de concreto e regularização da fachada são comparáveis com estrutura, vedação externa em alvenaria e emboço no Empreendimento A. Nesse comparativo há uma redução de 14%.

Gráfico 1 : Comparativo de custo Empreendimento A e B



No quesito equipe permanente, por se tratar de uma obra mais rápida, esperava-se que o Empreendimento B também apresentasse uma redução em relação ao Empreendimento A, porém houve um aumento de 9%. Por se tratar de uma nova tecnologia, buscou-se uma equipe especializada, que pudesse garantir a qualidade em uma tecnologia onde estrutura e instalações são os principais diferenciais. Para isso há uma equipe composta por 2 engenheiros, 2 estagiários e 2 encarregados de obra focados na estrutura e 1 coordenador focado em instalações. A equipe total do Empreendimento A é de 12 pessoas, enquanto do Empreendimento B 20 pessoas, como pode se conferir no quadro abaixo (Quadro 6).

Quadro 6 : Equipe de campo por empreendimento

Empreendimento A		Empreendimento B	
Nº de pessoas	Cargo	Nº de pessoas	Cargo
1	Coordenador de Obra	1	Coordenador de Obra
2	Engenheiro de Produção	2	Engenheiro de Produção
3	Estagiário	3	Estagiário
3	Mestre	1	Mestre
1	Encarregado Adm.	1	Encarregado Adm.
1	Almoxarife	1	Almoxarife
1	Técnico de Segurança	1	Auxiliar de Almoxarife
		2	Encarregados de Obra
		1	Técnico de Segurança
		2	Engenheiro de Produção - Estrutura
		2	Estagiário - Estrutura
		2	Encarregados de Obra - Estrutura
		1	Coordenador de Obra - Instalações
12	Equipe de Campo	20	Equipe de Campo

No quesito curva financeira, por se tratar de uma obra rápida, se fez necessário um controle maior de estoques, para não prejudicar a viabilidade com desembolsos antecipados com compra de materiais. Dessa forma, a obra trabalha por produção puxada, armazenando pequenas quantidades de materiais, buscando o abastecimento *just in time*.

4.2 Prazo

A meta estabelecida na fase de Pré Orçamento, define que para o Empreendimento A o ciclo seria de 21 meses e o Empreendimento B de 17 meses. Porém alguns desvios de prazo e a antecipação da mobilização no início da obra acarretaram um ciclo real de 24 meses no Empreendimento A e tendência de 19 meses no Empreendimento B.

Considerando a etapa de estrutura, os dois empreendimentos ultrapassaram o prazo meta dos pavimentos tipo. O Empreendimento A obteve uma média 5,6 dias por pavimento e o Empreendimento B 6,3 dias, sendo que a meta para as duas tipologias é de 5 dias por pavimento.

No projeto piloto GPS Dry foi definida a realização de uma etapa de lavagem na face externa da estrutura e estucagem dos pontos necessários. Porém no Empreendimento B houve microbolhas em diversos pontos, o que geraria a necessidade

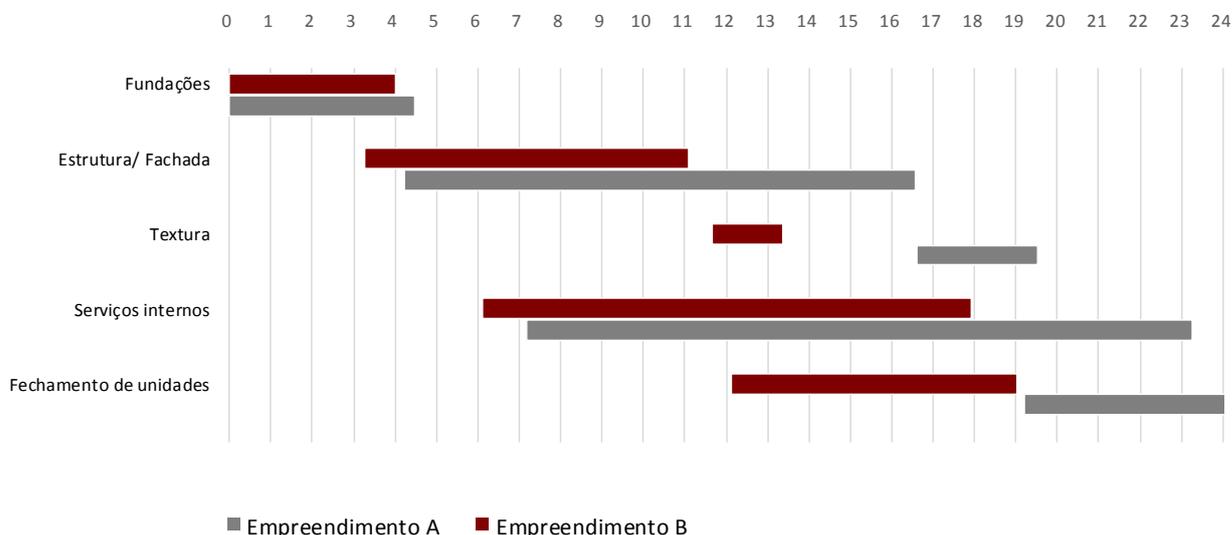
de um processo longo de estucagem. A melhor solução ainda está sendo estudada e em teste, porém a tomada de decisão desde a identificação do problema até a liberação do serviço ocasionou um atraso de 3 meses no início da estucagem, que postergou a textura e consequentemente fechamento das unidades.

Assim como o Empreendimento B, o Empreendimento A também apresentou atraso em relação a meta de fachada. Foi constatado atraso de 1 mês na argamassa externa e 1 mês na textura.

Ao comparar as duas obras no quesito prazo tendência, há uma redução de 4,5 meses no ciclo total. As fundações são semelhantes, porém adotou-se estratégias distintas, priorizando, no Empreendimento A, a fundação na projeção da torre, permitindo o início da estrutura concomitante a execução da fundação da periferia.

Ao adotar o mesmo conceito do comparativo financeiro, analisando estrutura e regularização da fachada, no Empreendimento A, e estrutura, vedação externa e emboço na fachada, no Empreendimento B, há uma redução de 4 meses.

Gráfico 2 : Comparativo de prazo Empreendimento A e B



Quanto aos serviços internos, há dois pontos que precisam de destaque, a diminuição de serviços e a antecipação dos mesmos. No Empreendimento A, os caixilhos são instalados após a finalização do emboço de fachada e a requadração dos vãos com textura, já no Empreendimento B, o caixilho pode ser instalado na fase de estrutura.

Enquanto a estrutura do décimo primeiro pavimento estava em execução eram instalados os primeiros caixilhos.

Nas etapas de instalações elétricas, o sistema do Empreendimento A possui 5 etapas de serviço, requer uma mão de obra especializada e possui maiores riscos de retrabalho com a realização de testes em obra e, principalmente, pela equipe de elétrica normalmente não acompanhar a execução da alvenaria. Enquanto, o Empreendimento B por serem kits prontos possui 3 etapas de serviço, requer um menor número de funcionários e pouca especialização.

Quadro 7 :Etapas de execução de instalações elétricas

Empreendimento A	Empreendimento B
Distribuição em lajes	Distribuição em lajes/ paredes
Marcação de alvenaria e elevação	Distribuição elétrica no pavimento
Colocação de caixinhas e chumbamento de quadros elétricos	Montagem dos QDLs e colocação de interruptores e tomadas
Enfição	
Montagem dos QDLs e colocação de interruptores e tomadas	

5. CONCLUSÃO

O trabalho realizado teve como objetivo apresentar um estudo comparativo de custo e prazo sobre dois processos construtivos, parede de concreto moldada in loco e estrutura reticulada de concreto armado, uma vez que a tecnologia apresentada se mostra uma oportunidade de reduzir custo. As construtoras e incorporadoras precisam buscar melhorias em seus processos, na atual crise econômica, e o sistema de parede de concreto se apresenta uma solução viável em comparação ao sistema tradicional.

Para tal, foi realizado um estudo de caso em dois empreendimentos espelhos um do outro, compostos por duas torres de 18 pavimentos e 3 opções de metragem de apartamento. A metodologia utilizada consistiu em visitas aos dois empreendimentos e entrevistas com a equipe de obra, área de planejamento e área técnica, formada para o desenvolvimento do GPS Dry.

A partir do planejamento físico e financeiro dos dois empreendimentos, foi realizada uma comparação dos sistemas construtivos, contemplando ciclos de serviços, tipo de

fornecedor e tecnologias complementares a estrutura. Foram analisados cronogramas e orçamentos de forma detalhada.

Com projetos padronizados, alto grau de repetitividade, execução simultânea de estrutura e vedação, o sistema de parede de concreto obtém alta produtividade, produção em larga escala, redução de custos com mão de obra e minimização dos erros de execução. O conceito do GPS Dry garante uma obra mais limpa e organizada, com um processo mais industrializado garantiu-se uma redução de custo e prazo significativas.

Foram identificadas dificuldades na tomada de decisão que acarretaram atrasos no Empreendimento B, algumas questões técnicas ainda precisam ser alinhadas para que o prazo orçado seja respeitado. Analisando melhorias no acabamento do concreto, para evitar destacamento de argamassa. Além disso os fornecedores ainda estão amadurecendo o processo construtivo. Com a parceria adotada esses problemas tendem a ser mitigados.

Pela obra analisada ser a primeira após o piloto, ainda há muito a ser analisado e adaptado a nova tecnologia. Dessa forma, sugere-se para trabalhos futuros a análise da tecnologia depois de consolidada e uma possível análise de desempenho do sistema construtivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Mercia Maria Semensato Bottura de; DE ARAÚJO, Luís Otávio Cocito. Desafios para o aumento de produtividade na indústria da construção habitacional. **Conjuntura da Construção**, v. 12, n. 1, p. 4-6.

BARROS, Mércia Maria Bottura de. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. 422p São Paulo, 1996. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARROS, Mercia Maria Bottura de. Premissas para a implantação de inovações tecnológicas na produção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: ABEPRO, 1998

FARIA, Renato. Paredes maciças. **Revista Técnica**. Editora PINI. ed, v. 143, 2009.

KOSAKA, G. I. **O tempo takt na Toyota do Brasil**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_98.pdf>. Acesso em: julho de 2013.

LIKER, J. K. **The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer**. 1 ed. United States of America: McGraw-Hill, 2004. 330p.

PICCHI, F. System view of lean construction application opportunities. In: Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 9, 2001, NUS, Singapore. **Proceedings...** Singapore, 2001.

TONI, A. de; CAPUTO, M.; VINELLI, A. Production management techniques: push – pull classification and application conditions. **International Journal of Operation and Production Management**, v 8: pp 35-51, 1988.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES K. T.; ROSS, D. **A máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre:Bookman, 2005. 212p.