



**FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DE SERVIÇOS E
PROGRAMAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE INSUMOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL BASEADOS EM PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION**

CURITIBA
2013



VINÍCIUS SPERANDIO DOS SANTOS

**FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DE SERVIÇOS E
PROGRAMAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE INSUMOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL BASEADOS EM PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Orientador: Prof. Msc. Maurício Bianchini.

CURITIBA
2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e condições proporcionadas para realizar todo o curso e poder desenvolver este trabalho.

Ao professor Maurício Bianchini, pelo apoio ao desenvolvimento e orientação deste trabalho, sempre disposto a amparar as dificuldades durante o andamento deste.

Aos meus pais e irmãos pelo imenso incentivo a realização deste trabalho.

Ao colega de trabalho Luiz Henrique Campato, por me auxiliar no desenvolvimento de cada ferramenta proposta neste trabalho.

A Construtora Sisa e Incorporadora Austin Engenharia, pela abertura para a realização deste trabalho em um de seus empreendimentos, acreditando na importância do desenvolvimento deste para o crescimento das empresas.

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DE SERVIÇOS E PROGRAMAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE INSUMOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL BASEADOS EM PRINCÍPIOS DA LEAN PRODUCTION

Por

VINÍCIUS SPERANDIO DOS SANTOS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 14 de Dezembro de 2013.

Maurício Bianchini

Patrícia Ribeiro da Silva Brandão

Rogério Lemos

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem no gerenciamento da produção dentro da construção civil, fundamentadas em princípios e diretrizes da linha de pensamento da produção enxuta, *Lean Production*. A criação destes meios de controle propostos neste trabalho originou-se da inexistência de métodos que auxiliem de forma eficaz a programação de aquisição de insumos específicos em series repetitivas, dependentes de largas programações, bem como um monitoramento de serviços que seja padronizado e que utilize de tecnologia avançada disponível no mercado e de fácil visualização e identificação por todos os setores da engenharia de uma construtora. Baseando-se nos sistemas construtivos e de aquisição de insumos de um empreendimento de edifícios residenciais, o desenvolvimento das ferramentas fundamenta-se singularmente em identificadores visuais, empregados em larga escala pelos sistemas de produção enxuta. Apresentados neste trabalho, o desenvolvimento das ferramentas surgem das necessidades de diferentes informações, identificados os melhores métodos de obtê-las e através de diferentes equipamentos, seja através de murais ou aparelhos eletrônicos portáteis. Partindo da criação e posterior aplicação dos métodos propostos, o trabalho tem por intuito demonstrar a amplitude dos resultados obtidos e assim confirmar as melhorias existentes sob o controle do gerenciamento da produção em benefício da utilização de princípios da produção enxuta. A aplicação e análise das ferramentas propostas neste trabalho comprova a obtenção das informações requeridas de forma ágil, padronizada e de fácil visualização como propostos em seus desenvolvimentos.

Palavras chave: ferramentas, *Lean Production*, gerenciamento da produção, aquisição de insumos, monitoramento de serviços.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma de gerenciamento integrado de empreendimentos (Gehbauer, 2002).....	18
Figura 2. Projeção em 3D do empreendimento analisado em construção	38
Figura 3. Quadros para demarcação de datas programadas e entregues de ferragens	43
Figura 4. Quadros para demarcação de datas programadas e concretagem de lajes	43
Figura 5. Identificação visual da situação atual de conjuntos de peças estruturais	43
Figura 6. Identificação do pavimento a ser ancorada a grua	44
Figura 7. Identificação de instalações de aterramento elétrico diferenciado e posicionamento de banheiros móveis	44
Figura 8. Visualização geral da ferramenta um fixada na parede	45
Figura 9. Visualização dos quadros identificadores e de demarcação para atividades macros	48
Figura 10. Visualização dos quadros de demarcação para atividades macros – halls de entrada	49
Figura 11. Visualização dos quadros de demarcação para instalações hidráulicas	51
Figura 12. Visualização dos quadros de demarcação para instalações elétricas ..	53
Figura 13. Identificação das cores para demarcação de serviços	54
Figura 14. Marcação dos serviços realizada no dia 18/11/2013.....	55
Figura 15. Membro da equipe de engenharia realizando o monitoramento dos serviços	56
Figura 16. Imagem da ferramenta sendo utilizada no tablet	56
Figura 17. Ferramenta sendo utilizada para a primeira torre (Torre A).....	58
Figura 18. Detalhamento da ferramenta sendo utilizada – Torre A	59

Figura 19. Mestre de obras marcando atividades concluídas na terceira ferramenta proposta	59
Figura 20. Ferramentas propostas sendo utilizadas em diferentes meios	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	12
1.4.1. Tecnológicas.....	12
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais	13
1.4.4. Ecológicas	14
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. GERENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS.....	17
2.1.1. Planejamento e controle de obras	20
2.2. LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.3. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL....	24
2.4. LEAN PRODUCTION	25
2.4.1. Sistema Toyota de Produção (STP).....	26
2.4.2. Just in Time	28
2.4.3. Sistema Kanban.....	29
2.4.4. Sistema Andon	32
2.5. LEAN CONSTRUCTION	34
2.5.1. Princípios da Lean Construction	37
3. ESTUDO DE CASO.....	38
3.1. INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDIMENTO.....	38
3.2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO.....	39

3.2.1.	Datas de início e término do empreendimento	39
3.2.2.	Diferenciais do empreendimento.....	39
3.2.3.	Sistema estrutural do empreendimento	39
3.2.4.	Sistemas de vedação do empreendimento	40
3.2.5.	Sistemas de instalações do empreendimento.....	40
3.2.6.	Equipes de trabalho na gerência da produção	41
3.3.	FERRAMENTA 1 – PROGRAMAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE INSUMOS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO (AÇO CORTADO E DOBRADO E CONCRETO USINADO)	41
3.4.	FERRAMENTA 2 – MONITORAMENTO E MEDIÇÃO DE SERVIÇOS REALIZADOS.....	46
3.5.	FERRAMENTA 3 – MONITORAMENTO DE ATIVIDADES MACROS CONCLUÍDAS EM MURAL	57
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
4.1.	FERRAMENTA UM	61
4.2.	FERRAMENTA DOIS	63
4.3.	FERRAMENTA TRÊS	65
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	66
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
5.2.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	66
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta grande influência sobre o produto interno bruto do país. Como destacado através da mídia (Revista EXAME – 01/10/2013) pelo presidente do Sinduscon - SP, Sergio Watanabe, o crescimento da construção civil deve apresentar crescimento alinhado ao do PIB do país nos próximos dois anos, dependendo integralmente da elevação da produtividade do setor.

Em contrapartida, como destacado por Mattos (2010), a indústria da construção tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos. Isso se deve a intensa competitividade, ao mercado globalizado, demanda por bens mais modernos, aceleração de novas tecnologias, aumento do grau de exigência dos clientes e externos, redução dos recursos disponíveis para a realização pelas empresas. Em meio a estes fatores, as empresas de construção compreenderam o quanto é inevitável o investimento na gestão e controle dos processos, mantendo assim sempre atualizado os principais indicadores como o prazo, custo, lucro, retorno do investimento e fluxo de caixa.

Ainda de acordo com Mattos (2010), apesar do setor da construção em geral apresentar singularidades comparadas a sistemas de produção industriais, como forma de elevar a eficiência e a produtividade das empresas, sistemas de produção utilizados por grandes indústrias como do setor automobilístico, passaram a ser aplicados ao mercado da construção civil. O sistema de produção enxuta originado do Sistema Toyota de Produção (STP) difundiu-se entre grandes empresas e pelo mundo, alcançando o setor da construção civil, denominando-se assim de *Lean Construction*.

Analisando-se o sistema da construção enxuta, Mattos (2010) identifica a aplicação da filosofia e dos conceitos diretamente aos processos, focados na redução máxima de perdas de materiais, do tempo e de atividades que não agregam valor.

O desenvolvimento deste trabalho tem por propósito apresentar a aplicação dos conceitos *Lean* a processos específicos gerenciais de uma obra, através de ferramentas a serem criadas e desenvolvidas para o monitoramento de serviços executados e programação de aquisição de materiais que necessitam de prazos estendidos e em séries repetitivas, fatores essenciais para aumento da produtividade do setor em geral.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

É possível desenvolver ferramentas que auxiliem na programação de aquisição de insumos da construção civil e que aperfeiçoem o monitoramento de serviços baseados em princípios da *Lean Production* e que apresentem resultados benéficos com a sua implementação?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Implementar ferramentas que auxiliem na programação de aquisição de insumos da construção civil que necessitem de prazos estendidos e ferramentas que auxiliem no monitoramento e medição de serviços dentro do setor de gerência da produção na construção civil, baseando-se em princípios da produção enxuta.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Desenvolver ferramentas para o monitoramento e medição de serviços e ferramentas de programação de aquisição de insumos da construção civil baseados em princípios e ferramentas do *Lean Production* e *Lean Construction*.

- b) Aplicar as ferramentas criadas em um empreendimento de médio porte, localizado na cidade de Maringá-PR;
- c) Identificar melhorias nos processos influenciados com a aplicação das ferramentas;
- d) Identificar o emprego de princípios da produção enxuta em cada ferramenta criada.

1.3. HIPÓTESE

A aplicação dos métodos e meios propostos vem a contribuir para uma maior qualidade, padronização e agilidade em atividades gerenciais realizadas dentro do setor de produção na construção civil, especificamente no monitoramento de serviços executados e programação de aquisição de insumos.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

Como descrito por Nakamura (2011), o aproveitamento da tecnologia da informação pela indústria da construção civil pode associar-se a benefícios como redução de tempo e custo devido à unificação de informações geradas, podendo ser acessadas em diferentes etapas e aplicadas em diversas situações, reduzindo assim a possibilidade de conflito de informações. Podem ser observados ganhos na integração e comunicação interna dentre os envolvidos com as tecnologias aplicadas.

"O impacto dessas tecnologias é extremamente relevante, já que permite o aumento de produtividade por meio da eliminação de retrabalhos, da automatização de processos e controles e da redução do ciclo de execução de

tarefas”. (Reinaldo Sima, diretor de Tecnologia da Informação de uma construtora de grande porte – Entrevista para a revista Techne – Pini – 2011)

1.4.2. Econômicas

Divulgado pelo IBGE em 2013, o setor da construção civil é responsável por aproximadamente 15% do produto interno bruto do país. Analisando-se este alto índice, têm-se a importância do maior desenvolvimento dos processos de controle gerenciais das inúmeras obras em execução por todo o país, uma vez que o desenvolvimento administrativo da indústria da construção civil ainda encontra-se defasado comparado a outros setores nacionais.

Em meio ao setor imobiliário atual, relatado por Gehbauer et al (2002), o mercado tem exigido mais agilidade na gestão das informações, uma vez que o aumento de custos de insumos, altas de taxas, menor poder aquisitivo dos clientes finais somados a drástica queda na velocidade de vendas e da margem de lucro tem levado empresários do setor a investir em ferramentas que disponibilizem informações de forma organizada, com agilidade e sistemática para a obtenção de um empreendimento com sucesso.

A aplicação dos métodos propostos neste trabalho, visando o objetivo principal do sistema de produção enxuta, tende a se aproximar do desperdício mínimo de recursos disponíveis, podendo ser estes materiais ou mão de obra.

1.4.3. Sociais

A aplicação de ferramentas e métodos que aperfeiçoem os controles da indústria da construção civil colabora para o maior desenvolvimento do setor, estando entre os maiores geradores de empregos no país.

Segundo reportagem divulgada pela Agência Brasil (18/05/2013), de acordo com a Nota Técnica de Estimativas do Déficit Habitacional Brasileiro por

Municípios, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o déficit habitacional no país caiu 12% em cinco anos. A evolução apresentada resulta-se do crescimento da indústria da construção civil, importante assim ser cada vez mais desenvolvida através de diferentes métodos e ferramentas objetivando a redução do déficit habitacional.

1.4.4. Ecológicas

A construção civil representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Segundo dados divulgados pela Agência Brasil em 2013, o setor produz entre 68 e 80 milhões de toneladas de resíduos por ano, com um consumo de aproximadamente 40% dos recursos naturais e materiais, tendo-se assim a importância de meios que colaborem para a redução desses altos índices.

A aplicação das ferramentas propostas em um empreendimento vem a colaborar para uma melhor programação de aço cortado e dobrado direto da indústria, reduzindo-se a geração de entulhos caso fosse realizado o serviço de corte na obra.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente realizaram-se revisões bibliográficas relacionadas aos princípios e ferramentas da produção enxuta (Lean Production) e da construção enxuta (Lean Construction), avaliando-se a aplicabilidade no monitoramento, medição de serviços executados e programação de compras de materiais realizados pelos gestores de obras.

Como estudo de caso, avaliaram-se as necessidades gerenciais de um empreendimento localizado na cidade de Maringá.

A edificação utilizada de base para o desenvolvimento do trabalho é constituída por duas torres residenciais de médio padrão, com 20 pavimentos cada, totalizando 152 unidades residenciais.

A partir da identificação dos sistemas construtivos utilizados no empreendimento, das equipes gerenciais e das necessidades dos processos de gerenciamento dentro da obra, iniciou-se o desenvolvimento e aplicação das ferramentas pela equipe de engenharia.

Tendo-se um grande número de informações a serem obtidas, atualizadas e encaminhadas ou informadas a diferentes pessoas dentro de uma organização, criaram-se quadros para demarcação em cores ou datas, variando de acordo com o tipo de dados.

Durante a criação das ferramentas propostas, avaliaram-se e definiram-se os instrumentos a serem utilizados para aplicação das mesmas, sendo estes através de documentos impressos, murais ou por equipamentos eletrônicos como tablets e smartphones.

Por fim avaliaram-se os resultados e procedimentos, analisando-se a amplitude e utilidade das informações obtidas, usabilidade das ferramentas propostas e identificação dos princípios de produção baseados para criação das ferramentas.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre o gerenciamento de obras, emprego do sistema de construção enxuta e assim métodos e meios aplicados em setores de produção que utilizem de identificadores visuais. São apresentados os processos de aquisição de insumos e

monitoramento de serviços da construção como também da aplicação de novas tecnologias no setor.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo de campo empregado neste trabalho, apresentando a descrição do empreendimento baseado para a criação das ferramentas propostas e assim o desenvolvimento e aplicação de cada método de forma detalhada.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base na avaliação dos resultados obtidos ao empregar os métodos propostos, como também a usabilidade destes. Avaliaram-se a aplicação dos princípios do sistema de produção enxuta, uma vez que foram embasados para a criação das ferramentas.

O **Capítulo 5** apresenta a as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GERENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS

O gerenciamento de um empreendimento pode ser considerado um sistema composto por diferentes fases que se sobrepõem e que normalmente são interdependentes, sendo estas definidas por estratégia, planejamento e produção. (SUMIDA, 2005)

Detalhado por Gehbauer (2002), todo o gerenciamento de um empreendimento pode ser subdividido em três fases distintas ao longo da sua existência, sendo estes o estudo de viabilidade, a gestão de todo o empreendimento e a administração posterior à construção.

Dentre a primeira fase, caracterizada como estudo de viabilidade, tem-se a concepção do produto, análise do potencial físico e financeiro da empresa, do mercado atual e possibilidades de rendimento e aquisição do terreno. Para a segunda fase, determinada como gestão do empreendimento, engloba-se a elaboração dos projetos técnicos, planejamento, orçamento, legalização, comercialização e execução. Quanto a terceira e última fase, a administração posterior à construção refere-se ao atendimento ao cliente no que diz respeito à manutenção e administração ao longo da vida útil do empreendimento. (GEHBAUER, 2002)

Apresentado por Gehbauer (2002), com o objetivo de otimizar o planejamento e execução de obras, todos os fatores expostos anteriormente são esquematizados, como mostra a figura 1, para a formação do gerenciamento integrado.

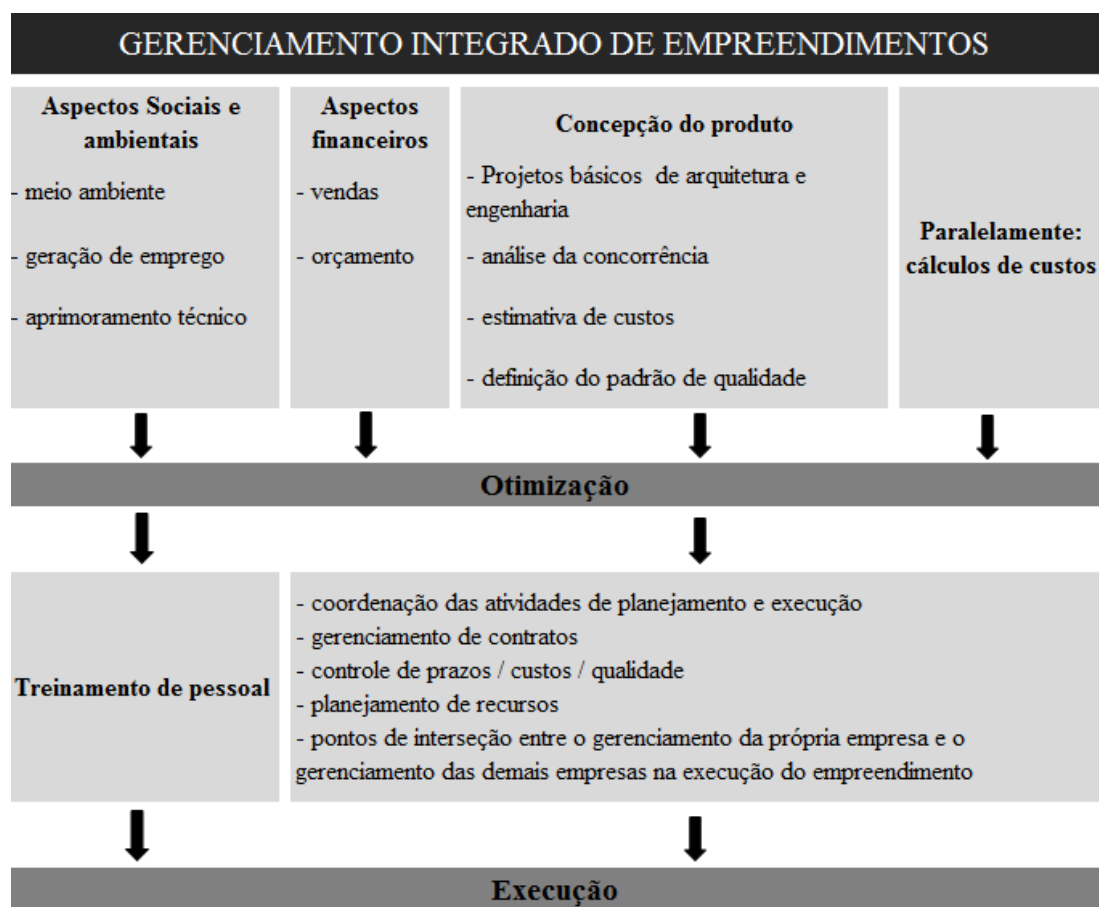


Figura 1. Fluxograma de gerenciamento integrado de empreendimentos (Gehbauer, 2002)

Quando analisado o produto final produzido pela indústria da construção civil, este pode ser caracterizado como de alta complexidade em função do todo o desempenho que deve ter como, capacidade estrutural, resistência ao uso, estanqueidade, isolamentos térmicos, acústicos e de umidades, luminosidade, conforto físico, segurança de uso, entre outros. Devido aos diferentes fatores descritos, a construção de edificações depende de grandes equipes de profissionais, com diferentes graus de formação que trabalhem de forma integrada para proporcionar soluções ao atendimento de uma construção. (MATTOS, 2010)

Enfatizado por Mattos (2010), a construção civil é um atividade que envolve grande quantidade de variáveis e se desenvolve em ambiente particularmente dinâmico e mutável. Por todo o mundo encontra-se ainda a

improvisação nos canteiros de obras, visto a dificuldade de se implementar um gerenciamento adequado.

Como descrito por Vieira (2010) e Mattos (2010), dentro do gerenciamento da produção de um empreendimento, podem ser caracterizados dois grupos de profissionais. O primeiro grupo é composto por encarregados pela execução propriamente dita, partindo de um projeto elaborado e estudado anteriormente, responsáveis por colocá-los em prática no local determinado. O segundo grupo posiciona-se entre os elaboradores dos projetos técnicos e executores, atuantes no planejamento e controle de obras. Este grupo, não tendo a tarefa de projetar e de construir, atua sobre as providências necessárias para que se construa efetivamente dentro de prazos e custos determinados.

Segundo Vieira (2010), dentre o gerenciamento da construção civil, a necessidade da introdução de novos conceitos, técnicas, procedimentos, métodos e processos recorrem a mudanças no pensamento estratégico e na visão sistêmica do setor, encaminhando-se para a implantação de tecnologias de informação que proporcionem um ambiente produtivo e integrado. Dessa forma, primeiramente deve ocorrer a conscientização da necessidade de mudanças no posicionamento, para posterior transformação efetiva.

Ainda descrito por Vieira (2010), culturas históricas equivocadas e enraizadas do setor da construção, deve dar o lugar a uma mentalidade compatível com as características e exigências do mercado consumidor, de aspectos ambientais e competitivos. Entre medidas possíveis de ser citadas estão à implementação de tecnologias de informação, qualificação dos recursos humanos, integração com agentes externos como sistemas de parcerias, cultura na qualidade e foco no cliente. Essa conscientização deve ocorrer primeiramente em nível organizacional e gerencial, para posterior medidas mais restritas a nível operacional.

Quando apontado ao setor de produção, como exposto por Silva e Lapolli (2001), “as peculiaridades da construção civil, referindo-se a baixa

produtividade, alto custo de produção, desqualificação da mão da obra, incerteza quanto a prazo e à qualidade do produto final, vem recebendo cada vez mais críticas quanto ao modo de gerenciamento de processo”.

2.1.1. Planejamento e controle de obras

Segundo Mattos (2010), o planejamento da obra é um dos principais aspectos do gerenciamento de um empreendimento. Ao planejar, o gerente possui de uma ferramenta importante para priorizar ações, fazer o acompanhamento dos serviços, comparar o estágio da obra com a linha de base referencial e em tempo hábil tomar providências quando se detecta algum desvio. A deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra, assim como para a empresa que executa. Uma atividade mal planejada pode acarretar em atrasos e aumento de custos, colocando em risco o sucesso do empreendimento.

O planejamento da execução, como enfatizado por Gehbauer (2002), direcionado para o planejamento prévio, é definido a partir da sua função e seus objetivos. O planejamento prévio da execução tem por função planejar os trabalhos antes do início da obra, definindo-se os métodos construtivos, meios de produção mais adequados em conformidade com todas as condições internas e externas da empresa. O objetivo deste planejamento é ter os menores custos de execução possíveis com os maiores rendimentos.

Gehbauer (2002) subdivide o planejamento prévio em diferentes áreas, sendo estas, planejamento dos métodos de execução, planejamento da obra a partir de um cronograma detalhado, planejamento dos recursos operacionais e financeiros e planejamento do canteiro de obras.

Em meio a recente intensificação da competitividade, globalização dos mercados, novas tecnologias aplicáveis e aumento do grau de exigências dos clientes, em contrapartida com a redução dos recursos financeiros disponíveis, a aquisição de informações e os processos de planejamento e controle possuem

papel fundamental nas empresas pelo forte impacto criado sobre o desempenho da produção. (MATTOS, 2010)

Descrito por Mattos (2010), em meio a estudos realizados no Brasil e no exterior, deficiências no planejamento e no controle da produção estão entre as principais causas da baixa produtividade, elevadas perdas e baixa qualidade de seus produtos no setor da construção civil. Segundo o autor, o ato de planejar garante de certa forma a continuidade da empresa pela capacidade de seus gerentes tomarem decisões certas e rápidas por meio do monitoramento da evolução do empreendimento e do eventual redirecionamento estratégico.

Segundo Costa (2005), define-se planejamento como um “processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle”.

Como considerado por Lima (1998), por décadas o subsetor da construção de edificações preocupou-se em gerenciar apenas funções, deixando de lado o gerenciamento dos seus processos construtivos.

O conceito de planejamento como processo, pode ser seguido a partir do modelo proposto por Laufer e Tucker (1987) *apud* Costa (2005), sendo este subdividido em cinco etapas principais:

- 1) **Preparação do processo de planejamento:** define-se os procedimentos e padrões a serem adotados no processo de planejamento e controle definindo-se principais envolvidos, níveis hierárquicos, periodicidade dos planos, níveis de detalhamento, técnicas e ferramentas de planejamento a serem utilizadas como também tomadas de decisões diretamente relacionadas a produção como planos de ataque e identificação de restrições de atividades macros.

2) **Coleta de informações:** a qualidade do processo de planejamento e controle depende fortemente da disponibilidade de informações para os responsáveis pelas tomadas de decisões;

3) **Elaboração dos planos;**

4) **Difusão das informações:** as informações geradas a partir da elaboração dos planos precisam ser difundidas entre todos os usuários e em todos os setores necessários;

5) **Avaliação do processo de planejamento:** este deve ser avaliado possibilitando a melhoria do processo para futuros empreendimentos como também para o mesmo. Para isso faz-se necessário a utilização de indicadores de desempenho tanto para a produção como também para o processo de planejamento.

Relatado por Santos (2000), dentro de um mercado cada vez mais competitivo, para se obter vantagens, a maneira mais simples é gerenciar o processo produtivo de maneira fácil de se entender. A aplicação de conceitos e ferramentas criadas a partir do pensamento enxuto leva a esse caminho descrito por diferentes autores.

Exposto por Mattos (2010), ao se planejar uma obra, o gestor adquire um alto grau de conhecimento do empreendimento, o que permite uma condução dos trabalhos de forma mais eficiente. Os principais benefícios que a elaboração do planejamento pode trazer são:

- 1) Conhecimento pleno da obra;
- 2) Detecção de situações desfavoráveis;
- 3) Agilidade em decisões;
- 4) Interação com o orçamento;
- 5) Otimização na alocação de recursos;
- 6) Referenciais para acompanhamento;
- 7) Padronização;

- 8) Referências para metas;
- 9) Documentação e rastreabilidade;
- 10) Criação de dados históricos;
- 11) Profissionalismo.

2.2. LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Originado do termo francês *logistique*, o conceito atual de logística segundo Ferreira (2010), trata-se do planejamento e realização de projeto, desenvolvimento, obtenção, armazenagem, distribuição, manutenção e evacuação de materiais, quando relacionado a pessoas recrutamento, incorporação, instrução e adestramento, designação, hospitalização e desligamento e enfim quando direcionado a equipamentos as etapas de aquisição ou construção, manutenção e operação.

Ballou (1993) utiliza o termo "logística empresarial" para designar o estudo de como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores através de planejamento, organização e controle das atividades de movimentação e armazenagem facilitando o fluxo de produtos.

Descrito por Silva (2001), a logística de um empreendimento ou uma função administrativa de uma construtora não deve ser vista exatamente como uma etapa do processo de produção. Segundo Colas (1997), a logística mobiliza diferentes funções dentro de uma empresa como dos setores comercial, de projetos, suprimentos, financeiro, produção não podendo ser incorporado a apenas uma destas funções.

Quando caracterizado as atividades pertencentes à logística de uma empresa, Colas (1997) subdivide em particulares e complementares sendo estas relacionadas à preparação do canteiro e execução de serviços, definição da gestão de informações, elaboração do planejamento e programação da produção,

previsão dos suprimentos necessários, gestão dos fluxos físicos, controle dos avanços, conformidades e atualização do planejamento e por fim gestão dos estoques e suprimentos.

Especificamente para empresas construtoras, Cardoso (1996) apresenta uma subdivisão da logística classificando de acordo com a sua função, sendo estas, logística de suprimentos e logística de canteiro.

A logística de suprimentos é relacionada ao transporte e suprimento de recursos passíveis de serem deslocados necessários para a produção de edifícios, por exemplo, mão de obra, materiais e equipamentos. A logística de canteiro está relacionada ao planejamento e gestão dos fluxos físicos e de informações associadas à execução de serviços dentro do canteiro de obras, sendo as principais tarefas conhecer as datas de início e término dos serviços, os detalhes dos fluxos a serem feitos durante a execução e os mecanismos de controles dos serviços, gestão das interfaces entre agentes que interagem nos processos de produção assim como a gestão física dos locais de trabalho, incluindo a implantação do canteiro de obras, os sistemas de transportes, zonas de estocagem e pré-fabricação e os requisitos de segurança. CARDOSO (1996)

2.3. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A tecnologia da informação, definido por Nascimento et al (2003), trata-se da “tecnologia que envolve a introdução, armazenamento, processamento e distribuição da informação por meios eletrônicos”.

Em meio a construção civil, diferentes barreiras impedem ou dificultam a implementação da tecnologia da informação como descrito por Scardoelli et al (1994):

“A indústria da construção sofre de um grande atraso tecnológico em relação aos demais setores devido à resistência de inovações tecnológicas, emprego de métodos de gestão ultrapassados, excessivo esforço físico e condições adversas de

mão de obra, falta de incorporação de uma nova base de organização de trabalho a partir da tecnologia da informação e mecanismos de gerenciamento das interfaces dos processos.”

Relatado por Sumida (2005) e outros autores, a utilização da tecnologia da informação na construção no Brasil, de maneira geral é semelhante em todo o mundo, sendo especificamente voltados ao uso de softwares para elaboração de projetos técnicos como o CAD (Computer Aided Design) e para sistemas de cálculo estrutural.

Também descrito por Sumida (2005), a tecnologia da informação é normalmente usada para planejamento de obras, controle de estoques e comunicação no canteiro de obras, os quais baseiam suas operações produtivas principalmente em três tipos de comunicação: com o escritório central, com seus fornecedores e com o interior do próprio canteiro de obras.

Segundo Silva et al (2012), o mercado imobiliário atual encontra-se competitivo, com um contínuo aumento no valor dos insumos, impostos e taxas, maior nível de exigência e menor poder aquisitivo por parte dos clientes finais, redução drástica nas vendas e das margens de lucro, tem levado os empresários do setor da construção civil a buscar uma maior agilidade na gestão das informações e assim adotarem ferramentas que atendam essa necessidade de forma organizada, ágil e sistemática para obtenção do resultado esperado dos empreendimentos.

2.4. LEAN PRODUCTION

O sistema de produção enxuta, tradução designada por diferentes autores para o termo original *Lean Production*, tem sua origem do Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido por fundadores e membros da alta diretoria da montadora Toyota, se tornando o meio para a proeminência econômica da indústria japonesa após a segunda guerra mundial, difundindo-se

posteriormente entre as grandes empresas japonesas e pelo mundo. (LIKER, 2005)

Descrito por Womack et al (1992), *Lean Production* consiste da combinação entre as vantagens dos sistemas de produção artesanal e do sistema de produção em massa, anteriormente vigentes pela indústrias em diferentes épocas. Basicamente o sistema *Lean* utiliza de uma mão de obra multiquificada em diferentes setores opondo-se ao sistema artesanal, utilizando também de máquinas com alta flexibilidade e assim variabilidade de produtos, contrário ao sistema de produção em massa.

Contrário à produção em massa, o sistema *Lean* de Produção utiliza:

“metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.” (WOMACK et al, 1992, p. 03).

2.4.1. Sistema Toyota de Produção (STP)

Inicialmente com as crises do petróleo, há mais de três décadas, ocorreram grandes impactos sobre a capacidade competitiva de grandes companhias industriais, havendo assim a necessidade de se encontrar uma forma de prosperar em meio a frequentes condições desfavoráveis e conturbadas de competição. Frente a esse contexto, a Toyota Motor Company destacou-se por manter um ótimo desempenho frente a muitas dificuldades. (JUNIOR, 2010)

Em meio a diversos estudos realizados após a constatação do promissor desempenho da Toyota, como descrito por Junior et al (2010), foi reconhecido que a montadora se utilizava de um conjunto de princípios, métodos

e técnicas, entre elas *Just-in-Time* e *Kanban*. Aplicadas de forma encadeada, os resultados satisfatórios proviam da sinergia entre os diversos elementos do que o somatório das contribuições isoladas de cada meio. (Ghinato 1995 apud Junior 2010)

Para o entendimento da história do desenvolvimento da empresa Toyota e de seu sistema de produção, tem-se a importância de se conhecer as histórias das principais personalidades envolvidas na fundação e gerenciamento da empresa. De forma enxuta, Sakichi Toyoda foi o criador dos primeiros princípios anteriores a fundação da própria empresa, o filho Kiichiro Toyoda fundador da Toyota Motor Company, idealizador do sistema *Just-in-Time*, Eiji Toyoda, primo de Kiichiro, presidente e diretor da empresa nas fases iniciais da criação do Sistema Toyota de Produção (STP), Taiichi Ohno, vice presidente da empresa e criador do sistema *Kanban* e Shigeo Shingo, criador de ferramentas e técnicas fundamentais relacionada a qualidade. Estas foram personalidades importantes e que deixaram legados hoje conhecidos como Sistema Toyota de Produção. (JUNIOR ET AL, 2010)

O desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, como descrito por Junior et al (2010) e outros autores, é resultado de visitas de líderes a frente da Toyota a montadoras nos Estados Unidos, em específico a Ford e General Motors, com o propósito de se estudar os sistemas produtivos, em grande referência de produtividade a época. Em todos os estudos realizados pelos japoneses, e em meios as crises devido a Segunda Guerra Mundial, o sistema de produção em massa não se encaixaria ao mercado reduzido e a demanda fragmentada. Com poucos recursos e escasso capital, a Toyota precisava encontrar uma maneira de produzir de forma a girar rapidamente o dinheiro investido na fabricação dos veículos.

Descrito por Liker (2005), como forma de representar as práticas enxutas dentro do sistema proposto, Fujio Cho, membro da alta diretoria da Toyota, desenvolveu uma representação do modelo baseado em uma casa, em

que cada elemento tem seu valor e são importantes em todo um contexto. O modelo é apresentado pelas seguintes estruturas:

- a) **Alicerce:** estabilidade criada pelo trabalho com estoque mínimo criando o senso de urgência e comprometimento dos trabalhadores. A base do sistema consiste da redução máxima do desperdício em todos os aspectos;
- b) **Pilares:** representados pelo *Just in Time*, produção e entrega apenas do necessário quando necessário, e pela automação, definição para uma automação com o “toque humano”.
- c) **Centro da estrutura:** pessoas voltadas à melhoria contínua;
- d) **Cobertura:** objetivos voltados a melhor qualidade, menor custo, maior segurança e motivação através da redução do fluxo de produção pela eliminação das perdas.

2.4.2. Just in Time

Descrito por Picchi (2003), dentro do Sistema Toyota de Produção um dos pilares que suportam o sistema é o *Just in Time*, tratando-se de um sistema em que algo somente é produzido no momento necessário, puxado pela demanda do processo anterior e por último pelo cliente final.

O sistema *Just in Time* baseia-se no *Heijunka* como fundação e assim constituído por três elementos operacionais, sendo estes: sistema puxado, takt time (tempo de produção disponível dividido pela demanda do cliente) e fluxo contínuo. (MARCHWINSKI ET AL, 2008)

Definido por Marchwinski et al (2008), *Heijunka* é definido como o nivelamento do tipo e quantidade a ser produzido durante um tempo fixo, permitindo que a produção atenda de forma eficiente as demandas dos clientes evitando a formação de lotes, resultando-se em mínimos estoques, capital de

custos, mão de obra e menores tempos de produção por meio de todo o fluxo de valor.

O sistema *Just in Time* visa à eliminação de todo o desperdício para se obter a melhor qualidade, menor custo e utilização de recursos, menor produção e prazos de entrega. Embora o princípio seja simples, para sua efetiva implementação, exige-se grande disciplina. (LEXICO LEAN, 2011)

Complementado por Junior et al (2007), o sistema *Just in Time* respalda-se por um conjunto de normas e regras instituindo e gerenciando um ambiente produtivo que garanta a sincronização dos processos desde a matéria-prima até o consumidor final. Segundo o autor, esta sincronização entre os processos pode ser obtida através do sistema *Kanban*.

2.4.3. Sistema Kanban

Originado do Sistema Toyota de Produção, descrito por Junior et al (2007), a ideia de um controle visual denominado *Kanban*, surgiu da falta de respostas para o problema de produção demasiada, justificado por não existir uma maneira de se manter a produção baixa ou prevenir uma superprodução.

O criador do método *Kanban*, ex-vice-presidente da Toyota, Taiichi Ohno, teve a concepção a partir do sistema de supermercados americanos, no qual a mercadoria é retirada apenas quando o cliente necessita e essa é repostada somente quando é consumida, sendo assim um sistema projetado para que se assegure que seja produzida apenas a quantidade de itens necessários, por meio da alimentação puxada do processo. (JUNIOR, 2007)

Descrito diferentes autores (MARCHWINSKI et al, 2008 e OHNO 1997), *Kanban* é um dispositivo de sinalização que dá autorização e instruções para a produção ou transporte de itens em um sistema do tipo puxado (pull system). A tradução literal para o termo em japonês é “sinal” ou “tabuleta”.

Segundo Junior (2007), “o sistema *Kanban* caracteriza-se fundamentalmente por ser informal, simples e de fácil compreensão; ser de gerenciamento visual e ser realizado pelos próprios funcionários”. Para que funcione de forma válida, são necessários um ambiente participativo e comprometimento entre funcionários e empresa.

Explicitado por Marchwinski et al (2008), o sistema de cartões *Kanban* são o exemplo mais conhecido e mais comum deste sistema. Muitas vezes são pedaços de cartolina, às vezes protegido em envelopes de plástico transparente, com informações a respeito do nome e número da peça, fornecedor externo ou interno, quantidade, local de armazenamento e consumidor final dentre todo o processo. Na impressão do cartão, pode ser utilizado de código de barras para rastreamento ou faturamento automático.

Além de forma de cartões, o sistema *Kanban* pode ser feito em placas metálicas triangulares, coloridas, em forma de círculos, sinais eletrônicos ou qualquer outro dispositivo que possa transmitir a informação necessária, evitando a introdução de instruções errôneas. (MARCHWISKI ET AL, 2008)

Conforme descrito por Ohno (1997), Liker (2005), Junior et al (2007) e outros autores, as principais características de funcionamento do sistema *Kanban* original são:

- a) Pull System – trabalhar com a produção puxada;
- b) Controlar a produção de forma descentralizada;
- c) Limitar o nível máximo de estoque;
- d) Usar sinalizadores para ordem de produção e para autorização de transferência de materiais.

Segundo Marchwinski et al (2008), Pull System trata-se de um método de controle de produção em que as atividades a jusante sinalizam as suas necessidades para as atividades a montante. Descrito por Junior (2007), em um sistema puxado, é mantido certa quantidade de estoque entre duas operações consecutivas, sendo a sua reposição ordenada pelo processo posterior, na mesma

proporção consumida. Quando materiais são transportados sob o pedido do processo posterior este sistema é considerado puxado.

Quanto ao controle da produção de forma descentralizada, Junior (2007), caracteriza a atribuição do autocontrole do que está sendo fabricado aos encarregados pelos próprios funcionários em consequência da utilização do processo de produção puxado e do uso de cartões que representam as ordens de produção e requisições de materiais, sendo assim a produção monitorada de forma descentralizada e visual.

Para que o sistema Kanban funcione de forma efetiva, é necessário o seguimento das seguintes regras expostas por Marchwinski et al(2008):

- a) A quantidade de mercadorias encomendadas pelos clientes deve ser especificada no *Kanban*.
- b) O fornecedor deve produzir a quantidade e na sequência especificada de mercadorias descritas no *Kanban*.
- c) Materiais ou produtos não podem ser produzidos ou movimentados sem um *Kanban*.
- d) Todas as peças e materiais sempre apresentarão um *Kanban* anexado.
- e) As peças defeituosas e quantidades incorretas nunca são enviadas a processos posteriores.
- f) O número de cartões *Kanban* é reduzido com cautela, tornando assim o inventário menor e podendo assim revelar problemas existentes.

2.4.4. Sistema Andon

Especificado por Kamada (2009), o *Andon* é uma importante ferramenta de gestão visual quando as anormalidades ocorrem, pois ajuda na situação de “parar e notificar as anormalidades”.

Segundo Marchwinski et al (2008), *Andon* é o termo do japonês para “lâmpada” e tipicamente é um luminoso com linhas de números que correspondem às estações de trabalho ou máquinas, e servem para detectar um problema nessas estações.

De acordo com o que descreve Ohno (1997), o modelo inicial de *Andon* é formado por um quadro indicador da linha de produção fixado de forma visível aos envolvidos, constituindo um controle visual. Quando as operações estão normais uma luz verde fica acionada e quando um operário precisa ajustar alguma coisa ou tem algum problema, ele solicita ajuda acionando uma luz amarela. Se for necessário parar a linha para corrigir um problema, a luz vermelha será acionada. Para que as anomalias sejam completamente eliminadas, os operários não podem ter receio de parar a linha.

Baseado nos pilares do Sistema Toyota de produção, o uso do *Andon* prevê um controle quase que autônomo da produção, onde a ferramenta pode provocar paradas de linha, mas com monitoramento humano, promovendo uma grande interação entre homem e máquina. Conforme descrito por diferentes autores, a automação aplicada de forma em que máquinas e colaboradores identificam erros e interrompem rapidamente o processo. (PISANESCHI ET AL, 2005)

Pisaneschi et al (2005) salienta a importância que apenas a implantação do sistema *Andon* não basta para que sejam alcançados os resultados esperados, sendo de extrema importância o comprometimento da liderança na cobrança dos resultados.

O painel *Andon* mais atual aplicado a indústrias é constituído por lâmpadas, representando visualmente todos os postos de trabalho da linha de montagem e das sub-montagens. Para cada estágio de trabalho da linha principal existem três posições, branca ou verde (lâmpadas da cadência), amarelo e vermelho. No momento que o operador aciona a botoeira, a lâmpada amarela acende e um som estridente ecoa pela fábrica, informando ao líder do setor e ao supervisor que aquele estágio está enfrentando uma dificuldade, pois algum tipo de problema apareceu. Depois de certo tempo, se nada for feito para se eliminar o problema, a lâmpada vermelha acende e toda a linha da montagem pára, começando-se a tocar uma música que é ouvida por todo o setor. A linha de montagem parada significa que todos os processos anteriores também irão parar, sendo as que se encontram em fluxo contínuo ou puxados por *kanban*. (KAMADA, 2009)

Segundo Kamada (2009), a importância da lâmpada amarela trata-se da liderança ter um tempo finito para agir, seja uma contenção para que o problema não passe adiante ou com uma solução definitiva através de atitudes preventivas à parada da linha. A lâmpada vermelha indica a todos que o problema não foi resolvido, e que o posto não deve passar o problema adiante. O *Andon* apontando oposto parado desencadeia a vinda de toda a equipe de apoio, das áreas de engenharia, manutenção, qualidade, suprimentos, gerência e diretoria, e o problema então é levado aos níveis superiores. Da mesma maneira este grupo tenta resolver paliativamente ou definitivamente.

Visando melhorar a cadência da produção e a qualidade dos produtos eliminando perdas desnecessárias e defeitos indesejáveis, Pisaneschi et al (2005) define os tipos de perdas que o sistema de *Andon* é capaz de atuar para a eliminação sendo estes:

- 1) Superprodução, ou seja, produzir mais do que o necessário, pode ser controlado à medida que o sistema pode informar a todos quais

são os volumes reais de produção em tempo real mantendo a supervisão de produção alerta aos volumes requeridos.

- 2) Os defeitos, resultantes de falhas no processamento ou por peças com problemas, uma vez que a linha de produção para se ocorrerem devido ao mau funcionamento de equipamento, montagem inadequada detectada ou ainda pelo próprio operador ao identificar qualquer anomalia nas peças ou operações que realiza.
- 3) A espera, decorrente do desbalanceamento de operações ou equipamentos, aguardo de atendimento quando enfrentado algum problema.
- 4) O retrabalho, resultado de erros operacionais ou peças defeituosas, sendo assim minimizados com a solução antes que o produto passe para o estágio seguinte. O primeiro passo é a prevenção dos defeitos.

2.5. LEAN CONSTRUCTION

Originado do Sistema Toyota de Produção, esta nova filosofia de gestão de produção para a construção civil, teve como marco inicial a publicação *Application of the new Production philosophy in the Construction industry* de Lauri Koskela (1992), do *Technical Research Center* da Finlândia. Como forma de disseminar esse novo paradigma, criou-se posteriormente o IGLC – International Group for *Lean Construction*. (NASCIMENTO, 2009)

Segundo Formoso (2002), a *Lean Production* está direcionado à identificação e eliminação das perdas não apenas a produtos defeituosos, mas também a perdas de recursos, mão de obra e equipamentos em atividades que não geram valor.

Quando comparado o sistema de produção original estudado, *Lean Production*, ao sistema proposto para a construção, *Lean Construction*, temos

que o primeiro modelo baseia-se no fluxo de montagem, enquanto que o segundo modelo foca-se também no fluxo de materiais, informações e de trabalho, atividades que não agregam valor, mas que estão diretamente relacionados ao custo e tempo da mão de obra. (NASCIMENTO, 2009).

Segundo Formoso (2002), a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a *Lean Production* e por consequência *Lean Construction* é principalmente conceitual, sendo a grande e mais importante mudança a introdução de uma nova de visualizar os processos.

O modelo tradicional dominante na construção civil define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos em produtos intermediários como alvenaria, estrutura, revestimentos ou produtos finais como edificação. Neste modelo, os processos podem ser subdivididos em sub-processos de conversão assim o esforço para redução do custo total é focado na minimização em cada sub-processos separadamente, associado apenas ao custo ou valor de seus insumos. (FORMOSO, 2002)

As principais insuficiências apresentada pelo modelo de conversão são a existência de atividades de fluxo de materiais e de mão de obra entre as atividades de conversão e que não são explicitamente consideradas. Em processos como a construção de edificações, grande parte dos custos são originados pelos fluxos físicos, que ao contrário das atividades de conversão, estas atividades não agregam valor. (FORMOSO, 2002)

Divulgado por Formoso (2002), atualmente estima-se que cerca de dois terços do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão nas operações que não agregam valor como o transporte, espera por entrega de materiais, retrabalhos, entre outras atividades.

Quanto ao controle de produção e esforços de melhorias, tendem a ser focados individualmente sob os sub processos e não no sistema produção total. Excessivas melhorias em atividades de conversão, principalmente por meio de inovações tecnológicas pode prejudicar a eficiência dos fluxos e de outras

atividades de conversão, deteriorando a melhoria sistema global. (NASCIMENTO, 2009)

Quanto aos requisitos dos clientes, o modelo tradicional de produção pode não considerar com grande eficiência, resultando em produtos inadequados, podendo ser cliente final assim como clientes internos. Um exemplo predominante na construção civil pode ser representado por uma equipe de trabalho ao executar um serviço com eficácia, facilitando o trabalho de equipes subsequentes. (FORMOSO, 2002)

O modelo de processo da Construção Enxuta consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, constituído por atividades de transporte, espera, processamento ou conversão e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo. Atividades de processamento agregam valor ao produto, mas em casos que as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo, existe a necessidade de retrabalho, dessa forma atividades de processamento foram executadas sem agregar valor. O conceito de valor está vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos. (FORMOSO, 2002)

O modelo proposto por Formoso (2002) é aplicável não apenas aos processos de produção, mas também a processos de natureza gerencial, como planejamento e controle, suprimentos, projeto, entre outros. No caso de processos gerenciais, ao invés de materiais e insumos, ocorre o transporte, espera, processamento e inspeção de informações.

2.5.1. Princípios da Lean Construction

Apresentado por Koskela (1992), o *Lean Construction* propõe uma mudança de conceito para o processo de produção a partir da aplicação de onze princípios que integram entre si, sendo estes:

- 1) Redução de parcelas de atividades que não agregam valor;
- 2) Aumento do valor do produto considerando-se as necessidades dos clientes;
- 3) Redução da variabilidade;
- 4) Redução do tempo de ciclo;
- 5) Simplificação a partir da redução do número de passos ou partes;
- 6) Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7) Aumentar a transparência do processo;
- 8) Focar o controle no processo global;
- 9) Estabelecer uma melhoria contínua no processo;
- 10) Introduzir melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões;
- 11) *Benchmarking*.

Descrito por Nascimento (2009), a mudança do sistema de produção com a aplicação dos princípios propostos, aumenta a competitividade entre empresas com a identificação e eliminação de perdas, não apenas de produtos defeituosos, mas também de recursos, mão de obra e equipamentos em atividades que não geram valor.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. INFORMAÇÕES GERAIS DO EMPREENDIMENTO

Empreendimento: Residencial Solar de Algarves

Localização: Rua Pioneiro Romeu Pardini 161, Zona 28, Maringá, PR.

Área total do terreno: 4.042,15 m²

Área total construída: 18.409,29 m²

Número de torres: 2

Número de pavimentos por torre: 20 pavimentos (18 pavimentos tipo mais duplex)

Número de habitações: 152 apartamentos

Área privativa apartamento padrão tipo: 67 m²

Complexo de lazer composto por salão de festas com churrasqueira, salão de festas gourmet, piscina, sauna, academia, sala de jogos, brinquedoteca e playground.



Figura 2. Projeção em 3D do empreendimento analisado em construção

3.2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO

3.2.1. Datas de início e término do empreendimento

Data de início da obra: Outubro de 2011

Data prevista para término e entrega da obra: Outubro de 2014

3.2.2. Diferenciais do empreendimento

Ao adquirir uma unidade do empreendimento, o cliente obteve o opcional de escolha entre cozinha tipo americana (balcão em alvenaria separando cozinha da sala) ou fechada e o opcional de dois ou três quartos, alterando apenas o tamanho da sala.

Todos os apartamentos apresentam churrasqueira na sacada, com sistema de exaustão integrado.

Outro diferencial apresentado trata-se de instalações de infra de ar condicionado para a sala e quartos, sendo entregue com o aparelho montado na suíte. Junto da área de serviço, compõem-se a laje técnica para instalação dos condensadores e aquecedor a gás.

3.2.3. Sistema estrutural do empreendimento

O sistema estrutural da edificação é composto por lajes nervuradas com uso de cubetas plásticas para as áreas dos apartamentos e lajes maciças para sacadas e áreas comuns, sistema de pré-vigas no qual as vigas são montadas em solo e concretadas parcialmente para posterior içamento com a grua, posicionando-as sobre as fôrmas dos pilares montadas no local final. Todo o pedido de ferragens da estrutura foi realizado em corte e dobra direto da

indústria, sendo programadas as entregas com no mínimo duas semanas de antecedência.

As etapas de concretagem são constituídas em concretagem das pré-vigas em solo, após tempo de cura pré-determinada içamento das vigas até o local final entre os pilares com as fôrmas montadas, concretagem dos pilares até a cabeça interligando as pré-vigas, montagem e concretagem das lajes juntamente com a parte superior pendente das vigas.

Todo o concreto utilizado na obra foi fornecido por usina local terceirizada e este transportado dos caminhões betoneira para vigas e pilares através da grua e para as lajes por meio de caminhão bomba, tubulações e mangotes, devendo estes ser programados com a concreteira com no mínimo uma semana de antecedência.

3.2.4. Sistemas de vedação do empreendimento

As vedações verticais dos apartamentos são compostas por paredes de alvenaria comum e emboço de argamassa de cimento e cal nas paredes externas, áreas molhadas e divisórias entre diferentes apartamentos e em gesso acartonado para paredes que dividem suíte, terceiro quarto e sala.

Todas as divisórias em forro dos apartamentos foram executadas com gesso acartonado.

Para o revestimento de piso, têm-se a instalação de piso cerâmico nas áreas molhadas e piso laminado na sala e quartos.

3.2.5. Sistemas de instalações do empreendimento

As instalações de água fria e esgoto foram executados com PVC comum, tubulações de recalque e água quente em PPR e tubulações de gás no sistema de multicamadas.

Os apartamentos possuem medição individual do consumo de água, instalados hidrômetros nos halls de cada andar.

3.2.6. Equipes de trabalho na gerência da produção

A equipe de trabalho responsável pelo gerenciamento e fiscalização dos serviços sendo executados é composta por um (1) engenheiro civil residente, um (1) mestre de obras, quatro (4) contramestres subdivididos em torres e serviços, um (1) estagiário de engenharia de produção, dois (2) estagiários de engenharia civil e uma (1) técnica de segurança.

Feito o levantamento do número de funcionários diretamente ligado a produção, tem-se em média quarenta (40) funcionários registrados pela construtora e cinquenta (50) funcionários terceirizados.

3.3. FERRAMENTA 1 – PROGRAMAÇÃO DE AQUISIÇÃO DE INSUMOS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO (AÇO CORTADO E DOBRADO E CONCRETO USINADO)

Observando-se a dificuldade de se controlar a programação dos pedidos de ferragens cortadas e dobradas pela indústria, apenas pelas trocas de emails entre engenharia e fornecedor, analisaram-se e assim identificaram-se os seguintes fatores influenciadores a serem considerados:

1) Insumos como aço cortado e dobrado pela indústria precisam de programações antecipadas, variando de duas a três semanas de antecedência da data prevista de entrega;

2) A aquisição de grandes séries de ferragens (por exemplo, armaduras de vigas, pilares e lajes de lajes tipo) sem analisar o andamento da produção, resulta em estoques acumulados na obra, sofrendo sob os intempéries

ocasionando corrosão superficial do material e em um faturamento financeiro possível de serem postergados, se pedidos em datas futuras.

3) Insumos como concreto usinado, quando em volumes consideravelmente grandes como para lajes, precisam ser programados com mais de uma semana de antecedência.

4) O acompanhamento das programações de concretagens de diferentes peças estruturais pode auxiliar no controle das ferragens a serem requisitadas para as próximas peças estruturais.

Avaliados todos os fatores descritos, teve-se a necessidade de se criar uma ferramenta que retorne informações quanto a datas programadas para entrega de ferragens, datas das entregas realizadas, datas de programação e concretagem de lajes, assim como identificações de fácil visualização quando programados, entregues e concretados conjuntos de peças estruturais.

Para uma melhor visualização e análise de todos os envolvidos e por existirem muitas informações a serem reproduzidas, optou-se pelo desenvolvimento da ferramenta em formato de mural.

Para marcação de datas, criaram-se quadros com identificação do tipo de peça com um campo para data programada e abaixo para data da entrega como pode ser observado pela figura 3. Aplicou-se o mesmo modelo de quadro de marcação para datas de programação e concretagem de lajes (Figura 4).

Quanto à identificação de pedidos, entregas e concretagens montou-se uma projeção da edificação, dividindo-se em campos para marcação em cores das diferentes peças estruturais, para cada pavimento e em cada torre (Figura 5). Definiu-se as seguintes cores para cada condição do pedido:

- a. Pedido realizado com o fornecedor – verde;
- b. Pedido entrega na obra – vermelho;
- c. Peça estrutural concretada – preto;

VIGAS		LAJE	
Prog.		Prog.	
Entrega		Entrega	

Dup. Inferior	PILARES	
	Prog.	
	Entrega	

Figura 3. Quadros para demarcação de datas programadas e entregues de ferragens

Dup. Inferior	CONCRETAGEM	
	Prog	
	Concreto	

Figura 4. Quadros para demarcação de datas programadas e concretagem de lajes

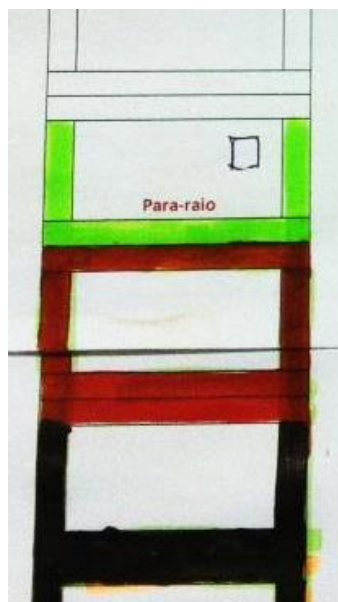


Figura 5. Identificação visual da situação atual de conjuntos de peças estruturais

Aproveitando-se dos espaços disponíveis da ferramenta, utilizou-se para a obra em específico a marcação dos andares em que ocorreu a ancoragem

da grua na torre A (Figura 6), marcação de aterramentos elétricos especiais indicados pelo projetista com a escrita em vermelho “para-raio”) e posicionamento de banheiros móveis em patamares de escadas com um quadrado (Figura 7).

16° Tipo	CONCRETAGEM	
	Prog	06/12/12
	Concreto	

ANC. GRUA

15° Tipo	CONCRETAGEM	
	Prog	23/12/12
	Concreto	

Figura 6. Identificação do pavimento a ser ancorada a grua

Dup. Superior	PILARES		☐
	Prog.		
	Entrega		

Dup. Inferior	PILARES		☐
	Prog.		
	Entrega		

18° Tipo	PILARES		☐
	Prog.	13/12/12	
	Entrega		

Para-raio

Para-raio

Figura 7. Identificação de instalações de aterramento elétrico diferenciado e posicionamento de banheiros móveis

A partir da figura 8, é possível analisar a ferramenta como um todo, identificando-se o posicionamento de cada campo a ser demarcado, visualizar o andamento de pedidos, entregas e concretagens que estão ocorrendo naquele instante de análise da produção.

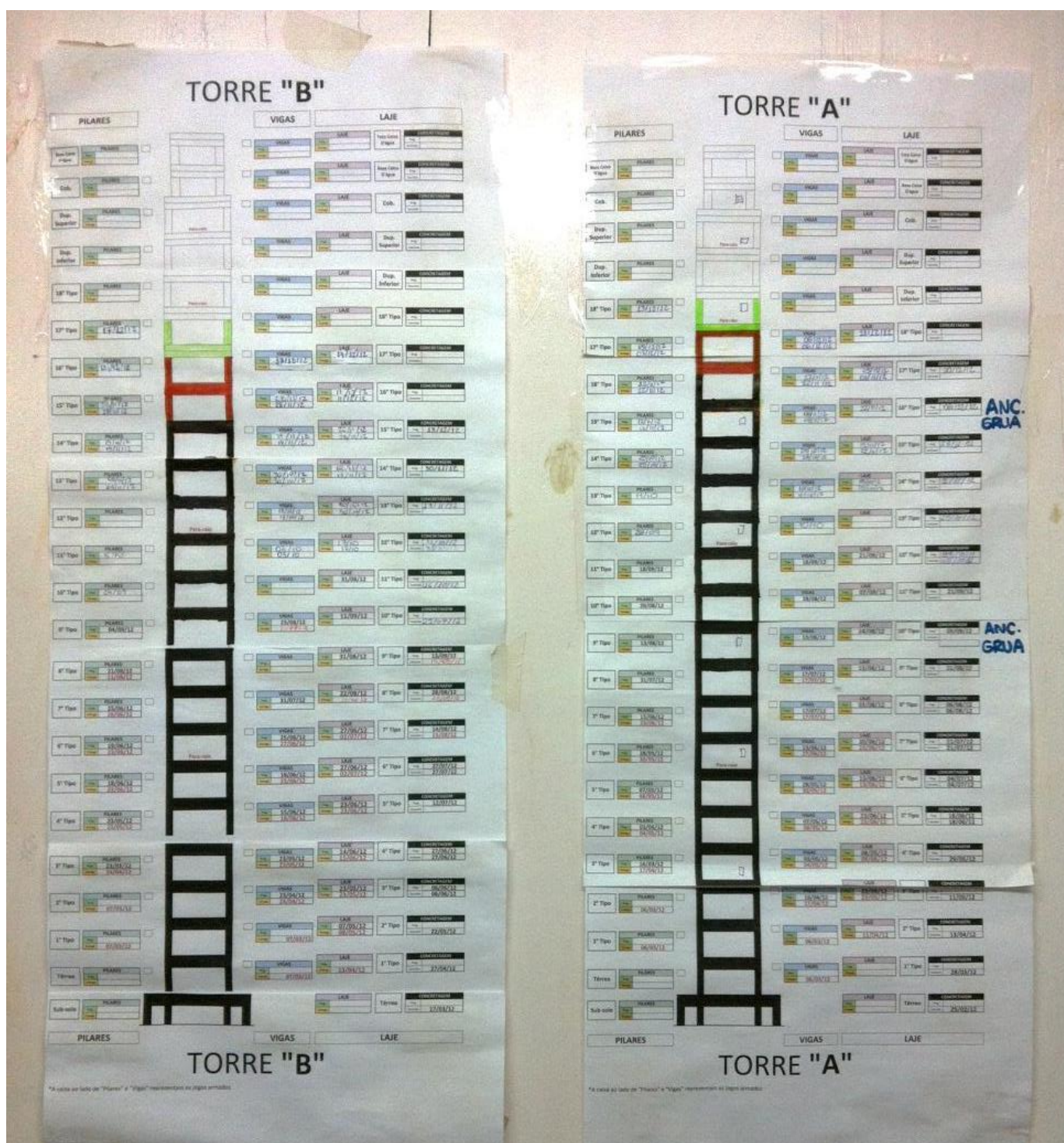


Figura 8. Visualização geral da ferramenta um fixada na parede

3.4. FERRAMENTA 2 – MONITORAMENTO E MEDIÇÃO DE SERVIÇOS REALIZADOS

A construção de edificações em sistemas de empreendimento, em sua normalidade apresenta prazos apertados para execução e entrega da obra, trabalhando-se com diferentes e grandes volumes de serviços ao mesmo tempo.

Devido a esses diferentes fatores, têm-se a necessidade de um maior monitoramento dos serviços a serem executados e a necessidade de se avaliar e estudar o andamento de todas as atividades ao mesmo tempo, que seja mais fácil à visualização por parte da equipe de gerência da produção e pela equipe de planejamento da construtora.

Pensando-se em uma forma de controlar a marcação dos serviços sendo executados em diferentes unidades, para este caso específico de apartamentos, inicialmente identificaram-se todas as atividades macros em retângulos, dentro de um espaço para cada apartamento e andar do edifício. (Figura 9)

As atividades definidas como macros para a primeira parte da ferramenta são:

- 1) Alvenaria;
- 2) Drywall;
- 3) Instalação de Gás;
- 4) Contramarco Externo;
- 5) Contramarco Interno;
- 6) Talisca para reboco;
- 7) Embonecamento banheiros;
- 8) Chapisco;
- 9) Emboço interno;
- 10) Contrapiso;
- 11) Impermeabilização;

- 12)Impermeabilização Laje técnica com manta;
- 13)Forro de gesso;
- 14)Azulejo;
- 15)Piso cerâmico;
- 16)Soleiras em granito;
- 17)Pingadeiras em granito;
- 18)Esquadrias de alumínio;
- 19)Massa corrida;
- 20)Pintura;
- 21)Colocação de batentes;
- 22)Colocação de portas;
- 23)Colocação de louças;
- 24)Instalação de piso laminado;
- 25)Colocação de metais;
- 26)Granito dos Boxes – chuveiros;
- 27)Instalação da infraestrutura ar condicionado;
- 28)Instalação do guarda corpo sacada;
- 29)Instalação do gradil – Laje técnica;
- 30)Instalação churrasqueiras – sacada;
- 31)Limpeza parcial;
- 32)Limpeza fina para entrega.

No espaço disponível para demarcação do número de apartamentos, indicam-se os opcionais escolhidos pelo cliente durante a compra do apartamento (número de quartos e tipologia da cozinha) e informações adicionais quando necessário, por exemplo, diferenciais de apartamentos (aumento da suíte e redução da sala). Quando marcadas informações diferentes do modelo de apartamento padrão, coloca-se a escrita em cor vermelha para maior destaque, como mostrado na figura 9.

1° Tipo	106															
	3 QUARTOS								COZINHA ABERTA							
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENTO	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADEIRA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA P/ REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHURRASQUEIRA
	105								2 QUARTOS							
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENTO	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADEIRA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA P/ REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHURRASQUEIRA

Figura 9. Visualização dos quadros identificadores e de demarcação para atividades macros

Para os serviços a serem realizados nos halls (área comum) de cada pavimento, criou-se um espaço específico com as seguintes demarcações:

- 1) Alvenaria;
- 2) Assentamento de Siporex (bloco de concreto auto clavado) nas escadas - resistência ao fogo;
- 3) Assentamento de Siporex – miolo da escada;
- 4) Chapisco;
- 5) Taliscamento para emboço;
- 6) Emboço;
- 7) Central de gás;
- 8) Batente porta corta-fogo;
- 9) Porta corta-fogo;
- 10) Contrapiso;
- 11) Colocação de piso cerâmico;
- 12) Instalação de soleiras de granito;
- 13) Forro em drywall;
- 14) Emboço poços elevadores;
- 15) Massa corrida poços elevadores;
- 16) Pintura poços elevadores;
- 17) Instalação de prumadas de gás;
- 18) Instalação de corrimãos – escadas.

100 - HALL			
ALVENARIA	CENTRAL DE GÁS	PISO	EMBOÇO POÇO ELEVADOR
SIPOREX	BATENTE PORTA CORTA	SOLEIRA	PORTA CORTA FOGO
CHAPISCO	EMBOÇO		SIPOREX MIOLO DA ESCADA
TALISCA	CONTRAPISO	MASSA CORRIDA	CORRIMÃO
	FORRO	PINTURA	PRUMADA GÁS

Figura 10. Visualização dos quadros de demarcação para atividades macros – halls de entrada

Para serviços relacionados a instalações hidráulicas e de prevenção contra incêndio, criou-se uma nova planilha, como mostrado pela figura 11 e destacados os itens abaixo para os apartamentos tipo:

- 1) Passagem em lajes antes da concretagem;
- 2) Prumadas esgoto e pluviais;
- 3) Redes horizontais de esgoto;
- 4) Ramais de água fria e água quente;
- 5) Ligações horizontais de ramais de água fria;
- 6) Ligações horizontais de ramais de água quente;
- 7) Drenos de ar condicionado;
- 8) Instalação de louças;
- 9) Instalação de metais.

Relacionado às áreas comuns dos andares tipos:

- 1) Prumada recalque;
- 2) Prumada de incêndio;
- 3) Prumada água fria;
- 4) Caixas de abrigo – hidrômetros;
- 5) Instalação de hidrômetros;
- 6) Caixa de abrigo – hidrante;
- 7) Instalação registro hidrante;
- 8) Instalação mangueiras e acessórios hidrante;

1° Tipo	106					HALL - 100			
	PASSAGENS LAJE	REDES HORIZONTAIS DE ESGOTO	RAMAIS DE AGUA Q/F - ALVENARIA	LIGAÇÃO RAMAIS AGUA FRIA	PRUMADA DE ESGOTO				
	INSTALAÇÕES DE LOUCAS	INSTALAÇÕES DE ACABAMENTOS E	INSTALAÇÕES DE ACESSÓRIOS EM	LIGAÇÃO RAMAIS AGUA QUENTE	DRENOS DE AR CONDICIONADO	PRUMADA RECALQUE	PRUMADA INCENDIO	PRUMADA AGUA FRIA	INSTALAÇÃO DE MANGUEIRA E
	105					CAIXA HIDROMETRO	CAIXA INCENDIO	INSTALAÇÃO HIDROMETRO	INSTALAÇÃO DE HIDRANTE - REGISTRO
	PASSAGENS LAJE	REDES HORIZONTAIS DE ESGOTO	RAMAIS DE AGUA Q/F - ALVENARIA	LIGAÇÃO RAMAIS AGUA FRIA	PRUMADA DE ESGOTO				
	INSTALAÇÕES DE LOUCAS	INSTALAÇÕES DE ACABAMENTOS E	INSTALAÇÕES DE ACESSÓRIOS EM	LIGAÇÃO RAMAIS AGUA QUENTE	DRENOS DE AR CONDICIONADO				

Figura 11. Visualização dos quadros de demarcação para instalações hidráulicas

Para serviços relacionados a instalações elétricas, criou-se uma terceira aba compondo os seguintes itens para o apartamento tipo e possíveis de serem visualizados pela figura 12:

- 1) Tubulação e caixas na alvenaria;
- 2) Tubulação e caixas de teto;
- 3) Fixação de quadros de distribuição (elétrico e telefônico);
- 4) Tubulação e caixas de drywall;
- 5) Passagem de fiação elétrica;
- 6) Passagem de fiação rede local (telefone, antena e interfone);
- 7) Montagem dos quadros de distribuição;
- 8) Montagem de tomadas;
- 9) Acabamentos;

Para as áreas comuns:

- 1) Prumada elétrica;
- 2) Prumada rede local;
- 3) Tubulação e caixas de parede;
- 4) Tubulação e caixas de teto;
- 5) Caixas elétricas condomínio;
- 6) Quadros geral (elétricos, telefônicos, antena);
- 7) Câmera de vigilância.

1° Tipo	106					HALL - 100			
	TUBULAÇÃO ALVENARIA	TUBULAÇÃO TETO	FIXAÇÃO QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	TUBULAÇÃO DRYWALL	TUBULAÇÃO FORRO	PRUMADA ELETRICA	PRUMADA REDE LOCAL	CAIXA DO CONDOMINIO 30X30	TUBULAÇÃO PAREDE
	PASSAGEM DE FIO ELETRICO	PASSAGEM DE FIO REDE LOCAL	MONTAGEM QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	MONTAGEM DE TOMADAS	ACABAMENTOS	TUBULAÇÃO TETO	CAIXA DE PASSAGEM ANTENA	QUADRO DE TELEFONE	QUADRO DE INTERFONE
	105							CAMERA DE VIGILÂNCIA	
	TUBULAÇÃO ALVENARIA	TUBULAÇÃO TETO	FIXAÇÃO QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	TUBULAÇÃO DRYWALL	TUBULAÇÃO FORRO				
	PASSAGEM DE FIO ELETRICO	PASSAGEM DE FIO REDE LOCAL	MONTAGEM QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	MONTAGEM DE TOMADAS	ACABAMENTOS				

Figura 12. Visualização dos quadros de demarcação para instalações elétricas

Baseando-se no modelo de identificação visual através de cores como proposto por diferentes ferramentas da *Lean Production*, a demarcação da situação atual de um serviço quando vistoriado com a ferramenta segue o princípio abaixo e apresentado pela figura 13:

- a) Amarelo – serviço sendo executado no momento que o verificador passou pelo local;
- b) Verde – serviço concluído sem pendências;
- c) Cinza – serviço concluído parcialmente, dependente de um outro serviço ser executado para que possa dar andamento e assim ser concluído;
- d) Vermelho – serviço realizado e que deve ser reparado ou refeito, passível de abertura de não conformidade dentro do sistema da qualidade (avaliado pelos responsáveis);



Figura 13. Identificação das cores para demarcação de serviços

Como demonstrado pela figura 14, em um mesmo apartamento, observa-se a existência de diferentes situações para diversos serviços em andamento no momento de fiscalização.

1803 3 QUARTOS									COZINHA ABERTA						
ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENTO	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADEIRA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA
DRY WALL	CONTRAM. INT.	TALISCAPI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHURRASQUEIRA
1804 3 QUARTOS									COZINHA ABERTA						
ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENTO	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADEIRA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA
DRY WALL	CONTRAM. INT.	TALISCAPI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHURRASQUEIRA

Figura 14. Marcação dos serviços realizada no dia 18/11/2013

Por meio da figura 15, observa-se a aplicação da ferramenta pela equipe de engenharia da obra.



Figura 15. Membro da equipe de engenharia realizando o monitoramento dos serviços

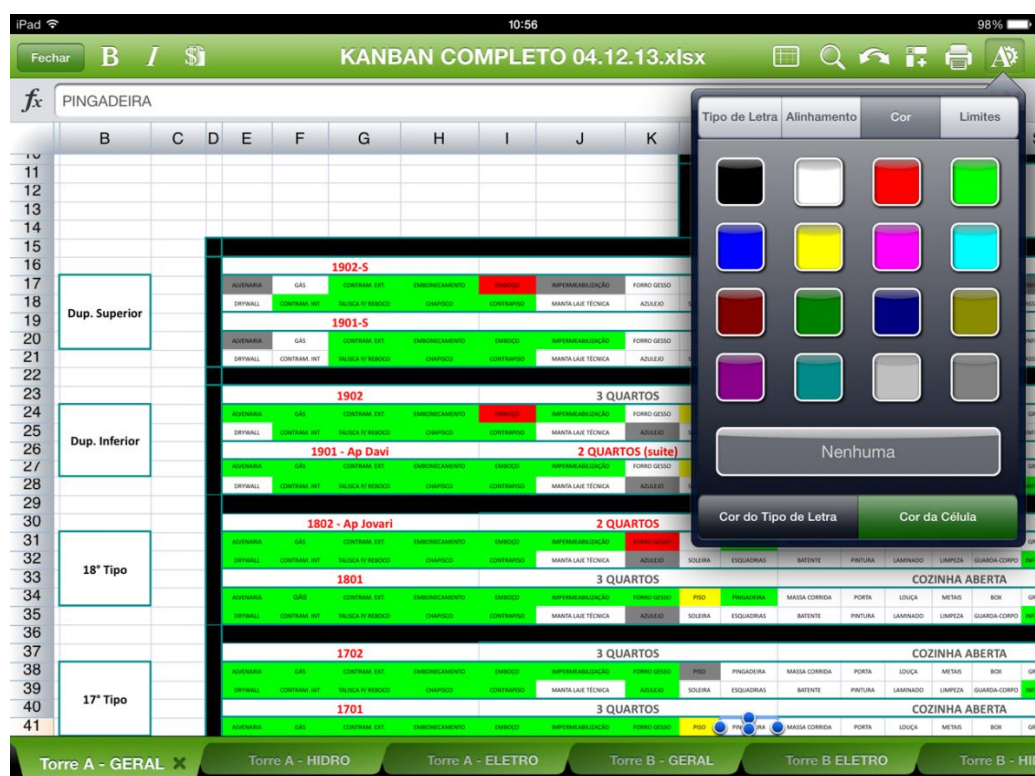


Figura 16. Imagem da ferramenta sendo utilizada no tablet

3.5. FERRAMENTA 3 – MONITORAMENTO DE ATIVIDADES MACROS CONCLUÍDAS EM MURAL

Baseado no resultado da aplicação da segunda ferramenta proposta neste trabalho (monitoramento de serviços executados), observou-se a importância da exposição da situação atual de cada serviço controlado e da divulgação de informações importantes de cada unidade a ser construída, para todos os envolvidos a gerência da produção dentro do canteiro de obras. Uma vez que poucos dentro do canteiro têm acesso a smartphones, tablets e a computadores, a definição da ferramenta em forma de mural atende satisfatoriamente e de forma fácil a todos que precisam ter acesso.

Em razão da dificuldade de se manter atualizado a ferramenta impressa em mural com todas as marcações em diferentes cores, optou-se por manter demarcadas apenas as atividades macros concluídas, ou seja, colorir os retângulos apenas na cor verde. (Figura 17 e figura 18)

CAIXA D'AGUA	
BARRILHETE / COBERTURA	
2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099	2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099

Figura 17. Ferramenta sendo utilizada para a primeira torre (Torre A)

9º Tipo	902 2 QUARTOS (AUMENTO SUÍTE)														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			
8º Tipo	901 3 QUARTOS														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			
7º Tipo	802 3 QUARTOS														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			
	801 3 QUARTOS														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			
	702 2 QUARTOS (APTO. DIFERENCIADO)														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			
	701 3 QUARTOS														COZINHA ABERTA				
	ALVENARIA	GÁS	CONTRAM. EXT.	EMBONECAMENT. O	EMBOÇO	IMPERMEABILIZAÇÃO	FORRO GESSO	PISO	PINGADERA	MASSA CORRIDA	PORTA	LOUÇA	METAIS	BOX	GRADIL	LIMPEZA FINA			
	DRYWALL	CONTRAM. INT.	TALISCA PI REBOCO	CHAPISCO	CONTRAPISO	MANTA LAJE TÉCNICA	AZULEJO	SOLEIRA	ESQUADRIAS	BATENTE	PINTURA	LAMINADO	LIMPEZA	GUARDA-CORPO	INFRA AR	CHUVA-SQUEBRA			

Figura 18. Detalhamento da ferramenta sendo utilizada – Torre A

A partir da figura 19, pode ser observada a demarcação da ferramenta em mural pelo mestre de obras do empreendimento.



Figura 19. Mestre de obras marcando atividades concluídas na terceira ferramenta proposta

Pela figura 20, apresenta-se a segunda ferramenta proposta sendo utilizada em diferentes meios eletrônicos, em sincronia com a terceira ferramenta.

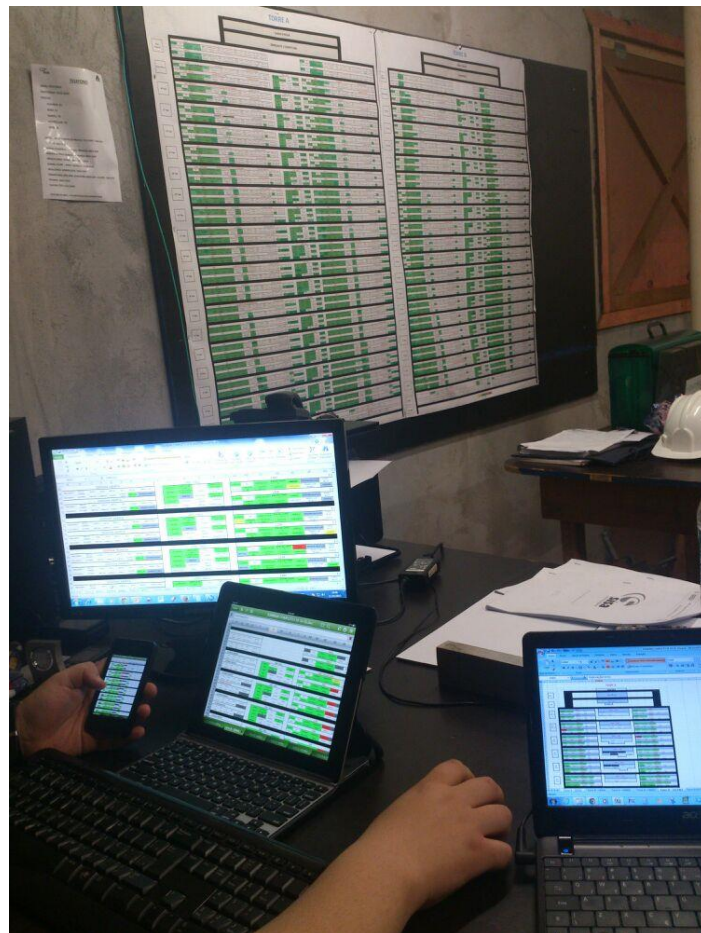


Figura 20. Ferramentas propostas sendo utilizadas em diferentes meios

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentadas as análises de cada ferramenta criada e assim suas avaliações quanto à utilidade e amplitude das informações obtidas, usabilidade e identificação dos princípios da produção enxuta baseados em seus desenvolvimentos.

4.1. FERRAMENTA UM

A partir da aplicação da primeira ferramenta proposta, observou-se que a exposição das datas de programação de ferragens e concreto usinado para lajes auxiliam na maior comunicação entre envolvidos e assim no maior controle e acompanhamento das atividades a serem executadas.

O planejamento a curto prazo da entrega das ferragens e do concreto para lajes, exposto em forma de mural, tornam o sistema de produção no canteiro de obras de forma puxada, fazendo com que as equipes trabalhem focadas nas datas e assim nos prazos definidos pela gerência, para cada serviço relacionado a estrutura do empreendimento.

Quanto à disseminação das informações, como exemplo, para que um encarregado de ferragens, um encarregado de fôrmas e concretagens ou o mestre de obras precisasse saber a data de chegada da ferragem de um determinado andar ou de uma concretagem de laje, não era necessário questionar a equipe de engenharia, apenas visualizando a ferramenta, estes poderiam obter todas as informações questionadas.

Por se tratar de uma ferramenta em formato de mural e todas as condições atuais das programações, entregas e concretagens serem apresentadas em diferentes cores, o controle pelos programadores torna-se mais fácil, rapidamente sendo identificadas pendências de programações, atrasos de entregas, andamento de concretagens entre as duas torres como também o

acompanhamento do progresso de execução da montagem de ferragens, fôrmas e concretagens dos conjuntos de peças estruturais. Partindo da programação regularizada, têm-se o fluxo das atividades de forma contínua, não ocorrendo a paralização de serviços por falta de materiais.

Observando-se as demarcações do andamento das concretagens e programações, tem-se a elevação dos andares de forma padronizada, tendo-se a concretagem de laje semanalmente em torres alternadas, e o visível progresso das atividades sendo executadas.

Realizado a programação das ferragens considerando os prazos estipulados pela usina para entrega do material até a obra, pode-se visualizar a aplicação do sistema *Just in Time*, visto que a ferragem chegava à obra com um prazo aproximado de uma semana antes da concretagem, tempo necessário para que a equipe de montagem realizasse todo o serviço até que realizasse o posicionamento para concretagem. Dessa forma não ocorriam acúmulos de armaduras montadas e o faturamento financeiro do material passou a ser próximo da data de uso na obra. Para que ocorresse dessa forma, era necessário que a indústria de corte e dobra de ferragens atendesse a empresa dentro dos prazos pré-estabelecidos, não podendo ocorrer atrasos consideráveis nas entregas. Caso ocorressem, acarretariam em um possível atraso das atividades da obra.

Pela ferramenta apresentar o esquema de todos os pavimentos de cada torre e o andamento das concretagens, lajes especificadas pelo projetista elétrico que apresentavam aterramento diferenciado (interligação do aterramento entre as vigas de extremidade formando um anel) foram demarcados no mural e com a proximidade da execução destas vigas em específico, a equipe de instalações elétricas poderiam ser alertadas das necessidades dos serviços.

4.2. FERRAMENTA DOIS

Para a segunda ferramenta proposta, inicialmente observou-se a padronização e agilidade na marcação do andamento das atividades. Após a vistoria realizada nas duas torres, todas as informações obtidas eram encaminhadas aos interessados, engenheiro executor e equipe de planejamento, pelo simples envio por email da ferramenta formatada em planilha de Excel.

Sendo realizadas vistorias com a ferramenta em média duas a três vezes por semana, por meio das marcações em amarelo para serviços sendo executados, tinha-se o acompanhamento próximo do real para cada atividade macro definida, podendo-se assim avaliar a produtividade das equipes de trabalho para cada serviço sendo executado e assim compará-las ao planejado.

Quando realizadas marcações de quadros em vermelho, estes eram avaliadas pelo responsável da vistoria juntamente com os encarregados da obra, contra-mestre da torre e mestre de obras, em seguida encaminhado para o setor da qualidade e engenheiro responsável da obra para avaliação da possível abertura de não conformidade.

Sendo criado e salvo um novo arquivo para cada vistoria realizada, mantinham-se assim registrados as datas das ocorrências de não conformidades da qualidade. Assim como no sistema *Andon*, quando acionado a iluminação em vermelho, os gerentes ou responsáveis pela determinada atividade devem tomar as devidas providências para a solução do problema, evitando uma possível parada dos processos, no caso, atividades a serem executadas posteriormente.

Durante a construção do empreendimento avaliado, serviços internos dos apartamentos são executados anteriores a serviços externos relacionados aos de fachadas. Quando criados os campos para marcações, atividades como impermeabilização não foram consideradas separadamente para diferentes locais, exemplificando áreas molhadas de cozinha e banheiros como partes internas e piso de sacadas como externos. Assim como para o caso da impermeabilização,

diferentes atividades não poderiam ser marcadas como concluídas, apenas demarcando como parciais na cor cinza. Devido à diferença de atividades dependentes e andamentos durante toda a execução de serviços internos e externos, a demarcação separada resultaria em uma melhor visualização e acompanhamento individual. Para uma melhor padronização e redução de marcações errôneas, optou-se por marcar apenas atividades consideradas internas, criando-se posteriormente uma nova ferramenta para as atividades externas.

Sendo classificadas as atividades em geral como macros, serviços de hidráulica e serviços de elétrica, os campos de cada classificação foram separados em abas na ferramenta em formato de planilha de Excel. Quando realizadas demarcações de serviços macros, de hidráulicas e de elétricas em um apartamento, faz-se necessário à troca de abas, tornando assim a usabilidade da ferramenta prejudicada, devido a necessidade de se localizar novamente a unidade medida e a ativação dos ícones para coloração dos campos.

A grande quantidade de itens a serem verificados em cada grupo, exige um maior comprometimento e cuidado por parte de quem realiza a inspeção, uma vez que diferentes atividades ocorrem ao mesmo tempo em uma unidade avaliada e em diferentes condições apresentadas.

Tendo-se descrito as definições e diferenciações no topo de cada unidade de apartamento na ferramenta para atividades macros, equipes de monitoramento dos serviços com a ferramenta em mãos e no local prescrito, podem confirmar e garantir a execução dos itens de escolha dos clientes definidos para a execução, assim evitando-se possíveis retrabalhos se executados em desacordo.

4.3. FERRAMENTA TRÊS

Analisando-se a terceira ferramenta criada, observa-se a existência do fluxo de informações a respeito das atividades macros sendo executadas em todo o empreendimento e a todos que tem acesso ao escritório de engenharia, sendo engenheiros, estagiários, mestre de obras ou encarregados.

Em um primeiro modelo montado para a terceira ferramenta, marcavam-se os campos das atividades com as diferentes cores determinadas na segunda ferramenta deste trabalho. Como este terceiro método trata-se de um mural, seria necessário um funcionário para realizar apenas demarcações e a pintura de um mesmo quadro com cores sobre outras cores não mantendo a padronização e qualidade necessárias. Devido a isso, optou-se pela marcação apenas de atividades concluídas, ou seja, campos coloridos em verde. A partir do andamento da obra, podem ser analisados as marcações de cada atividade em cada pavimento, identificando-se aquelas que se apresentam adiantadas ou atrasadas.

Descrito em campos para cada apartamento do empreendimento na terceira ferramenta, a identificação de diferenciais e opcionais escolhidos pelos clientes finais auxiliam encarregados e equipes de trabalho a divulgarem e confirmarem as informações, evitando-se a dependência de um gerente dentro da obra para repassar informações necessárias para execução de uma unidade devido a definições de projeto. O fluxo das informações a respeito de cada apartamento colaboram para a não realização de retrabalhos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das ferramentas propostas neste trabalho são um conjunto de esforços realizados por profissionais da engenharia civil e da engenharia de produção, em busca de meios que atendam as necessidades do mercado da construção civil, pelo máximo levantamento e fluxo de informações sobre o setor da produção no canteiro de obras.

Assim como os setores industriais apresentam constante crescimento, o setor da construção civil deve se aperfeiçoar desde as linhas de produção como também seus métodos de monitoramento e controles gerenciais, foco do desenvolvimento deste trabalho.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em meio a criação dos métodos proposto neste trabalho, focando-se em um máximo controle da execução de empreendimentos, faz-se necessário avaliar a inclusão de informações a respeito da equipe executora, tendo-se assim a rastreabilidade dos responsáveis pela atividade, seja este funcionário próprio ou terceirizado.

Quando realizadas demarcações em vermelho para serviços, a definição descrita no quadro não identifica em detalhes o ocorrido, sendo assim necessário um novo campo para detalhamento ou a inclusão de imagens do respectivo local e serviço em irregularidade.

Para a segunda ferramenta proposta, sendo esta definida para serviços internos dos apartamentos, faz-se necessário o desenvolvimento para serviços realizados externos no empreendimento como para fachadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais e Distribuição Física**. São Paulo: Atlas, 1995. 338 p. Trad. Yoshizaki, Hugo.

CARDOSO, Francisco F. Importância dos Estudos de Preparação e da Logística na Organização dos Sistemas de Produção de Edifícios. In: **1º Seminário Internacional: Lean Construction**. São Paulo, 1996.

COLAS, René et al. **Pour Une Logistique des Chantiers**. Collection Recherche. Paris: Plan Construction e Architecture, 1997.

COSTA, Dayana B. **Medição de desempenho para empresas da construção civil**. Goiânia: NORIE/UFRGS, 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1ª edição (12ª impressão), 2010.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction, Princípios Básicos e exemplos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Núcleo orientado para a renovação da edificação, 2002.

GEHBAUER, Fritz. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha**. Curitiba : CEFET-PR, 2002.

GONÇALVES, Carolina. **Estudo do Ipea aponta que déficit habitacional caiu 12% em cinco anos.** Reportagem divulgada pela Agência Brasil – 18 de maio de 2013. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-05-18/estudo-do-ipea-aponta-que-deficit-habitacional-caiu-12-em-cinco-anos>>. Acesso em: 11/10/2013.

HARRIS, Rick, HARRIS Chris e WILSON Earl. **Fazendo Fluir os Materiais.** Lean Institute Brasil. Versão 1.0 , 2004.

JUNIOR, MURIS L. **Evolução e avaliação da utilização do sistema *Kanban* e suas adaptações: Survey e estudos de caso.** Universidade Federal de São Carlos – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, 2007.

KAMADA, Sérgio. **Como operar um “Andon”.** Lean Institute Brasil. Versão 1.0. 2009.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Technical Report. Finlândia: CIFE, 1992.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico lean:** glossário para praticantes do pensamento lean. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011.

LIKER, JEFFREY K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

NAKAMURA, Juliana. **Canteiro Digital** – Artigo técnico divulgado na revista Técnica – Editora Pini – Edição 182 – Dezembro de 2011. Disponível em:

<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/182/artigo287947-2.aspx>> Acesso em: 11/10/2013.

MARCHWINSKI, Chet; SHOOK John; SCHROEDER, Alexis. **Lean Lexicon** – a graphical glossary for Lean Thinker – USA :The Lean Enterprises Institute, Inc. Versão 4.0 , 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Editora Pini, 2010.

NASCIMENTO, A. C. M. **Lean Construction – Planejamento e Controle em Obras de Edificações**. Niterói: Universidade Federal Fluminense – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Monografia de especialista em gestão em construção civil, 2009.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PICCHI, FLÁVIO A. **Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção**. Artigo para a revista Ambiente Construído – ANTAC. Campinas: Unicamp, 2003.

PISANESCHI, D. et al. **Otimização da produção com o Andon System**. Taubaté – São Paulo: Monografia apresentada para conclusão do módulo Lean Manufacturing – MBA em Gerência de produção e tecnologia. 2005.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando Fluxo Contínuo**. Lean Institute Brasil. Versão 1.0, 2002.

SILVA, Diogo V. S.; SANTOS, F.A.; NETO, Pedro S. **Os benefícios do uso de Kanban na gerência de projetos de manutenção de softwares.** VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI),2012.

SILVA, Márcio Fernandes de Andrade da; LAPOLLI, Edis Mafrá. **Aplicação do gerenciamento de processos na construção civil.** Salvador, BA. 2001. 8p. Encontro Nacional de Engenharia de Produção/ International Conference on Industrial Engineering and Operations Management , Salvador, 2001. Artigo técnico.

SUMIDA, Roberto. **Modelo de acompanhamento de obras baseado em indicadores.** Dissertação de Mestrado. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2005.

VIEIRA, HELIO F. **Logística aplicada à construção civil – Como melhorar o fluxo de produção das obras - 1ª Edição – Editora Pini – 2010.**

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