NERO LENOTTI ZANOTTI

**PADRONIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS E MELHORIA CONTÍNUA
COMO FATORES DE AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO**

São Paulo

2018

NERO LENOTTI ZANOTTI

Padronização de processos produtivos e melhoria contínua como fatores de aumento da produtividade na construção

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Flavio Leal Maranhão.

São Paulo

2018

NERO LENOTTI ZANOTTI

Padronização de processos produtivos e melhoria contínua como fatores de aumento da produtividade na construção

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientador: Prof. Dr. Flavio Leal Maranhão.

São Paulo

2018

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Zanotti, Nero Lenotti

Padronização de processos produtivos e melhoria contínua como fatores de aumento da produtividade na construção / N. L. Zanotti -- versão corr. -- São Paulo, 2018.

113 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Melhoria Contínua 2.Padronização de processos 3.Lean Construction
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

À minha família

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Flávio, pela sua crença em meu trabalho e confiança em minha pessoa. Aos professores da Escola Politécnica, que me ensinaram com excelência a engenharia, em especial: Francisco Cardoso, Mercia Bottura, Vitor Aly, Silvio Melhado, Eduardo Toledo, Hermes Fajersztajn, Orestes Gonçalves e Antonio Figueiredo.

Aos meus pais, Doni e Rita, que sempre acreditam em minha capacidade, porém nunca deixaram de me cobrar os estudos. Aos meus avós paternos e maternos, que construíram a base da minha família e seguem como exemplos para as próximas gerações. E ao meu irmão Dante, meu consultor em todos os momentos decisivos da minha vida.

Aos meus queridos amigos de infância, Henrique, Igor, Paulo e Gabriel, que sempre me alegraram nos momentos mais difíceis. Aos meus amigos da Poli, Broz, Destri, Carioca, Marcelão, Matheus e Caio, por seguirem como os melhores companheiros após a formatura. Aos meus colegas de mestrado, que trilharam junto este caminho comigo. E ao Thomás, pelas longas discussões após as aulas e que topou fazer parte da representação discente comigo.

Agradecimentos especiais aos meus estagiários, Diego, Ana, Felipe, Sergio, Gabriela e Maurício, que fizeram este trabalho ser possível. Aos amigos e colegas que fiz na carreira profissional: Max, Ramon, Eduardo, Erik, Indira, Marcelo, Sandra, Maximiliano, Eudes, Rondineli e Mário, que me ensinaram muito.

E por último e mais importante, à minha esposa Michelle e ao filho Romeu, que se dedicaram o tanto quanto eu para a realização deste sonho ao abrir mão de seu tempo comigo e pela força que me deram nos momentos que queria desistir.

RESUMO

A Construção Civil é conhecida como uma das indústrias com mais baixa produtividade da mão de obra se comparada com as demais indústrias. Entre os diversos fatores para tal baixa produtividade, a gestão é apontada como o maior deles. Como alternativa para melhorar a produtividade da mão de obra na construção, foram estudados dois temas: padronização de processos produtivos e melhoria contínua. Este trabalho tem como objetivos: descrever o processo de implantação destes dois temas em uma obra de infraestrutura, evidenciar as vantagens de sua aplicação, propor uma metodologia prática de integração entre padronização de processos produtivos e melhoria contínua, e por fim, consolidar os temas estudados. A metodologia para cumprir esses objetivos utilizou-se de uma revisão bibliográfica sobre Lean Construction, que serviu como base para aplicação dos conceitos, melhoria contínua, produtividade de mão de obra e padronização de processos de produção e uma pesquisa-ação, na qual o autor participou ativamente da pesquisa. Durante a pesquisa, foram desenvolvidos um formulário para captura de melhorias realizadas pelas equipes de produção chamado de *Kaizen* e procedimentos operacionais para padronizar os processos de produção. O impacto da aplicação destas ferramentas foi medido na produtividade da mão de obra em diversas equipes de produção de dutos. Como resultado houve um aumento da produtividade nas equipes, uma menor variabilidade da produção e a diminuição de interrupções da produção. Por fim, é feita uma proposta de integração prática dos conceitos apresentados.

Palavras-Chave: Melhoria contínua. Produtividade. *Lean Construction*. Padronização de processos.

ABSTRACT

Civil Construction industry is known as one of the less productive compared to other industries. Among many factors for such low productivity, the management is pointed as the major one. As an alternative to enhance labor productivity in the construction industry, two topics were researched: standardization of production procedures and continuous improvement. The objective of this research is: describe the process of execution of these two topics in an infrastructure construction project, to evidence the vantages of its application, propose a useful methodology to integrate the standardize production procedures and the continuous improvement, and at last, consolidate the both researched topics. The methodology to fulfill these objectives was a literature review about Lean Construction, which is the foundation to the application of the two concepts, continuous improvement, labor productivity, standardization of production procedures and an action research, that the author had an actively participation. During the research, it was developed a form to capture the improvements made by the production teams called *Kaizen* and operational procedures to standardize production processes. The impact of this tools' application was measured at the labor productivity rate in different pipeline production teams. As a result, there was an increase of productivity in all teams, a decrease in the production variability and the decrease of production time interruptions. At the end, it is made a proposition of useful integration of the concepts researched.

Keywords: Continuous improvement. Lean construction. Productivity. Process standardization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico comparativo entre o PIB nacional e da construção.....	17
Figura 2 - Gráfico comparativo entre pessoas ocupadas e saldo de empregos na construção (elaborado pelo próprio autor com informações do CAGED).....	17
Figura 3 - Evolução da produtividade brasileira.....	18
Figura 4 - Produtividade do trabalho em dólares americanos comparando vários países.....	19
Figura 5 - Componentes do CUB ao longo do tempo.....	20
Figura 6 - Produtividade medida por valor agregado por hora trabalhada, valores considerando o ano de 1995 igual a 100	21
Figura 7 - Importância da tecnologia para produtividade e competitividade	22
Figura 8 - Distribuição por temperatura dos países que mais produzem publicações sobre LC per capita	30
Figura 9 - Visão da construção como atividade.....	31
Figura 10 - Visão da construção como fluxo.....	33
Figura 11 - Diferença entre visão tradicional e LC.....	34
Figura 12 - Redução do tempo desperdiçado com a realização de melhorias ao longo do tempo	38
Figura 13 - Exemplo de fluxograma de processo de construção.....	47
Figura 14 - Foto de satélite da implantação da obra	50
Figura 15 - Número de equipes de adutora na frente de serviço AAB	52
Figura 16 - Lçamento de estaca prancha para contenção da vala	53

Figura 17 - Escavação da vala	54
Figura 18 - Estroncamento da contenção.....	55
Figura 19 - Preparação do lastro de areia para assentamento do tubo.....	56
Figura 20 - Lançamento do tubo.....	56
Figura 21 - Soldagem entre dois tubos.....	57
Figura 22 - Reaterro com envoltória de areia compactada.....	58
Figura 23 - Retirada do estroncamento da vala.....	59
Figura 24 - Reaterro da vala.....	60
Figura 25 - Retirada das estacas prancha para reaproveitamento.....	61
Figura 26 - Formulário de Kaizen	67
Figura 27 - Exemplo de indicador de produtividade utilizado na obra	73
Figura 28 - Exemplo de indicador de interferências construtivas	74
Figura 29 - Exemplo de indicador de produção	75
Figura 30 - Formulário de kaizen preenchido pela equipe.....	76
Figura 31 - Situação antes do kaizen	77
Figura 32 - Ferramenta desenvolvida pela própria equipe através do PMC.....	78
Figura 33 - Processo de produção da montagem de tubos parte 1	79
Figura 34 - Processo de produção da montagem de tubos parte 2.....	80
Figura 35 - Folha de processo da atividade de solda	82
Figura 36 - Evolução dos kaizens na atividade	84
Figura 37 - Estratificação dos desperdícios encontrados	85

Figura 38 - Replicabilidade dos kaizens	86
Figura 39 - Finalidade dos kaizens.....	87
Figura 40 - Produção de adutora por metro linear	88
Figura 41 - Horas-homem gastas com interferências construtivas.....	90
Figura 42 - Porcentagem do tempo gasto com produção.....	90
Figura 43 - RUP direta com interferências construtivas	93
Figura 44 - RUP direta sem interferências construtivas	93
Figura 45 - Variações da RUP direta com interferências construtivas.....	95
Figura 46 - Variações da RUP direta sem interferências construtivas.....	95
Figura 47 – RUP direta acumulada	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de evolução da MC	41
Tabela 2 - Escopo do M-PPC	45
Tabela 3 - Comparativo entre as empresas componetes do consórcio construtor ...	49

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
ICC	Indústria da Construção Civil
LC	Lean Construction
LP	Lean Production
MC	Melhoria Contínua
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Programa de Melhoria Contínua
RUP	Razão Unitária de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1. Introdução	16
1.1. Contexto e Justificativa	16
1.2. Objetivos	23
1.3. Método científico	23
1.4. Estrutura da dissertação	25
2. Revisão bibliográficas	27
2.1. <i>Lean Construction</i> como sistema de produção na construção.....	27
2.1.1. História	27
2.1.2. Construção como fluxo	31
2.1.3. Conceitos e definições.....	33
2.2. Melhoria contínua.....	40
2.3. Padronização de processos de produção	43
3. Pesquisa-ação	48
3.1. Contextualização do consórcio construtor.....	48
3.2. Caracterização da obra	50
3.3. Caracterização da atividade estudada	51
3.4. Planejamento	61
3.4.1. Programa de melhoria contínua.....	62
3.4.2. Padronização de processo de produção	63
3.4.3. Material de treinamento	64

3.4.4. Método para coleta de dados	65
3.5. Implementação.....	67
3.5.1. Dificuldades de execução encontradas	68
3.5.2. Coleta da Produtividade	72
3.5.3. Melhoria contínua	75
3.5.4. Mapeamento do Processo construtivo.....	78
3.6. Avaliação dos resultados	83
3.7. Considerações finais.....	97
4. Conclusões	100
5. Referências	102
Anexos	104

1. Introdução

1.1. Contexto e Justificativa

A partir de 2006, a construção civil brasileira teve crescimento, em termos de produto interno bruto, maior que a média em relação ao PIB brasileiro, como pode ser visto na figura 1, que compara o PIB nacional ao PIB da Indústria da Construção Civil. Chegou até mesmo a crescer em momentos onde o PIB do país foi negativo, como no caso de 2009. Porém, após o ano de 2014, o crescimento passou a ser negativo e maior em relação ao PIB brasileiro.

Esta situação de crescimento negativo do PIB da construção civil é refletida na quantidade de pessoas ocupadas e no saldo de empregos do setor, como pode ser visto na Figura 1, que diminuiu drasticamente neste período devido à crise no setor devido à crise no setor da construção que iniciou no ano de 2014.

Figura 1 - Gráfico comparativo entre o PIB nacional e da construção

Fonte: elaborado pelo próprio autor com informações do CAGED

Figura 2 - Gráfico comparativo entre pessoas ocupadas e saldo de empregos na construção (elaborado pelo próprio autor com informações do CAGED)

Fonte: elaborado pelo próprio autor com informações do CAGED

Já olhando o contexto da construção nacional sob a ótica da produtividade, o estudo da CBIC (2014) evidencia uma estagnação do crescimento da produtividade brasileira, tanto relacionado ao trabalho quanto ao capital durante os anos de 2007 a 2012, como mostrado na Figura 1.

Uma consequência direta dessa perda de dinamismo da construção pode ser avaliada pela perda de produtividade quem vem sendo medida em diversas pesquisas setoriais. Uma delas o trabalho desenvolvido pela Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC) em que se comparou o trabalho e o capital entre os anos de 2007 e 2014. Além disso, mostrou que a Produtividade Total dos Fatores (PTF) das empresas de construção civil apresentou declínio médio de 0,4% no mesmo período de pesquisa CBIC (2014). A queda da PTF indica uma perda de eficiência do setor, ou seja, ao analisar empresas em seu conjunto, conclui-se que, apesar do forte crescimento do nível de atividade nos anos recentes, o setor perdeu produtividade, como pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 - Evolução da produtividade brasileira

Período	Produtividade do Trabalho	Produtividade do Capital	Produtividade Total dos Fatores
2007/2012	-0,2%	-0,5%	-0,4%
2007/2010	-1,2%	1,4%	0,0%
2010/2012	1,3%	-3,3%	-1,0%

Fonte: CBIC (2014)

Em outra pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), verifica-se que o Brasil, quando comparado com outros países, apresenta uma produtividade do trabalho cerca de cinco vezes menor que os Estados Unidos, e inferior a países da América Latina como Argentina e México, como mostrado na figura 4.

Figura 4 - Produtividade do trabalho em dólares americanos comparando vários países

Fonte: CNI (2014)

A produtividade da mão de obra ganha ainda mais peso quando analisamos o gráfico da figura 5 que quantifica o CUB (Custo Unitário Básico), indicador que mede o custo médio da construção no Brasil. Ele é calculado e divulgado pelo Banco de Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, e desde 2009 tem apontado uma alteração importante na composição do índice. A partir deste ano, é possível notar um aumento da porcentagem relativa à mão de obra e uma diminuição relativa a material, até que a partir de 2011 a parcela mão de obra representa a maior porcentagem do índice e continua a crescer continuamente nos anos seguintes.

Figura 5 - Componentes do CUB ao longo do tempo

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com os dados da CBIC

A consequência deste fato é a produtividade da mão de obra ter uma importância cada vez maior nos custos da construção, uma vez que seu impacto tem maior relatividade na composição do índice.

Desde 2014, houve uma desaceleração expressiva do crescimento setorial. E uma vez que o mercado da construção passe a crescer de forma mais moderada, a obtenção de ganhos de produtividade tende a ser, cada vez mais, um meio sustentável de melhor remunerar trabalhadores e empresários. Enfim, na atual conjuntura, a atenção se volta para o canteiro de obras, pois é lá que se concretizam os avanços na produtividade e outras questões ganham relevo: o planejamento e gestão efetiva dos processos produtivos, o emprego de novas tecnologias e a qualificação dos trabalhadores, segundo CBIC (2014).

No entanto, quando se compara a produtividade da Indústria da Construção Civil (ICC) no mundo todo, de modo geral, ela cresce menos que o restante da economia e menos ainda que a indústria de manufatura, como apontado por McKinsey&Company (2017) e mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Produtividade medida por valor agregado por hora trabalhada, valores considerando o ano de 1995 igual a 100

Fonte: Adaptado de McKinsey&Company (2017)

Em pesquisa realizada pela FGV junto a 159 empresas de construção relacionados à produtividade e competitividade, Cunha e Costa (2014) destacaram as três tecnologias mais importantes para o tema quanto ao seu foco: gestão; processos e equipamentos associados à industrialização da produção; outros processos e equipamentos.

Figura 7 - Importância da tecnologia para produtividade e competitividade

Fonte: Cunha e Costa (2014)

Nesse contexto, Cunha e Costa (2014), figura 7, destacam a necessidade de utilizar práticas mais modernas de gestão e métodos mais racionalizados e industrializados de construção. Eles também destacam que a industrialização do processo de produção, considera a construtibilidade e planejamento em projeto, de modo a assegurar a produção e produtividade em obra.

Portanto, é de suma importância que sejam realizados estudos para aumento da produtividade da mão de obra em canteiro de obra dado que sua importância representa uma melhoria em termos de eficiência e custo da construção a nível regional e global.

Logo, este trabalho se insere no contexto da construção brasileira em que há crescimento econômico negativo e desemprego, baixo índice de produtividade do trabalho em comparação com diversos países e estagnação do crescimento da produtividade da indústria da construção em nível global.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a aplicação do conceito de melhoria contínua e padronização de processos, baseados na filosofia do *Lean Construction*, como forma de aumento da produtividade na construção a partir de uma pesquisa ação em obra de infraestrutura.

Os objetivos secundários são:

- Descrever o processo de implantação dos conceitos de melhoria contínua e padronização de processo,
- Evidenciar as vantagens da aplicação do conceito de melhoria contínua e padronização de processos
- Consolidar o tema estudado através de pesquisa-ação.

1.3. Método científico

Para atendimento ao objetivo do trabalho, o método científico de pesquisa é a pesquisa-ação. A escolha de tal método se deu pela identificação do autor do trabalho pela aplicação de teorias científicas em ambientes reais de obra, para investigação de seus benefícios e conhecimento de suas dificuldades de aplicação.

Sobre a pesquisa-ação Engel (2000) diz “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não reativa” e “objetiva”. Como o próprio nome já diz, a pesquisa-ação procura unir a pesquisa à ação ou prática, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática. É, portanto, uma maneira

de se fazer pesquisa em situações em que também se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta.”.

Engel (2000) ainda complementa: “A pesquisa-ação surgiu da necessidade de superar a lacuna entre teoria e prática. Uma das características deste tipo de pesquisa é que através dela se procura intervir na prática de modo inovador já no decorrer do próprio processo de pesquisa e não apenas como possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto.”.

Definida o método científico, é preciso definir também a metodologia executiva do trabalho. Desta forma, inicia-se por uma revisão bibliográfica para fins de reconhecimento do problema, composta por temas pertinentes ao objetivo da dissertação, de modo a nivelar os conceitos utilizados no decorrer do texto. Para a revisão, foram utilizados artigos científicos publicados em revistas e congressos, livros, teses, dissertações e outros documentos relevantes ao tema em questão.

Logo após a revisão bibliográfica, inicia-se a caracterização da pesquisa-ação. Para introduzir o assunto, primeiro é mostrado o consórcio, a obra e a atividade estudada na pesquisa. Neste capítulo foram utilizadas coletas de informações das empresas consorciadas para execução da obra, fotos, informações de produção e planejamento. Também é feito um descritivo da atividade estudada quanto a suas etapas construtivas.

Parte-se então para o planejamento da pesquisa-ação, item que é primordial neste método científico. Nesta parte é mostrado tudo o que foi previamente definido e levado em conta antes de iniciar a implantação, incluindo como seriam coletados os dados. Já na implantação, é mostrado como foi colocado em prática tudo o que foi planejado e o que não foi planejado, porém necessário ao cumprimento do objetivo.

Já na avaliação dos resultados, é feita uma avaliação das dificuldades encontradas e uma análise crítica dos dados coletados sob a ótica do que foi

descrito anteriormente. Logo após, são feitas as considerações finais da pesquisa-ação.

Por fim, com os resultados e as considerações finais da pesquisa ação em mãos, é apresentada uma proposta de integração entre os dois conceitos apresentados anteriormente: melhoria contínua e padronização de processo de produção. Esta proposta tem como característica oferecer praticidade em termos de operação, ou seja, de fácil aplicação e entendimento.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos. Este primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, que identifica características relevantes do setor de modo geral e do momento recente da construção, tanto nacional quanto global, que servem como base para o restante da dissertação.

No capítulo dois, é apresentada a revisão bibliográfica sobre os temas pertinentes ao objetivo da dissertação: sistema de gestão da produção, *Lean Construction*, melhoria contínua, produtividade; empoderamento da mão de obra.

O capítulo três apresenta a pesquisa-ação em que foi desenvolvida a dissertação contendo a caracterização da obra e das atividades, o planejamento, a implementação, a avaliação dos resultados e suas considerações finais. Esta seção, além de explicitar a pesquisa realizada pelo autor, tem como objetivo inserir o trabalho dentro de um contexto para que as observações e conclusões apresentadas não sejam associadas a obras de diferente porte e ramo de atuação sem a devida análise.

O capítulo cinco contém as conclusões e sugestões futuras para desenvolvimento do tema.

Ao final, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no capítulo 6 e os anexos.

2. Revisão bibliográficas

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos e definições que servem de base para o desenvolvimento da pesquisa-ação mostrada no capítulo três e no restante do trabalho.

2.1. *Lean Construction* como sistema de produção na construção

Neste item do trabalho são mostrados aspectos históricos do surgimento de um novo modelo chamado de Sistema Toyota de Produção (STP), Toyotismo ou Produção Enxuta; a adaptação deste modelo para a construção civil, passando a se chamar Construção Enxuta; conceitualmente como é a visão de produção tradicional da construção; como é a visão de produção do *Lean Construction*, junto com seus conceitos e ferramentas mais importantes.

2.1.1. História

Para falar sobre a história do *Lean Construction* (LC), primeiro é preciso descrever sua origem, que remete ao surgimento do *Lean Production* (LP), ou Sistema Toyota de Produção (STP) por volta da década de 1950 no Japão.

De acordo com Wolmack, Jones e Ross (2004), os primeiros conceitos do STP começaram a surgir assim que Eiji Toyoda e Taiichi Ohno chegaram à conclusão que a produção em massa de automóveis jamais funcionaria no Japão do pós-guerra e começaram a partir da experimentação o desenvolvimento conceitual do LP. A partir desta experimentação, Taiichi Ohno identificou e descreveu os conceitos que norteariam o desenvolvimento das metodologias do STP que serão mostradas em detalhes mais a frente. Howell, (1999) descreve com os primeiros passos do STP:

O engenheiro Ohno desviou sua atenção do estrito foco da produtividade da produção artesanal e das máquinas da

produção em massa para o sistema de produção como um todo. Ohno seguiu os trabalhos de Henry Ford e continuou desenvolvendo a gestão da produção baseada em fluxo. Mas, diferente de Ford, que tinha quase uma demanda infinita para um mesmo produto, Ohno queria produzir carros de acordo com o pedido do consumidor. Começando com esforços para reduzir o tempo de *set-up* das máquinas e influenciado pelo TQM, ele desenvolveu uma simples lista de objetivos para o projeto do sistema de produção: produzir um carro com os requisitos do consumidor, entregar instantaneamente e manter nenhum estoque ou intermediador. (Howell, 1999)

Para (Howell, 1999), LP pode ser entendido como uma nova maneira de projetar e construir através de objetivos e técnicas aplicadas no chão de fábrica, no projeto e ao longo a cadeia de suprimentos de maneira diferente da produção em massa e artesanal. Então, o LP visa otimizar a performance do sistema de produção frente a um padrão de perfeição, indo de encontro aos requisitos do consumidor.

Dentre os conceitos desenvolvidos, a logística dentro da fábrica também foi considerada:

Juntamente com as lições de Henry Ford, o STP buscou várias ideias nos Estados Unidos. Uma ideia muito importante foi o conceito do “sistema puxado”, inspirado nos supermercados americanos. Em qualquer supermercado bem administrado, itens individuais são recolocados assim que cada um deles começa a escassear na prateleira, isto é, a recolocação do material é provocada pelo consumo. (Liker, 2005)

E também a qualidade:

A Toyota também levou a sério os ensinamentos do pioneiro americano em qualidade W. Edwards Deming. Ele ensinou sobre qualidade e produtividade americana em seminários no Japão e apontou que, em um sistema empresarial típico, atender e exceder as exigências do cliente é tarefa de cada indivíduo em uma organização. Ele ampliou drasticamente a definição de “cliente”, incluindo os clientes internos e externos. Cada pessoa ou passo em uma linha de produção ou em um processo administrativo deve ser tratada como um “cliente” e receber exatamente o que necessita no tempo certo. (Liker, 2005)

Ainda sobre o desenvolvimento da qualidade da Toyota:

Deming também incentivou os japoneses a adotarem uma abordagem sistemática para solução de problemas, o que mais tarde ficou conhecido como Ciclo de Deming ou Ciclo Planejar-Fazer-Verificar-Agir (PDCA, em inglês), uma base para a melhoria contínua. (Liker, 2005)

Durante a década de 60, a Toyota deu o primeiro passo para difundir o STP ensinando seus principais fornecedores os princípios e metodologias, segundo (Liker, 2005),

De acordo com Alarcon (1997), desde a década de 1970 tem surgido um conjunto de novas abordagens para gestão da produção na indústria automobilística. *Just-in-time*, *Total Quality Management*, Reengenharia de processos, Engenharia simultânea e outros são exemplos deste conjunto. E, em uma análise mais profundada, todos tem algo em comum: a conceptualização da produção ou da operação de modo geral. No entanto, segundo Koskela (1992), a materialização deste conhecimento em torno de uma filosofia só aconteceu a partir da década de 1980 quando ocorreu uma série de publicações que analisaram e explicaram estas abordagens em maior detalhe. Então, uma nova filosofia de produção emergiu através da generalização destas abordagens.

Finalmente, na década de 1990, através do trabalho do Auto Industry Program do MIT e do best-seller baseado nesta pesquisa, *A máquina que mudou o mundo* de Womack, Jones e Roos, a comunidade industrial internacional descobriu a “produção enxuta”, para Liker (2005).

Ainda de acordo com Koskela (1992), esta nova filosofia se tornou popular logo no começo da década de 1990, sendo aplicada, mesmo que parcialmente, por grandes companhias de manufatura americanas e europeias, chegando até mesmo a ser aplicada em diferentes áreas como serviços, administração e desenvolvimento de produto.

Em 1992, o professor Lauri Koskela, da Universidade de Stanford, publicou um reporte técnico chamado “Aplicação da nova filosofia de produção à construção”

produzem publicações *per capita* sobre LC. Portanto, podemos dizer que o LC está difundido em boa parte do mundo.

2.1.2. Construção como fluxo

Seguindo com Koskela (1992), o modelo conceitual dominante de produção na construção é o de conversão, e este é associado a suas noções de organização e gestão.

Como consequência deste tipo de visão, Juran (1988) constata que cerca de um terço do trabalho feito na indústria consiste em refazer aquilo que já estava feito.

Produção como processo de conversão pode ser definida como na figura 9 e definido segundo Koskela (1992):

1. O processo de produção é a conversão de entradas em saídas,
2. O processo de conversão pode ser dividido em atividade, os quais são processos de conversão,
3. O custo total do processo pode ser minimizado minimizando o custo de cada atividade,
4. O valor do resultado do processo é associado com os custos de entrada do mesmo processo.

Figura 9 - Visão da construção como atividade

Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Segundo Howell (1999), a indústria da construção tem rejeitado muitas ideias da manufatura por causa da crença de que a construção é diferente. E muito do pensamento vem do conceito de que reduzir o custo e duração de cada atividade é o único caminho para as melhorias.

Grubbström (1995) destaca a importância do entendimento do sistema de produção ao invés de partes e pedaços.

Já o modelo de processo do *Lean Construction*, proposto por Koskela (1992), assume que um processo de produção consiste num fluxo de materiais, desde a matéria prima até ao produto final, sendo constituído por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não possuem valor agregado, sendo então chamadas de atividades de fluxo. Deste modo, o planejamento da construção baseado no processo de fluxos leva à percepção das causas que originam os problemas, e por isso, permite observar planos de melhoria.

Koskela (1992) destaca que a produção deve ser entendida como um fluxo de materiais e informações partindo das matérias primas até o produto final (figura 10). Nesse fluxo, o material é processado, é inspecionado, fica em espera ou está sendo movimentado. Estas atividades são intrinsecamente diferentes. Processamento do material representa a parte de conversão da produção; inspeção, transporte e espera representam os fluxos da produção.

Figura 10 - Visão da construção como fluxo

Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

O mesmo autor, por último ressalta que processos de fluxo podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor se refere ao cumprimento das expectativas do consumidor. Na maior parte dos casos, somente atividades de processamento são atividades que agregam valor. Em essência, essa nova conceituação implica uma dupla visão da produção: constituído de conversões e fluxos. A eficiência global da produção é atribuída para as atividades de conversão executadas, assim como a quantidade e eficiência dos fluxos de atividades através da qual as atividades de conversão são realizadas.

Para Howell (1999) o LC aplicado nas equipes de produção, tem o dever de isolar a variabilidade provenientes da cadeia de suprimentos ou manter uma condição em que a equipe pode aumentar ou diminuir sua produção para atender a condição de demanda. Portanto, o LC envolve a incerteza na cadeia de suprimentos e produção como algo para fazer com que o trabalho das equipes tenha menos variabilidade, e depois entender as causas de variabilidade dentro das equipes.

2.1.3. Conceitos e definições

De acordo com Liker (2005), para qualquer processo existem dois tipos de atividade: aquelas que agregam valor ao produto e aquelas que não agregam. Agrega valor tudo aquilo que o cliente (tanto interno, da linha de produção, quanto externo, cliente final) deseja para determinado processo. Já as atividades que não agregam valor ao produto são chamadas de desperdícios.

Portanto, segundo esta visão, para que um processo seja melhorado é fundamental que as atividades que não agregam valor ao produto sejam reduzidas ao máximo e as atividades que agregam valor tenham sua eficiência aumentada, de acordo com na figura 11.

Figura 11 - Diferença entre visão tradicional e LC

Fonte: adaptado de Koskela (1992)

Quanto aos desperdícios, Liker (2005) afirma que é possível categoriza-los em oito tipos diferentes:

- 1) Superprodução: produção de itens para os quais não há demanda, o que gera perda com excesso de pessoal e de estoque e com os custos de transporte devido ao estoque excessivo.
- 2) Espera (tempo sem trabalho): Funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina autônoma ou que ficam esperando pelo próximo passo no processamento, ferramenta, suprimento, peça etc., ou que simplesmente não tem trabalho para fazer devido a uma falta de estoque,

atrasos no processamento, interrupção do funcionamento de equipamentos e gargalos de capacidade.

- 3) Transporte ou movimentação desnecessários: movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos.
- 4) Superprocessamento ou processamento incorreto: passos desnecessários para processar peças. Processamento ineficiente devido a uma ferramenta ou ao projeto de baixa qualidade do produto, causando movimento desnecessário e produzindo defeitos. Geram-se perdas quando se oferecem produtos com qualidade superior à que necessária.
- 5) Excesso de estoque: excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos acabados, causando *lead time* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenamento e atrasos. Além disso, o estoque oculta problema, como desbalanceamento de produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, equipamentos em conserto e longo tempo de *setup* (preparação).
- 6) Movimento desnecessário: qualquer movimento inútil que os funcionários têm que fazer durante o trabalho, tais como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas, etc. Caminhar também é perda.
- 7) Defeitos: produção de peças defeituosas ou correção. Consertar ou retrabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço.
- 8) Desperdícios de criatividade dos funcionários: Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

Segundo Koskela (1992), para combater as perdas (desperdícios) devem ser adotados os 11 princípios para melhorias do fluxo de atividades na construção propostos por ele:

- 1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: um dos princípios fundamentais, segundo o qual a eficiência dos processos pode ser melhorada e as perdas reduzidas através da melhoria da eficiência das atividades e eliminação das atividades que não agregam valor. Sendo estas as atividades que consomem tempo, recursos e espaço sem contribuir para a satisfação do cliente, devendo ser reduzidas ou eliminadas.
- 2) Aumentar o valor do produto na perspectiva do cliente: a geração de valor consiste na satisfação das expectativas do cliente e não na realização do processo de conversão. O aumento do valor na perspectiva do cliente pode ser conseguido através da identificação das necessidades do mesmo.
- 3) Reduzir a variabilidade: os processos de produção estão sujeitos à variabilidade, mas do ponto de vista do cliente é conveniente a uniformidade do produto final. Por outro lado, a variabilidade pode aumentar as atividades que não agregam valor ao produto final.
- 4) Reduzir o tempo de ciclo: o tempo de ciclo é composto pelos tempos de transporte, espera, processamento e inspeção. Devem ser reduzidos, sobretudo, os tempos de transporte, espera e inspeção, pois não agregam valor ao produto.
- 5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes: este princípio está relacionado com a racionalização dos processos. Quanto maior o número de passos ou partes de um processo, maior será o número de atividades que não agregam valor.
- 6) Aumentar a flexibilidade de saída: refere-se a possibilidade de alterar as características finais dos produtos tendo em conta as necessidades dos clientes, sem aumentar significativamente os custos.
- 7) Aumentar a transparência do processo: tornar o processo observável, facilitando o controle e o desenvolvimento. A transparência do processo torna os erros mais evidentes, sendo mais fácil corrigi-los, aumenta a informação disponível e provoca maior envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias.

- 8) Focar o controle no processo global: deve-se ter uma percepção sistemática da produção, procurar entender o processo como um todo para perceber o efeito de qualquer modificação pontual no processo global.
- 9) Introduzir melhoria contínua no processo: os esforços de reduzir os desperdícios e aumentar o valor agregado devem ser entendidos como atividades interativas e introduzidos continuamente na organização.
- 10) Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxos e conversões: a eficiência dos processos depende da eficiência das conversões, mas também da maneira como os fluxos são tratados. O equilíbrio entre as melhorias dos fluxos e das conversões deve ser mantido.
- 11) Benchmarking: consiste num processo e aprendizagem com as empresas líderes em âmbito mundial. Deve-se levantar as melhores práticas utilizadas, compreender os conceitos e adaptá-los à realidade da organização.

O resultado da redução de desperdícios nas atividades é um aumento da agregação de valor, tornando a atividade mais produtiva, como ilustrado na figura 12.

Figura 12 - Redução do tempo desperdiçado com a realização de melhorias ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

De acordo com Arantes (2008), para atingir níveis maiores de agregação de valor, o LC conta com diversas ferramentas, exemplificadas abaixo.

- 1) Engenharia simultânea: abordagem sistêmica para integrar, simultaneamente, o projeto do produto com os seus processos, incluindo manufatura e suporte.
- 2) Mapeamento de fluxo de valor: ferramenta associada ao conjunto de procedimentos que levam a produção de algo com objetivo de reduzir desperdícios de maneira ininterrupta.
- 3) Células de produção: arranjo de recursos e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem sequencialmente, através de um fluxo contínuo.
- 4) Manutenção produtiva total: eliminar os desperdícios que as máquinas utilizadas na produção podem causar.

- 5) Qualidade na fonte: autonomia do operador de paralisar o processo sempre que for detectado alguma anormalidade.
- 6) Deteção e aviso de erros: mecanismo de detecção de anormalidades que, associado a uma operação impede a execução de uma atividade irregular.
- 7) Padronização de operações: a padronização leva a uma maior disciplina na execução das atividades, com a eliminação de imprevistos e uma consequente redução de variabilidade em relação ao projeto
- 8) Gestão visual: quadros de avisos contendo desenhos de projeto, procedimentos de trabalho, calendário de atividades e avisos aos trabalhadores.
- 9) Tacto: ritmo de produção necessário para executar a atividade, dependente da capacidade de produção da empresa. Desta forma é possível otimizar a aquisição de materiais e utilização de recursos.
- 10) Kanban: ferramenta que permite a comunicação entre cliente e fornecedor. É um método para “puxar” a produção a partir da procura.
- 11) Cinco S: ferramenta de apoio à melhoria dos processos e métodos de trabalho, promovendo um espírito de rigor, disciplina e organização no posto de trabalho.
- 12) Last Planner System: “Uma atividade complexa como um projeto de construção requer planeamento e controle realizado por diferentes pessoas, efetuado em tempos de vida de obra diferentes, em diferentes áreas da organização”, ressaltou ARANTES (2008). Continuando, este autor ainda afirma que um planeamento inicial tende a focar em objetivos globais, datas vinculativas, respeitando toda a empreitada. Porém, este planeamento contém um número reduzido de informações e meios para se atingir estes fins. Num planeamento mais próximo do momento de início dos trabalhos, uma pessoa terá que decidir a atividade específica a ser realizada e a mão de obra necessária para a execução da mesma na duração desejada. Chama esta pessoa, ou grupo, que realiza este planeamento único, pois irá direto à produção, de Last Planner. De acordo com BALLARD (2000), o sistema de controle de produção Last Planner é na realidade uma mudança

de pensamento. Tem como objetivo designar progressivamente as tarefas para orientar os trabalhadores e controlar o fluxo produtivo gerindo ativamente a variabilidade da produção.

Para Arantes (2008), o *Lean Construction* baseia-se em diversos princípios que visam a diminuição das atividades que não agregam valor ao produto, mas para que o método funcione, é necessária uma conscientização de todos os envolvidos nos trabalhos, desde gestores até trabalhadores no local.

2.2. Melhoria contínua

Bressant e Caffyn (1996) definem a melhoria contínua como um processo focado na inovação incremental e contínua em toda a empresa. Dessa forma, a melhoria contínua tem uma abordagem sistemática como um processo independente que pode permear todos os processos da empresa.

Portanto, a melhoria contínua deve ser vista como um processo que atravessa e apoia a gama de processos de uma empresa, não se confinando apenas a processos de conversão ou transformação. Esta visão da melhoria continua traz pequenas mudanças em um curto período de tempo, entretanto, ao acumular diversas melhorias ao longo do tempo, trazem ganhos substanciais para a empresa, de acordo com Caffyn e Grantham (2003).

Para Slack et al. (1997), qualquer operação ou processo podem ser melhorados. Ainda, segundos os autores, o mais importante não é o tamanho de cada passo, mas a probabilidade de que a melhoria vai continuar. Também, não importa se as melhorias são pequenas, o que de fato importa é que haverá sempre uma melhoria de tempos em tempos.

O problema fica mais complicado se nós considerarmos que a questão pode não ser adicionar uma nova rotina, mas também a perda das antigas e, agora, inapropriadas. Por exemplo, por baixo do princípio da melhoria contínua existe uma crença que

todos os indivíduos podem fazer uma contribuição à inovação e solução de problemas dentro da empresa. Mas, muitas organizações têm operado em crenças originárias na administração científica desenvolvida na virada do século, o que implica em segregar os “pensadores” dos “executores” o que, implicitamente, vai contra os princípios da melhoria contínua. (Bessant, Caffyn, Gallagher, 1999)

Para Bessant, Caffyn, Gallagher (1999), a MC não pode ser vista como um estado binário ou uma atividade de curto prazo, mas como uma evolução e uma agregação de um conjunto de comportamentos de rotina importantes dentro de uma organização.

Bessant, Caffyn, Gallagher (1999), ainda propuseram a tabela 1 definindo os estágios de evolução da melhoria contínua dentro de uma organização.

Tabela 1 - Níveis de evolução da MC

Estágio na evolução da Melhoria Contínua	
Níveis de MC	Características comportamentais
Nível 1: Pré-Melhoria Contínua - Interesse no conceito foi deflagrado - Por uma crise, por uma palestra, por uma visita a outra organização, etc. Mas, a implementação está num nível inicial	Problemas são solucionados de maneira randômica; Não há esforço formal ou estruturado para melhorias na organização; Ocasionalmente, tentativas de melhorias sofrem de falta de interesse e de participação; Soluções tendem a prover benefícios de curto prazo. Sem impacto estratégico em recursos humanos, financeiros ou outras metas; Equipe e diretoria não estão cientes da MC como um processo.

Nível 2: MC estruturada - Existe um compromisso formal para construir um sistema em que a MC será desenvolvida na empresa	MC ou iniciativa equivalente foi introduzida; Equipe usa processo estruturado de resolução de problemas; Grande parte da equipe participa de atividades de MC; Equipe foi treinada em ferramentas básicas de MC; Sistema de Gestão de ideias estruturadas ou sugestões está funcionando; Sistema de reconhecimento foi introduzido; Atividades de MC não foram integradas no dia a dia das atividades de operação
Nível 3: MC orientada por metas - Existe um comprometimento para ligar o comportamento sobre MC, estabelecido num nível local, às preocupações estratégicas da empresa	Todos os acima mais: Desdobramento formal de metas estratégicas; Controle e monitoramento da MC de acordo com as metas; Atividades de MC são parte principal nas atividades do negócio; Com foco na solução de problema entre setores da empresa e até mesmo entre empresas
Nível 4: MC pró ativa - Existe uma tentativa de retornar a autonomia e de empoderar indivíduos e grupos para gerir e dirigir seus próprios processos	Todos acima mais: Responsabilidades delegadas a unidade de solução de problemas; Alto nível de experimentação
Nível 5: Capacidade completa de MC - Aproxima-se ao modelo de "empresa que aprende"	Todos acima mais: Sistemática de comportamento baseado em aprendizado extenso e largamente distribuído, com busca e solução de problemas, com captura e distribuição do conhecimento; Distribuído, autônomo porém experimentação controlada

Fonte: adaptato de Bessant, Caffyn, Gallagher (1999)

Segundo Anand et al, 2009, quando devidamente implementada, a MC ajuda a integrar os processos de produção e aumentar a habilidade da empresa fazendo mudanças mais consistentes e rápidas para aumentar seu desempenho. Enquanto que para Holtskog, 2013, a MC deve ser fortemente adaptada a realidade local para que funcione.

Por último, Liker (2005) define kaizen como:

O termo japonês para melhoria contínua é *kaizen*, o processo de realizar melhorias, mesmo pequenas, e atingir a meta enxuta de eliminar todo o desperdício que adiciona custo sem agregar valor. Kaizen ensina aos indivíduos as habilidades para trabalhar de modo eficiente em pequenos grupos, resolver problemas, documentar e melhorar processos, coletar e analisar dados e auto-administrar-se num grupo de colegas. Leva a tomada de decisões (ou propostas) até os trabalhadores e exige uma discussão aberta e o consenso do grupo antes da implementação de qualquer decisão. Kaizen é uma filosofia total que luta pela perfeição e sustenta o STP no dia-a-dia.” (Liker, 2005)

Para esta dissertação, o conceito de melhoria contínua é aquele que acontece de forma sistemática em toda a organização e realizada por qualquer funcionário, de forma comportamental, mesmo que os ganhos da melhoria sejam pequenos. Desta forma, as melhorias se tornam parte da cultura da empresa e viram práticas rotineiras transformando as mais diversas áreas da companhia. Portanto, conceitos como PDCA, DMAIC e demais não serão abordados.

2.3. Padronização de processos de produção

Segundo Juran (1992), o processo é uma série ordenada de ações que tem como objetivo a realização de uma meta e deve satisfazer os seguintes critérios:

- Ser orientado por metas, pois não se pode planejar no abstrato;
- Ser sistemático, ou seja, as atividades que compõem um processo devem ser todas interligadas através de um conceito coerente;
- Ser capaz de atingir as metas preestabelecidas, em condições operacionais;
- Ser legítimo, ou seja, deve poder evoluir através de canais autorizados; deve ter a aprovação daqueles a quem foram delegadas as responsabilidades associadas.

Processo também pode ser entendido como “um conjunto estruturado e organizado de atividades destinadas a produzir um específico ‘resultado’ para um determinado cliente ou mercado (...) é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e espaço, com um início e um fim e com entradas e saídas claramente identificadas, ou seja, uma estrutura para ação” (DAVENPORT, 1993).

Já o processo de produção, foco deste trabalho, pode ser entendido como:

Processo de produção” como “o conjunto das etapas físicas, organizadas de forma coerente no tempo, que dizem respeito à construção de uma obra; essas etapas concentram-se sobre a execução, mas vão desde os ‘estudos comerciais’, até a utilização da obra, e são asseguradas por diferentes agentes CARDOSO (1996).

Segundo Liker (2005), a tarefa crítica quando se implementa uma padronização é encontrar o equilíbrio entre indicar procedimentos rígidos e dar liberdade para inovar e ter criatividade. Alcançar o equilíbrio reside em como as pessoas redigem os padrões e também como contribui para sua criação, tendo dois princípios fundamentais.

Primeiro, os padrões devem ser específicos o suficiente para serem usados como guias, mas gerais o suficiente para permitir flexibilidade. Segundo, quem realiza faz as tarefas tem que melhorar os padrões, pois não há tempo o suficiente para os engenheiros fazerem este serviço.

De acordo com Rother e Harris (2002), o trabalho padronizado é fundamental para a estabilização do fluxo de produção. E, para tornar sustentáveis os benefícios da MC, é importante que as mudanças dos processos descobertas através da MC se tornem rotina e estas rotinas sejam padronizadas dentro da organização Spear e Bowen (1999). Processos padronizados são importantes para prover um guia para novas melhorias.

Processos padronizados fornecem experiências comuns e relevantes para os funcionários, que é a base da melhoria de processos Adler e Cole (1993). A

padronização também facilita a análise de causa-raiz e a troca de lições aprendidas através de replicações de processos comuns Taylor e Wright (2006).

Portanto, segundo Anand et al (2009), uma estrutura que suporta a padronização de processos de produção é considerada de primordial importância para sustentar uma iniciativa de MC. O autor também afirma que o conhecimento adquirido através da padronização de processos não deve ficar restrito somente ao indivíduo ou a um time, mas deve ser compartilhado para toda organização por um longo período.

Com objetivo de documentar e planejar a execução de processos de construção, Silva (2012) desenvolveu o M-PPC (Modelo de Planejamento de Processos da Construção) que se destina a planejar processos de construção visando à industrialização da construção cujo processo seja possível aplicar os conceitos de organização industrial e que apresentem algum grau de padronização e repetitividade.

O aspecto importante do M-PPC, segundo Silva (2012) é que ele é específico, ou seja, não é constituído de informações genéricas, como é comumente praticado na construção. Com isso, busca-se garantir que não haverá decisões tomadas em obra relativa ao processo de construção, pois a probabilidade de uma decisão tomada no canteiro seja mais econômica é menor do que se a análise for antecipada para etapa de planejamento.

Sendo assim, o M-PPC o seguinte escopo:

Tabela 2 - Escopo do M-PPC

Informações	
Definição da sequência de atividades	Operações
	Inspeções
	transporte
	Estoques
	Segurança do Trabalho
Equipamentos	

Definição dos recursos das atividades	Ferramentas
	Instrumentos de inspeção
	Recursos humanos (qualificação)
	Equipamentos de segurança do trabalho
Definição dos parâmetros do processo	Tempo de execução
	Configuração de equipamentos
	Quantidade de recursos
	Balanceamento de recursos
Definição de frentes de trabalho	

Fonte: Silva (2012)

Ainda, de acordo com a mesma autora, o M-PPC tem as seguintes ferramentas:

- Folha de processo de construção: permite registrar de maneira objetiva a sequencia de atividades do processo, os recursos, e os parâmetros de cada atividade.
- Fluxograma de processo de construção: complementar a folha de processos, porque inclui as atividades de fluxo.
- Plano de ataque: representação gráfica da localização das frentes de trabalho
- Diagrama de rede: representação gráfica de todos os processos da construção, possibilita o cálculo de tempo de ciclo e o caminho crítico.

Para este trabalho, serão utilizadas as ferramentas: folha de processo de construção e fluxograma de processos de construção (figura 14).

Figura 13 - Exemplo de fluxograma de processo de construção

Fonte: Silva (2012)

Silva (2012) ainda destaca que o M-PPC possui a vantagem da inclusão de atividades de fluxo no processo de construção, permitindo sua visualização e possibilitando sua redução ou eliminação, já que estas atividades não agregam valor.

3. Pesquisa-ação

A apresentação da pesquisa-ação desenvolvida foi dividida em 6 etapas para melhor entendimento.

Inicialmente, é apresentada a caracterização do consórcio construtor, da obra e da atividade estudada. Após, é descrito o planejamento, onde é contado como a pesquisa foi estruturada e seus métodos de coleta de dados; a implantação, e como foi realizada a execução deste planejamento com suas principais dificuldades. Em sequência, é feita uma análise dos resultados obtidos e, por fim, é são apresentadas as considerações finais.

A contribuição científica do autor sobre esta pesquisa foi relacionar conceitos de produtividade para averiguar os impactos das melhorias e relacionar com o conceito de padronização de processos construtivos realizadas dentro do espectro da atividade. Deste modo, traz-se para o ambiente acadêmico, através de uma pesquisa-ação, a discussão, em termos práticos, do impacto de um programa de melhorias e do esforço de padronização dentro da produtividade da mão de obra.

3.1. Contextualização do consórcio construtor

O consórcio foi formado de duas construtoras de grande porte com atuação nacional e internacional com mais de 50 anos de mercado e presentes no ranking da revista O Empreiteiro entre as 10 maiores empresas de construção. Tanto o consórcio responsável pela obra quanto as empresas possuem certificado ISO 9001 e ISO 14001.

As duas construtoras, no momento da pesquisa, tinham programas de implementação do LC dentro de suas matrizes e em diversas obras de sua carteira. A empresa A tinha uma maturidade maior quanto aos conceitos e

ferramentas e a empresa B uma maturidade menor, refletindo a experiência em anos entre o início da implantação do LC que ambas possuíam na época. No entanto, foi observado que na pesquisa, esta diferença de maturidade não existia, dado que para o consórcio construtor analisado, o LC ainda era novidade. O quadro abaixo resume a situação das empresas e do consórcio no momento da pesquisa.

Tabela 3 - Comparativo entre as empresas componetes do consórcio construtor

	Empresa A	Empresa B	Consórcio Construtor
Existência	+ de 50 anos	+ de 50 anos	+ 3 anos
Número de funcionários	+ de 10 mil	+ de 10 mil	+ de 3 mil
Certificados de gestão	ISO 9001 e 14001	ISO 9001 e 14001	ISO 9001 e 14001
Anos de prática em LC	5 anos	2 anos	0,5 ano

O autor participou ativamente do desenvolvimento da implantação do LC na empresa B, contribuindo para definição da melhor estratégia para implantação em obras de grande porte e foi responsável pela implantação desta estratégia na obra estudada nesta pesquisa-ação.

3.2. Caracterização da obra

As informações apresentadas a seguir foram fornecidas pela própria obra.

O escopo da obra é constituído por uma estação de captação de água, uma estação de tratamento de água, cerca de 83 quilômetros de adutoras e diversas estruturas auxiliares como reservatórios, chaminés de equilíbrio e túneis. Tem pico previsto de 3500 funcionários diretos e duração planejada de 5 anos de execução.

Quando finalizado, o sistema produtor de água potável contará com uma vazão de operação de 4,7 m³/s e atenderá uma população de aproximadamente 600 mil de pessoas. A figura 14 mostra a dimensão da obra.

Figura 14 - Foto de satélite da implantação da obra

Para fins de organização da própria obra, foi feita uma divisão quanto ao processamento da água. Havia então o trecho da Adutora de Água Bruta (AAB), que tem início na estação de captação de água e termina na estação de tratamento de água. Este nome foi dado pelo fato da água não ter tratamento,

sendo considerada não potável durante toda esta dimensão. Após a estação de tratamento de água, o trecho é denominado de Adutora de Água Tratada (AAT), e termina na interligação deste novo sistema produtor com a rede de abastecimento de água existente.

O presente trabalho tem foco somente no trecho da AAB por algumas razões:

- Maior uniformidade entre as atividades desenvolvidas pelas equipes de montagem de tubos,
- Ambiente similar em todo o trecho, dado que estava situado completamente em zona rural,
- Tubos com mesmo diâmetro espessuras similares durante todo o trecho.

Desta forma, há uma maior homogeneidade para a comparação dos dados entre as equipes e visualização de sua evolução quanto ao desempenho atrelado à pesquisa-ação desenvolvida na obra.

3.3. Caracterização da atividade estudada

O enfoque do estudo de caso é a construção da adutora no trecho da AAB, particularmente na montagem dos tubos. Esta atividade era realizada por inúmeras equipes de produção que variavam de quantidade no decorrer do projeto como mostrado no gráfico da figura 15 (apenas para os meses em que o estudo de caso foi realizado):

Figura 15 - Número de equipes de adutora na frente de serviço AAB

No entanto algumas destas equipes foram descartadas por inconsistência de dados coletados durante a implantação ou diferenças construtivas substanciais que impediam a comparação dentre as demais. Ao final, foram consideradas para esta pesquisa 12 equipes de montagem de tubo que possuíam as características desejadas ao estudo.

A atividade de montagem de dutos, ou tubos, é caracterizada por uma longa sequência de subatividades com utilização de diversos processos construtivos. Não foram levadas em consideração as atividades de demolição de pavimento e pavimentação, pois são de natureza distinta às análises que o trabalho se propõe a fazer. Também não foram consideradas as atividades de construção das caixas de passagem e nem a montagem mecânica dentro delas. Todas as subatividades da montagem de dutos são mostradas abaixo:

- Cravação de estaca prancha

Esta subatividade compreende as etapas de içamento, transporte até o local de aplicação e cravação com martelo vibratório acoplado a lança de uma escavadeira hidráulica.

Figura 16 - Lçamento de estaca prancha para contenção da vala

- Escavação da vala

Consiste na escavação e transporte de material proveniente da vala, realizado com escavadeira hidráulica e caminhão basculante.

Figura 17 - Escavação da vala

- Estroncamento da vala

Consiste no transporte e na soldagem de longarinas de perfil metálico às estacas prancha e posterior soldagem de estroncas às longarinas. Esta atividade tem como objetivo garantir a segurança dos trabalhos dentro da vala, impedindo a mesma feche.

Figura 18 - Estroncamento da contenção

- Preparação do lastro de areia

Consiste no lançamento de areia no fundo da vala e sua compactação controlada através de vibração com adição de água até o nível de assentamento do tubo. Também consiste na preparação dos sacos de areia que servirão de berço para o duto.

Figura 19 - Preparação do lastro de areia para assentamento do tubo

- Lançamento do tubo

Consiste no transporte do tubo até o local de aplicação e posicionamento do mesmo em relação ao tubo previamente instalado.

Figura 20 - Lançamento do tubo

- Acoplamento e solda dos tubos

Consiste no alinhamento do tubo lançado com o tubo previamente instalado através de pontos de solda e soldagem de todo perímetro entre os dois tubos.

Figura 21 - Soldagem entre dois tubos

- Reaterro com envoltório de areia

Consiste no transporte e reaterro com areia com compactação controlada através de vibração e adição de água até a cota de projeto.

Figura 22 - Reaterro com envoltória de areia compactada

- Retirada do estroncamento

Consiste na retirada das estroncas e longarinas previamente instaladas na etapa de estroncamento da vala através da retirada dos cordões de solda, içamento e transporte dos perfis metálicos até o estoque da frente de serviço.

Figura 23 - Retirada do estroncamento da vala

- Reaterro com solo compactado

Consiste no transporte, lançamento de solo e reaterro compactado até a cota do projeto viário.

Figura 24 - Reaterro da vala

- Retirada das estacas prancha

Consiste na remoção das estacas prancha através de martelo vibratório acoplado a escavadeira hidráulica e transporte até o estoque da frente de serviço para aproveitamento no próximo ciclo.

Figura 25 - Retirada das estacas prancha para reaproveitamento

3.4. Planejamento

A empresa B do consórcio construtor da obra estava, na época da pesquisa, começando a implantar a filosofia do *Lean Construction* em seu escritório corporativo e em suas principais obras. Para isso, montou uma equipe e deu esta responsabilidade para ela. O autor deste trabalho participou como integrante desta equipe e sua responsabilidade foi de implantar na obra estudada neste trabalho.

Como primeiro passo de implantação em obra, a estratégia definida foi começar a criar uma cultura de melhoria contínua em todos os funcionários. Para isso, foi desenhado um programa de melhoria baseado nos conceitos de desperdícios do LC e kaizen (melhoria contínua).

Para fins de estudo deste trabalho, será considerado somente a fase de implantação do programa de melhorias. Sendo assim, as outras iniciativas de implementação do LC da empresa B não serão consideradas. No entanto, algumas iniciativas das empresas A e B serão comentadas no decorrer do trabalho para elucidar a realidade da obra.

Todavia, o autor não limitou o escopo da pesquisa-ação a somente ao PMC, foi decidido que complementarmente ao programa, haveria uma iniciativa de padronização de processo construtivo, feita em um segundo momento, como uma tentativa de sedimentar as melhorias realizadas em forma de conhecimento com finalidade de uso futuro. Nas equipes estudadas nesta pesquisa, as duas iniciativas andaram juntas.

Concomitantemente com a pesquisa-ação houve a implantação do *Last Planner System (LPS)* ao planejamento e controle da produção em diversas frentes de obra, inclusive na atividade estudada neste trabalho. Porém, a implantação do LPS não faz parte do escopo desta pesquisa-ação.

3.4.1. Programa de melhoria contínua

O programa de melhoria contínua (PMC) foi desenhado para atingir 100% dos funcionários de uma obra, desde o gerente da obra até o ajudante. Por esta razão, ele foi desenvolvido com linguagem acessível e uma dinâmica de funcionamento simples.

O PMC foi projetado para funcionar da seguinte maneira:

- Equipe identifica um problema ou desperdício durante suas atividades.
- É feita uma análise do porque está ocorrendo este problema ou desperdício.
- A equipe propõe uma solução para reduzir ou eliminar este problema ou desperdício.
- É feito um levantamento dos ganhos gerados com esta solução.

- Encarregado preenche o formulário de kaizen com estes dados e entrega ao mestre de obra para validação.
- Mestre de obra valida o kaizen e entrega para equipe responsável pela MC da obra para sua análise e posterior arquivamento.

Juntamente ao PMC, havia a expectativa que as melhorias obtidas em obra pudessem ser contabilizadas como economias financeiras, ou seja, uma redução de custo da atividade. Portanto, estas reduções de custo deveriam ser contabilizadas pela equipe responsável pela sua implantação na obra.

Por último, foi definido que haveria a realização de encontros semestrais para apresentação dos melhores kaizens da obra diretamente aos presidentes e diretores das empresas A e B como forma de incentivo à realização dos mesmos.

3.4.2. Padronização de processo de produção

Para padronizar o processo construtivo, foi utilizado o M-PPC de Silva (2012) como base para ilustração do processo, pois ele consegue descrever tanto as atividades de transformação (conversão) quanto as atividades de fluxo.

As atividades foram divididas conforme suas naturezas, como mostrado abaixo:

- Operação
- Transporte mecanizado
- Transporte manual
- Estoque
- Inspeção
- Recebimento

Também foram mapeados os equipamentos que faziam os transportes mecanizados; a quantidade de operários e suas funções; e o tempo de cada atividade do ciclo produtivo.

Ao final, os dados foram organizados de duas maneiras. Primeira, eles foram inseridos em uma tabela descritiva relacionando cada subatividade com seu tempo e recurso utilizados. Segunda, as informações coletadas descreviam o processo com texto e foto em nível operacional com linguagem própria para entendimento da equipe de produção.

A padronização do processo de produção tinha como função estruturar o conhecimento prático da produção na execução de seus processos e criar uma metodologia de execução padronizada entre as equipes em um documento, contendo as seguintes informações:

- Documentos de referência,
- Materiais e ferramentas necessários,
- Sequência de execução dos trabalhos com detalhe,
- Fotos da execução das atividades,
- Tempo e recursos gastos,
- Inspeções de qualidade necessárias.

Desse modo, o documento conseguiria servir de base para a manutenção de um único processo construtivo e servir de treinamento para equipes novas antes de se iniciar os serviços.

3.4.3. Material de treinamento

O material de treinamento foi desenvolvido baseado nos conceitos de kaizen e os desperdícios do LC e apresentado aos funcionários como uma cartilha da seguinte forma:

- Explicativo do conceito do desperdício, do valor agregado e de kaizen
- Contextualização sobre os 9 desperdícios considerados pelo consórcio:
 - Superprodução – produzir mais que o necessário ou com muita antecedência
 - Estoque – acumular estoque em excesso

- Movimentação – movimentar desnecessariamente
- Transporte – transportar materiais e equipamentos desnecessariamente
- Processo desnecessário – realizar tarefas ou processos que não precisam ser feitas
- Defeito – erro ou falha na produção de um bem que precisa ser corrigido
- Espera – interrupção do trabalho
- Área – desorganização da área do canteiro
- Intelectual – não considerar ideias e sugestões
- Explicativo sobre a dinâmica de funcionamento do programa
- Como preencher o formulário “Kaizen”

Desta forma, qualquer funcionário conseguiria compreender a metodologia do programa de melhorias e utilizar o aprendizado para trazer ganhos para as suas atividades e, conseqüentemente, para a obra.

Quanto à padronização de processos, o treinamento desenvolvido foi pontual e apenas explicar o MPP-C e diagrama de trabalho padronizado para os técnicos de campo que iriam fazer o mapeamento dos processos e a coleta de dados. Após a montagem dos processos, haveria um treinamento dos funcionários nos padrões desenvolvidos.

3.4.4. Método para coleta de dados

Ainda na etapa de planejamento, foi definida como seria a coleta de dados dos kaizens.

Para a coleta de dados sobre os kaizens, foi definido um formulário a ser entregue ao encarregado para que este preenchesse com informações sobre a melhoria realizada.

A coleta de dados de MC foi instaurada via formulário chamado de “kaizen de célula”, construído a partir dos conceitos de resolução de problemas aliada da filosofia *Lean* explicada anteriormente. Neste formulário (figura 26) está contido:

- Descrição da equipe e da atividade
- Identificação dos tipos dos desperdícios
- Descrição do problema/desperdício identificado
- Detalhamento das causas do problema/desperdício
- Descrição da solução/melhoria realizada
- Resultado obtido
- Opção para assinalar se a melhoria é replicável, se pode servir para outras equipes da obra

Figura 26 - Formulário de Kaizen

KAIZEN DE CÉLULA																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Nome da Célula</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Encarregado</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Supervisor</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Engenheiro</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Local</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Atividade</td><td></td></tr> </table>	Nome da Célula		Encarregado		Supervisor		Engenheiro		Local		Atividade		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center; padding: 2px;">Identifique os Desperdícios</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">☐ Superprodução</td> <td style="padding: 2px;">☐ Estoque</td> <td style="padding: 2px;">☐ Área</td> <td style="padding: 2px;">☐ Transporte</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">☐ Movimentação</td> <td style="padding: 2px;">☐ Espera</td> <td style="padding: 2px;">☐ Proc. Desnecessário</td> <td style="padding: 2px;">☐ Defeito</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 2px;">☐ Intelectual</td> </tr> </table>	Identifique os Desperdícios				☐ Superprodução	☐ Estoque	☐ Área	☐ Transporte	☐ Movimentação	☐ Espera	☐ Proc. Desnecessário	☐ Defeito	☐ Intelectual			
Nome da Célula																													
Encarregado																													
Supervisor																													
Engenheiro																													
Local																													
Atividade																													
Identifique os Desperdícios																													
☐ Superprodução	☐ Estoque	☐ Área	☐ Transporte																										
☐ Movimentação	☐ Espera	☐ Proc. Desnecessário	☐ Defeito																										
☐ Intelectual																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">PROBLEMA OU DESPERDÍCIO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <small>Descreva ou desenhe o problema ou desperdício identificado e em qual atividade</small> </td> </tr> </table>	PROBLEMA OU DESPERDÍCIO	<small>Descreva ou desenhe o problema ou desperdício identificado e em qual atividade</small>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">SOLUÇÃO OU MELHORIA</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <small>Descreva ou desenhe qual a solução foi aplicada</small> </td> </tr> </table>	SOLUÇÃO OU MELHORIA	<small>Descreva ou desenhe qual a solução foi aplicada</small>																								
PROBLEMA OU DESPERDÍCIO																													
<small>Descreva ou desenhe o problema ou desperdício identificado e em qual atividade</small>																													
SOLUÇÃO OU MELHORIA																													
<small>Descreva ou desenhe qual a solução foi aplicada</small>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">DETALHAMENTO DO PROBLEMA OU DESPERDÍCIO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <small>Por que está acontecendo?</small> </td> </tr> </table>	DETALHAMENTO DO PROBLEMA OU DESPERDÍCIO	<small>Por que está acontecendo?</small>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">RESULTADO OBTIDO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <small>E quais os ganhos?</small> </td> </tr> </table>	RESULTADO OBTIDO	<small>E quais os ganhos?</small>																								
DETALHAMENTO DO PROBLEMA OU DESPERDÍCIO																													
<small>Por que está acontecendo?</small>																													
RESULTADO OBTIDO																													
<small>E quais os ganhos?</small>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="height: 20px; width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">/ /</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;"><small>Encarregado/Data</small></td> <td></td> </tr> </table>			/ /		<small>Encarregado/Data</small>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"><small>Para Preenchimento do Supervisor - Assinatura somente quando o Kaizen estiver implantado</small></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> <small>Esta melhoria pode ser aplicada em outras células?</small> </td> <td style="padding: 2px;"> ☐ Sim ☐ Não </td> </tr> <tr> <td style="width: 70%;"></td> <td style="padding: 2px;"> <div style="text-align: right;">/ /</div> <div style="text-align: right; padding-top: 5px;"><small>Supervisor/Data</small></div> </td> </tr> </table>	<small>Para Preenchimento do Supervisor - Assinatura somente quando o Kaizen estiver implantado</small>		<small>Esta melhoria pode ser aplicada em outras células?</small>	☐ Sim ☐ Não		<div style="text-align: right;">/ /</div> <div style="text-align: right; padding-top: 5px;"><small>Supervisor/Data</small></div>																
/ /																													
<small>Encarregado/Data</small>																													
<small>Para Preenchimento do Supervisor - Assinatura somente quando o Kaizen estiver implantado</small>																													
<small>Esta melhoria pode ser aplicada em outras células?</small>	☐ Sim ☐ Não																												
	<div style="text-align: right;">/ /</div> <div style="text-align: right; padding-top: 5px;"><small>Supervisor/Data</small></div>																												

O preenchimento do formulário é exclusivo da equipe de trabalho, chamada de célula, via encarregado de produção e sendo efetuado somente quando a melhoria fosse de fato executada.

Quanto a metodologia para coleta de dados do processo construtivo foi a planejada a observação em campo com utilização de anotações, fotografias, vídeos, medições de tempo com cronômetro e conversas com os operários. Para mapeamento do processo construtivo, com a utilização da metodologia M-PPC

3.5. Implementação

Durante a implementação deste trabalho, o autor se deparou com algumas dificuldades, as quais deu soluções como forma de viabilizar a implantação do programa de melhoria com qualidade. Outro ponto importante que foi notado pelo

autor, foi a forma de mensuração dos resultados das melhorias realizadas, que estavam focados em custo, e que tinham muita dificuldade para mensuração. O autor propôs uma alternativa, voltada à produtividade que pode ser vista em detalhes no desenvolvimento deste capítulo, junto com as dificuldades mencionadas no início deste parágrafo.

Durante a implementação foram utilizadas três metodologias para coleta de dados para a pesquisa-ação. A primeira metodologia se refere a coleta de dados de produtividade da mão de obra e interferências construtivas através de sistema de apropriação eletrônica de mão de obra. A segunda, refere-se a coleta de dados de melhoria contínua através de formulário desenvolvido chamado de kaizen de célula. Já a terceira metodologia, trata da execução do processo construtivo com dados coletados através de observações realizadas em campo.

3.5.1. Dificuldades de execução encontradas

Como dito na fase de planejamento, era necessário treinar todos os funcionários no programa de melhoria para dar início a sua implantação. Deste modo, foi estruturado criar diversas turmas de treinamento e utilizar a sala de treinamento para agilizar o trabalho. Esta estratégia foi logo refutada pelo gerente da obra.

Foi então definido que para treinar todos os funcionários, seria necessário oferecer o treinamento em seus locais de trabalho, com objetivo de impactar o mínimo possível o andamento da obra e poder contextualizar localmente o treinamento. Deste modo, equipes que ficavam no escritório do canteiro foram treinadas no escritório e demais equipes de produção e apoio à produção, grande maioria, que ficavam no campo foram treinadas no campo.

Este fato atrasou o final da implementação em três meses devido à grande dimensão da obra e as diversas equipes espalhadas ao longo de sua extensão. No entanto, trouxe uma aproximação maior junto aos funcionários quanto ao programa de melhoria.

Primeiro, foram treinadas as equipes de escritório e as equipes voltadas à produção das obras localizadas: estação de tratamento de água e estação de captação de água. Foi escolhido assim devido à facilidade inicial. Depois, vieram as equipes de montagem de adutora (foco deste trabalho), de terraplenagem e pavimentação, espalhadas ao longo de todo o trecho da obra.

Outro problema notado durante a implantação foi o grande giro de mão de obra presente no consórcio. Dezenas de funcionários eram demitidos e dezenas eram contratados por mês. Este fato fazia com que os novos funcionários entrassem para trabalhar sem o conhecimento do programa de melhoria.

Então, para evitar que novos funcionários entrassem no consórcio e desconhecem o programa de melhorias, foi definido que no treinamento de integração, que nada mais é que um treinamento inicial no qual todos os trabalhadores recebem quando são contratados pelo consórcio, haveria o treinamento do programa de melhorias. Dessa maneira, foi possível estabelecer uma igualdade de conhecimento sobre assunto com todos os funcionários.

Foi percebido, logo nas primeiras equipes treinadas, que faltava uma motivação clara para a realização dos kaizens dada o baixo estímulo que as equipes tinham para fazer este tipo de trabalho. Muitas vezes alguma melhoria havia sido feita, porém, nenhum formulário havia sido preenchido, e nenhum kaizen era contabilizado.

Tendo esta situação em vista e para estimular a realização dos kaizens pelas equipes, foram criadas duas soluções. A primeira consistia na divulgação das melhorias entre os encarregados de produção durante a reunião de mestres e encarregados. Já a segunda consistia na criação de incentivos através de reconhecimentos e brindes a serem distribuídos às equipes que realizassem os kaizens.

Quanto à divulgação dos kaizens, alguns destes eram selecionados para serem apresentados pelos seus respectivos encarregados na reunião de mestres e

encarregados, feita mensalmente na obra. Essa apresentação disseminava a melhoria feita por uma equipe e estimulava outras equipes a fazerem melhorias também.

Quanto aos incentivos, foram definidos da seguinte maneira:

- Broches com gradação de nível de acordo com o número de kaizens acumulados (um, cinco, dez, vinte e cinco e cinquenta) da equipe e distribuídos a todos os integrantes,
- Brindes de acordo com o nível de kaizens acumulados (cinco, dez, vinte e cinco e cinquenta) a serem sorteados na equipe ou entregues àquele que mais contribuiu com as melhorias.

Com estes incentivos sendo realizados logo no começo da implantação, assim que descoberto o problema citado, foi possível ganhar um ritmo de realização de melhorias maior nas equipes subsequentes, que ainda passariam pelo treinamento inicial.

Com relação ao formulário do kaizen, também houveram dificuldades. A primeira delas foi quanto ao entendimento do próprio formulário. Para esta solucionar esta dificuldade, a linguagem do formulário foi melhorada, adicionou-se a opção de desenhar ao invés de escrever em algumas partes e houve um maior acompanhamento por parte da equipe responsável pelo programa.

A segunda dificuldade foi a de identificar corretamente qual era o desperdício combatido naquela melhoria. Para esta dificuldade, foi feita uma melhor orientação nas equipes que já estavam treinadas e melhorou-se a forma do treinamento para as equipes que seriam treinadas no futuro. No entanto, até o final do período de análise deste trabalho, ainda foram notados alguns erros quanto à identificação dos desperdícios combatidos.

Outra dificuldade encontrada foi a falta de propagação das melhorias realizadas. Pelo fato da obra contar com várias equipes de uma mesma atividade, era esperado que houvesse uma troca de kaizens entre as equipes. Isto não foi

notado porque, segundo relato das próprias equipes, eles não podiam repetir o kaizen de outra equipe, ou isto seria uma cópia e o kaizen seria desconsiderado.

Para retirar este empecilho foi definido que, caso uma equipe copiasse o kaizen de outra equipe, ele valeria igual ao original no programa e traria os mesmos incentivos vistos anteriormente. Este fato fez com que o número de kaizens aumentasse vertiginosamente e trouxe uma rápida propagação das melhorias entre as equipes de mesma atividade. Ao longo do tempo, foi visto que estas equipes se tornaram cada vez mais parecidas no seu modo de atuação.

Algumas melhorias não eram passíveis de serem feitas somente com os recursos da frente de produção, gerando uma dificuldade a mais na execução dos kaizens pelas equipes. Então, os mestres e engenheiros de produção foram estimulados a ajudar os encarregados e suas equipes na execução dos kaizens aderindo aos incentivos comentados anteriormente.

Dessa forma, quando os encarregados de um mesmo mestre evoluíam na quantidade de kaizens, o mestre também evoluía. Assim também valia para o engenheiro com relação ao mestre. Com isso, aumentaram as ajudas de mestres e engenheiros aos encarregados e sua equipe na realização e propagação dos kaizens.

Por último, quando a responsabilidade de contabilizar a redução de custo com as melhorias implementadas houve uma grande dificuldade. Pelo fato dos kaizens serem melhorias pontuais e incrementais, elas traziam ganhos pequenos que eram, na prática, impossíveis de contabilizar no sistema de custos usualmente utilizado pela indústria da construção. Dessa forma, não seria possível medir os ganhos econômicos de um kaizen, a não ser que ele tivesse impacto o suficiente para se relacionar com o sistema de custo da empresa, que operava em um nível de controle mais alto do que a produção.

Para contornar esta dificuldade e mensurar os ganhos dos kaizens, foi definido que a produtividade (RUP) da mão de obra seria utilizada como o indicador de

desempenho. Desta maneira, se o acúmulo de kaizens melhorar a produtividade, certamente ele impactará positivamente no custo de produção, e de maneira indireta, trará ganhos econômicos para a empresa.

3.5.2. Coleta da Produtividade

A coleta da produtividade de cada equipe foi feita através de sistema informatizado de apropriação de mão de obra fornecido pela própria obra. O sistema funcionava da seguinte maneira:

- A produtividade planejada orçada é definida para todas as atividades a serem controladas pela obra através de uma lista
- Antes de se iniciar os trabalhos, a produtividade planejada é relacionada com atividades específicas são gerados código para medição da mesma.
- Ao iniciar o trabalho o funcionário é escaneado pelo leitor de dados para contabilização de horas
- A seguir a informação é atribuída a uma atividade planejada
- Caso houvesse alguma interferência no trabalho, haviam opções para contabilizar estas horas
- Ao encerrar o turno, havia outra atividade de escâner para encerrar a contabilização de horas
- Então, é inserida a quantidade de serviço executado
- Ao fim, todos os dados são processados para gerar a produtividade diária de cada atividade planejada

As informações de produtividade eram organizadas de acordo com a atividade e formavam as RUP diárias globais que então eram comparadas às RUP planejada e orçada; a porcentagem de interferência sobre as horas trabalhadas; e a produção executada como mostrados nas figuras abaixo com contabilização semanal.

Figura 27 - Exemplo de indicador de produtividade utilizado na obra

Na figura 27, pode ser visto o gráfico do indicador de produtividade das equipes de produção. Nele estão contidas todas as informações necessárias para gerar o gráfico de produtividade real, como a quantidade de horas trabalhadas bruta, a quantidade de horas líquida e a quantidade de serviço produzidas. Também contém neste gráfico, informações que foram planejadas ou medidas anteriormente, que servem de parâmetro para medir o desempenho da atividade como a média de produtividade, produtividade planejada e o coeficiente de produtividade orçado.

Figura 28 - Exemplo de indicador de interferências construtivas

Gráfico de Interferências / Perdas
Detalhamento da semana 47

Na figura 28, podem ser vistas as interferências construtivas contabilizadas e suas categorias. É importante ressaltar que para este trabalho, somente serão consideradas o total de horas trabalhadas e o total de horas de interferência, sendo desprezadas as categorias.

Figura 29 - Exemplo de indicador de produção

Por último, o gráfico de produção (figura 29) compara a produtividade real com a planejada, além de possuir a média de produção do último mês.

3.5.3. Melhoria contínua

A coleta propriamente dita foi instaurada via formulário chamado de “kaizen de célula”, conforme planejamento descrito na pesquisa. Durante a implementação foi visualizada a necessidade de classificar a finalidade do kaizen. Então foram criadas as seguintes finalidades:

- Montagem: para melhorias realizadas somente nas subatividades de montagem de dutos,
- Canteiro: para melhorias realizadas na estrutura e organização do canteiro de obras de forma geral,
- Segurança: para melhorias realizadas que aumentassem a segurança do trabalhador,
- Administrativo: para melhorias realizadas que aumentassem a eficiência de procedimentos administrativo,

Todas as informações dos formulários de kaizens foram contabilizadas num banco de dados e foram utilizadas para gerar indicadores sobre os seguintes aspectos:

- Evolução mensal e acumulada do número de kaizens
- Distribuição dos desperdícios solucionados
- Distribuição das finalidades
- Distribuição da replicabilidade, capacidade de copiar o kaizen por outras equipes da obra

Um exemplo de kaizen realizado na atividade de acomplamento dos tubos pode ser visto abaixo:

Figura 30 - Formulário de kaizen preenchido pela equipe

KAIZEN DE CÉLULA		CCSL	
Nome da Célula	BATE ESTACA	Identifique os Desperdícios	
Encarregado	JOÃO PAULO	☐ Superprodução	☐ Estoque
Supervisor	MATHEUS	☐ Áreas	☐ Transporte
Engenheiro	MATHEUS	☐ Movimentação	☒ Espera
Local	Est. 1000 ARMA	☐ Proc. Desnecessário	☐ Defeito
Atividade	POSIÇÃO ANO TABEM	☐ Intelectual	
PROBLEMA OU DESPERDÍCIO Descreva ou desenhe o problema ou desperdício identificado e em qual atividade FALTA DE FERRAMENTA ADEQUADA PARA A REALIZAÇÃO DO SERVIÇO.		SOLUÇÃO OU MELHORIA Descreva ou desenhe qual a solução foi aplicada FOI DESENVOLVIDA UMA FERRAMENTA PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE CHAMADA ALOPLANEIRA.	
DETALHAMENTO DO PROBLEMA OU DESPERDÍCIO Por que está acontecendo? NO ALOPLANEAMENTO NÃO POSSUÍamos FERRAMENTA ADEQUADA PARA A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE.		RESULTADO OBTIDO Quais os ganhos? GANHAMOS VELOCIDADE NA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE.	
João Paulo Oliveira da Silva Referência: Encarregado Cons. Câmara de Trabalho		Para Preenchimento do Supervisor - Assinatura somente quando o Kaizen estiver implantado Esta melhoria pode ser aplicada em outras células? ☒ Sim ☐ Não Supervisor/Data Matheus Ref: 39046 - Super Produção Cons. Câmara de Trabalho	

Neste exemplo, foi criada uma ferramenta para facilitar o acomplamento dos tubos. A situação inicial era realizado com cruzetas de madeira que já vinham

com os tubos de fábrica. Esta solução de acomplamento tinha duração elevada e punha os trabalhadores em risco de acidente devido a suscetibilidade da quebra da cruzeta de madeira.

Figura 31 - Situação antes do kaizen

Com a realização do kaizen, foi desenvolvida uma ferramenta apelidada de “aranha”, composta de dez mebrros com rosca que podem expandir e retrainr o tubo de acordo com seu perímetro. Deste modo, com mais pontos e maior ajuste do perímetro, foi possível diminuir em 60% o tempo gasto com a atividade de acomplamento. Além disso, o risco de quebra da cruzeta foi eliminado.

Figura 32 - Ferramenta desenvolvida pela própria equipe através do PMC

3.5.4. Mapeamento do Processo construtivo

As atividades foram divididas conforme suas naturezas, como mostrado abaixo:

- Operação
- Transporte mecanizado
- Transporte manual
- Estoque
- Inspeção
- Recebimento

Também foram mapeados os equipamentos que faziam os transportes mecanizados; a quantidade de operários e suas funções; e o tempo de cada atividade do ciclo produtivo.

Ao final, os dados foram organizados de duas maneiras. Primeiro, eles foram inseridos em uma tabela descritiva relacionando cada subatividade com seu tempo e recurso utilizados. Segundo, as informações coletadas descreviam o processo com texto e foto em nível operacional com linguagem própria para

Figura 34 - Processo de produção da montagem de tubos parte 2

A partir do processo construtivo desenhado, foi possível detalhar as subatividades componentes da construção da adutora em forma de tabela para fins de padronização a nível operacional. Para isso, foram levantadas a descrição das subatividades, o tempo de execução e os recursos utilizados com

ajuda de um formulário. Um exemplo deste detalhamento pode ser visto na figura 35.

Figura 35 - Folha de processo da atividade de solda

Trabalho padronizado - Solda													
Item	Descrição das atividades	Nº	Responsável	Foto	Tempo								Observação
					32"		84"		72"				
					6,4mm	11,1mm	12,7mm	15,8mm	9,5 mm	11,1mm	12,7mm	14,3mm	
1	Pre-aquecimento e retirada da unidade das juntas	2 ⁽¹⁾	Lixador		00:01:00 até 00:03:00	00:02:00 até 00:11:00	00:02:00 até 00:11:00	00:02:00 até 00:11:00	00:02:00 até 00:09:00	00:02:00 até 00:09:00	00:02:00 até 00:09:00	00:02:00 até 00:09:00	(1) Para 32" apenas um lixador
2	Execução do pontamento de solda na junta	5	Acoplador (1), Soldadores (2), Lixadores (2)		Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	Executado junto com a atividade de lançamento de tubo	
3	Execução da soldagem - Raiz	5	Soldadores (2), Lixadores (2), Ajudante (2)		00:05:00 até 00:42:00	00:46:00 até 02:20:00	00:46:00 até 02:20:00	00:46:00 até 02:20:00	00:40:00 até 02:00:00	00:40:00 até 02:00:00	00:40:00 até 02:00:00	00:40:00 até 02:00:00	
4	Execução da limpeza de solda - Raiz	2 ⁽¹⁾	Lixador (2)		00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	(1) Para 32" apenas um lixador
5	Execução da soldagem - Reforço	4	Soldadores (2), Lixadores (2), Ajudantes (2)		00:01:00 até 00:15:00	00:39:00 até 01:52:00	00:39:00 até 01:52:00	00:39:00 até 01:52:00	00:33:00 até 01:36:00	00:33:00 até 01:36:00	00:33:00 até 01:36:00	00:33:00 até 01:36:00	
6	Execução da limpeza de solda - Reforço	2 ⁽¹⁾	Lixador (2)		00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:05:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	00:01:00 até 00:04:00	(1) Para 32" apenas um lixador
7	Execução da soldagem - Enchimento e limpeza entre passes e Execução do acabamento.	4	Soldadores (2), Lixadores (2), Ajudantes (2)		00:18:00 até 01:54:17	02:13:00 até 05:00:00	02:34:00 até 05:00:00	03:28:00 até 05:00:00	01:57:00 até 04:17:09	02:15:00 até 04:17:09	02:33:00 até 04:17:09	02:52:00 até 04:17:09	
8	Execução da limpeza de solda - Acabamento	2	Lixador (2)		00:01:00 até 00:03:00	00:04:00 até 00:24:00	00:04:00 até 00:24:00	00:04:00 até 00:24:00	00:02:00 até 00:21:00	00:02:00 até 00:21:00	00:02:00 até 00:21:00	00:02:00 até 00:21:00	

Juntas, essas duas informações definem o processo de produção padronizado.

3.6. Avaliação dos resultados

Como parâmetro de avaliação dos impactos na produtividade, a evolução dos kaizens foi medida mensalmente através do recebimento e análise dos formulários de kaizen de célula descritos anteriormente.

O gráfico da figura 36 ilustra a quantidade de formulários recebidos por mês e o acumulado de todas as equipes da frente de serviço AAB (número superior ao das oito equipes estudadas). Nele podemos visualizar um aumento nos primeiros três meses e depois uma estabilização do crescimento no quarto mês.

Para a atividade de montagem de dutos nas equipes estudadas, não houve impacto quanto à dificuldade de aceitação da realização de kaizens pelos integrantes da equipe. Isto ocorreu porque as dificuldades foram superadas logo no início da implantação do PMR, antes mesmo de chegar nas equipes que estavam espalhadas nas obras lineares da AAB, como as desta análise.

Figura 36 - Evolução dos kaizens na atividade

As informações quanto ao tipo de desperdício encontrado foram contabilizadas e estratificadas como no gráfico da figura 37.

Nele, pode-se perceber que os três maiores desperdícios encontrados são: área, defeito e espera.

O desperdício de área encontrado nos kaizens recebidos está associado ao aproveitamento da área do canteiro para utilização de estoque de produção, área de vivência dos funcionários (barraca, refeitório, banheiros), acessos do canteiro e equipamentos de canteiro.

Neste caso, o desperdício de defeito está associado a problemas de qualquer natureza, seja operacional ou não-operacional da frente de serviço e necessitam de reparo.

Já a espera está associada ao tempo ocioso da mão-de-obra que não podia ser aproveitado por qualquer motivo alheio a sua vontade. Dessa forma, o operário é obrigado a esperar para poder realizar sua atividade. Este fato denota uma

falta de dimensionamento e coordenação da equipe na realização de sua atividade.

Figura 37 - Estratificação dos desperdícios encontrados

Outro item analisado durante o processamento dos dados provenientes dos formulários foi a replicabilidade. Quando um kaizen é marcado como replicável, significa que esta melhoria pode ser incorporada por outra equipe que realiza a mesma atividade ou similar. Já quando não é marcado, significa que a melhoria só faz sentido naquela equipe.

O gráfico da figura 38 mostra que a grande maioria dos kaizens, 89%, são marcados como replicáveis, ou seja, tem alto potencialidade de impactar outras equipes. Na prática, isto significa que os ganhos obtidos ao se realizar um kaizen replicável têm escala ao ser implementado por todos que executam a mesma atividade.

Com o incentivo de se copiar uma melhoria previamente realizada e pelo fato de todas as equipes analisadas executarem a mesma atividade, o autor acredita

que isto influenciou o número medido para cima, atingindo quase que sua totalidade.

Figura 38 - Replicabilidade dos kaizens

Ainda durante o processamento dos kaizens, os mesmos foram segregados em quatro modalidades:

- Administrativo: voltado às atividades que não são de produção, como cartão de ponto, transporte ao local de trabalho e afins.
- Canteiro: voltado às instalações e organização da área de vivência dos trabalhadores.
- Montagem: voltado às atividades de produção de montagem de adutora, compreendendo todo o ciclo produtivo.
- Segurança: voltado à melhoria em relação às condições de segurança do trabalho.

Como pode ser observado na figura 39, a grande concentração dos kaizens se deu nas finalidades produtivas de montagem de adutora. Este fato terá impacto nos indicadores de produção que serão mostrados em seguida.

Figura 39 - Finalidade dos kaizens

As informações de quantidade produzida mensal encontram-se no gráfico da 41.

No gráfico da figura 40 pode-se perceber um aumento da produção de todas as equipes em relação ao primeiro mês da pesquisa-ação. No entanto, pode-se notar que a variabilidade não diminuiu em relação ao primeiro mês de implantação.

Figura 40 - Produção de adutora por metro linear

Diferentemente do esperado, uma diminuição da variabilidade, a produção não se comportou desta maneira devido a dois fatores:

- 1) Havia basicamente dois tipos de equipes de montagem de dutos, o primeiro tipo construía com tubos de 7 metros de comprimento em média. Já o segundo tipo, construía com tubos de 14 metros. Este fato é refletido em todos os gráficos apresentados no trabalho. Pode-se perceber que as equipes que tem produção maior muito maior que as demais estão trabalhando com tubos de 14 metros.
- 2) Durante a pesquisa, a obra constatou que trabalhar com tubos maiores, mesmo que precisasse de mais equipamentos de construção, gerava uma maior produção mensal com uma produtividade similar a construção com tubos de 7 metros. Este fato levou a transformar aos poucos, algumas equipes de 7 em 14 metros.

Com estes fatos, algumas equipes tiveram sua produção aumentada durante a fase de coleta de dados e por isso a variabilidade da produção não diminuiu ao longo do tempo.

Outra informação importante analisada é a quantidade de horas-homem gastas com interferências e a porcentagem de horas produtivas, mostrada no gráfico das figuras 41 e 42, respectivamente.

Figura 41 - Horas-homem gastas com interferências construtivas **Figura 42 - Porcentagem do tempo gasto com produção**

É possível perceber uma queda da quantidade de horas gastas com interferências ao longo do tempo, o que corrobora com o aumento da quantidade produzida e uma diminuição da RUP direta que será mostrada mais adiante.

De novo, se compararmos com o aumento dos kaizens realizados, podemos perceber que existe também uma correlação com a diminuição da quantidade de horas-homem gastas com interferências construtivas. E, ao compararmos com a distribuição dos desperdícios apontados nos kaizens mostrados na figura 37, vemos que dois entre os três mais apontados: defeito e espera, contribuem para esta redução do tempo improdutivo.

Casos de defeito em equipamentos ou materiais, e sobre a infraestrutura construída são posteriormente corrigidas e apontadas como retrabalho nas interferências construtivas. Desse modo, uma redução dos defeitos na produção através da realização de kaizens contribui com a redução horas gastas com interferências.

Nos casos de espera ocorre algo parecido. Devido a diversos fatores constatados durante a observação feita na realização da pesquisa, eventualmente membros da equipe são obrigados a esperar para que possam progredir com suas atividades. Em algumas situações, esse tempo de espera pode ser apontado com interferência, então os kaizens que visavam reduzir o desperdício de espera, também tiveram impacto na redução do tempo gasto com interferências.

A seguir, são mostrados 2 gráficos, provenientes dos mesmos dados de produtividade coletados.

No primeiro, é mostrada a evolução da RUP direta de cada equipe contabilizando as horas-homem gastas com interferências construtivas. Já no segundo, é mostrada a evolução da RUP direta de cada equipe sem contabilizar as horas-homem gastas com interferências construtivas.

É possível então, correlacionar esta análise com a análise anterior e verificar que, de fato, uma diminuição de interferências impacta em uma melhora na produtividade. Também é possível perceber que a correlação entre a RUP acumulada com a quantidade de kaizens e com o aumento da produção se mantém nestes gráficos.

Figura 43 - RUP direta com interferências construtivas **Figura 44 - RUP direta sem interferências construtivas**

Olhando estes dados sob a ótica da variabilidade, foram produzidos dois gráficos (figuras 43 e 44) de RUP direta com e sem contabilizar as interferências construtivas, da mesma maneira que os dois anteriores.

Neles, podem ser vistas as diminuições do valor máximo, mínimo e médio da RUP direta, considerando todas as equipes de produção. Também pode ser visto que o desvio padrão teve uma redução de mais de 88% em relação ao primeiro mês. Este mesmo fenômeno pode ser visualizado nos gráficos anteriores através da maior proximidade entre os valores de cada equipe.

Esta brusca redução do desvio padrão tem origem em duas razões que puderam ser observados durante a execução da pesquisa-ação:

- 1) A grande quantidade de melhorias feitas inicialmente por uma equipe e que foram copiadas pelas demais equipes. Isto acabou levando a uma relativa uniformização da metodologia executiva das subatividades na frente de serviço,
- 2) O esforço de padronizar o processo construtivo, ao levantar dados e criar a documentação para treinar as novas equipes e funcionários na metodologia executiva praticada pela obra, e para também disseminar o padrão entre as equipes existentes.

Figura 45 - Variações da RUP direta com interferências construtivas **Figura 46** - Variações da RUP direta sem interferências construtivas

As informações de produtividade foram organizadas através da RUP diretas de cada equipe de produção de forma acumulativa e mostradas nos gráficos das figuras a seguir.

Neste gráfico, pode-se perceber uma diminuição mês a mês da produtividade da maioria das equipes e uma convergência da RUP cumulativa de cada equipe, que inicialmente estava variando de 30 a 190 horas-homem por metro linear de adutora para uma faixa variando entre 20 e 50, bem mais restrita que a inicial. Ou seja, foi possível diminuir a variabilidade, que no início estava em 9 vezes o valor mais baixo, para cerca de duas vezes e meia.

Isto é, com o aumento do número de melhorias implementadas (figura 36) e a padronização dos processos construtivos, houve uma melhora nos índices de RUP cumulativa de cada equipe e uma diminuição de sua faixa de variação.

Se no início da pesquisa-ação, a RUP cumulativa estava com comportamento difuso e com alta variabilidade, após sua implementação isto se inverteu e passou a se comportar de maneira mais estável e com menor variabilidade à medida que o número de kaizens crescia. O autor acredita que este fato implica em uma correlação entre as duas variáveis, sendo reforçado pela implementação da padronização de processos na montagem da adutora.

Figura 47 – RUP cumulativa de cada equipe

3.7. Considerações finais

De forma geral, os gráficos e análises mostram que no decorrer dos quatro meses de pesquisa, houve um impacto positivo significativo nos principais indicadores de produção das equipes de montagem de tubos estudadas. Todos estes impactos se mostraram relacionados com a quantidade de melhorias observados durante o mesmo período. Este fato ainda é reforçado pela alta porcentagem de kaizens que foram feitos estritamente com finalidade de melhorar a atividade de montagem.

No entanto, a pesquisa ainda visualizou alguns erros no preenchimento dos formulários de kaizen. A maior dificuldade encontrada foi a correta seleção dos desperdícios combatidos. Embora estes erros existam, não impactaram a realização da melhoria. Porém, o autor recomenda uma simplificação da tabela de desperdícios a ser utilizada em implementações futuras.

Ao final do quarto mês, foi notada uma diminuição na quantidade de kaizens realizados, que ficou próximo do terceiro mês analisado. Esta desaceleração pode indicar que houve uma saturação de melhorias no método construtivo, e portanto, fazer novas melhorias ficou mais difícil. Ou, que houve uma diminuição do interesse das equipes no PMC. A presente pesquisa não pode afirmar qual dos dois cenários aconteceu, no entanto, o autor ressalta que ambos podem ter ocorrido simultaneamente.

Com o passar do tempo e a realização de kaizens os processos construtivos de algumas atividades da montagem de adutora ficaram desatualizadas. Isto ocorreu devido ao grande volume de melhorias que eram realizadas por mês, tornando o trabalho de padronizar muito demorado, pois se necessitava atualizar os padrões e divulgá-los. No momento da divulgação, novas melhorias já haviam sido feitas e isto colocou o método de padronizar em cheque.

Foi possível visualizar durante a pesquisa, o atingimento de diversos pontos do nível dois de evolução da melhoria contínua de acordo com Bessant, Caffyn, Gallagher (1999):

- Todo pessoal estava treinado e preparado para MC através de técnicas simples de resolução de problemas através do PMC,
- A MC contou com uma alta participação efetiva das equipes de produção e de diversos setores do consórcio construtor,
- Houve muita troca de informações sobre melhorias nos processos através da disseminação e cópia das melhorias realizadas por equipes de atividades similares,
- MC estava estruturada dentro de um programa e inserida no dia a dia das atividades.

O autor acredita que isto somente foi possível ser obtido através da maior responsabilidade dada à equipe de produção que o PMC trazia em sua metodologia. Isto ficou claro com o aumento da produtividade obtido através de inúmeras melhorias feitas pelas próprias equipes, com pouca ou nenhuma ajuda

externa. Mostra-se que estas mesmas melhorias já eram possíveis de serem feitas, o que faltava era motivação e confiança para tal.

Logo, o autor considera que a pesquisa demonstrou como é a melhoria contínua na prática dentro de uma grande obra de infraestrutura. Demonstrou também o impacto conjunto da MC e da padronização de processos diretamente nos índices de produtividade da atividade de montagem de adutora. E, como consequência de todo o processo, trouxe as dificuldades encontradas durante a implantação para subsidiar a melhoria contínua do tema estudado.

4. Conclusões

Foi possível observar através da pesquisa-ação apresentada neste trabalho, que a melhoria contínua aliada à padronização de processos pode trazer ganhos de produtividade de mão de obra para a construção civil em obras de infraestrutura, como a mostrada na pesquisa. Também foi possível perceber as dificuldades de se implementar tais conceitos na prática da construção atual.

Outro ponto importante que merece destaque foi a permeabilidade do programa de melhoria contínua dentro das equipes de produção. Através maior responsabilidade dada às equipes para que as mesmas fizessem as melhorias e dos incentivos distribuídos, foi possível perceber um alto engajamento dos operários na realização dos kaizens. De modo diferente, sem o engajamento das equipes, o autor acredita que a pesquisa não teria sucesso.

Embora os ganhos de produtividade sejam claros, como mostrado nos gráficos da pesquisa, ainda não se sabe o impacto destes ganhos no longo prazo. Isto significa dizer que existe a hipótese de que pode-se atingir um ponto de saturação deste tipo de melhoria e, a partir deste ponto, as demais melhorias tenham pouquíssimo impacto ou até não aconteçam devido a não possibilidade de melhorar o processo. Este fato ainda deve ser investigado em próximas pesquisas.

Diferente do lugar comum da melhoria contínua e suas ferramentas, como PDCA, DMAIC e outras, esta pesquisa mostrou como o conceito da MC, proveniente da filosofia *Lean*, pode ter impacto direto na produção e produtividade da construção. Com apenas a utilização do conceito, foi projetado um programa para trazer a MC diretamente àqueles que mais trariam benefícios à produtividade e mais se beneficiariam no dia a dia, as equipes de produção. Desta maneira, a MC se tornou simples e acessível a todos os operários, o que incentivou seu funcionamento e motivou o sucesso do programa.

Quanto aos demais impactos da MC, durante a pesquisa foi presenciado um incremento de desempenho em outros indicadores do sistema de gestão da obra. No entanto, os indicadores presenciados, índice de reparos e número de acidentes e quase acidentes de trabalho, não foram relacionados nesta pesquisa. Esta possível relação da MC com outros indicadores de gestão deve ser relacionada em pesquisas futuras.

Por fim, esta pesquisa consolida conceitos importantes da MC na construção civil num caso prático. E ainda, mostra que é possível trazer a responsabilidade de melhorar o processo construtivo para a mão de obra que o executa.

Como próximos passos para desenvolvimento deste tema, estão:

- Impacto na produtividade da MC feita pelos operários no longo prazo,
- Demais impactos da MC em outros indicadores de gestão da produção e gestão de obras.

5. Referências

- ADLER, P. S.; COLE, R. E. Designed for learning: a tale of two auto plants. **Sloan Management Review**, 1993.
- ALARCON, L. **Lean Construction**. 1. ed. [S.l.]: CRC Press, 1997.
- ANAND, G. et al. Dynamic capabilities through continuous improvement infrastructure. **Journal of Operations Management**, 2009.
- ARANTES, P. C. F. G. **Lean Construction - filosofia e metodologias**. Faculdade de engenharia, Universidade do Porto. Porto. 2008.
- BESSANT, J.; CAFFYN, S. A capability-based model for continuous improvement. **International Conference of teh Euroma**, 1996.
- BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. An evolutionary model of continuous improvement behaviour, 1999.
- CAFFYN, S.; GRANTHAM, A. Fostering continuous improvement within new product development process. **International Journal of Technology Management**, Geneva, p. 843-856, 2003.
- CARDOSO, F. F. **Strategies d'entreprises et nouvelles formes de rationalisation de la production dans le batiment au Bresil et en France**. École Nationale de Ponts et Chaussées. França, p. 478. 1996.
- CBIC. **Produtividade na Construção**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. São Paulo. 2014.
- CNI. **Custo do trabalho e produtividade: comparações internacionais e recomendações**. Confederação Nacional da Indústria. [S.l.]. 2014.
- CUNHA, R.; COSTA, S. G. A importância de ações coordenados na edificação. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 8-10, março 2014.
- DAVENPORT, T. H. **Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology**. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- ENGEBØ, A. et al. Geographical distribution of interest and publications of lean construction. **Proceedings IGLC**, Heraklion, 2017.
- ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, v. 16, p. 181-191, 2000.
- HOLTSKOG, H. Continuous Improvement beyond the Lean understanding, 2013.
- HOWELL, G. A. WHAT IS LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings IGLC-7** , 1999.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**: os novos passos para o planejamento da qualidade de produtos e serviços. São Paulo: Pioneira, 1992.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's Handbook of Quality**. 4. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1988.

KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction**. Stanford University. [S.l.]. 1992.

LIKER, J. **O Modelo toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MCKINSEY&COMPANY. **Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity**. Mckinsey Global Institute. [S.l.], p. 168. 2017.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. Lean Institute Brasil. [S.l.]. 2002.

SILVA, F. B. **Planejamento de Processos de Construção para a Produção Industrializada de Edifícios Habitacionais: Proposta de Modelo**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 191. 2012.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da mão de obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

SPEAR, S. B. H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production. **Harvard Business Review**, p. 97-106, September-October 1999.

TAYLOR, W. A.; WRIGHT, G. H. The contribution of measurement and information infrastructure to TQM success. **Omega** 34, 2006.

W. GRUBBSTROM, R. Modelling production opportunities - An historical overview. **International Journal of Production Economics**, 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

Anexos

PP – PADRÃO DE PROCESSO - LANÇAMENTO DE TUBO E ACOPLAMENTO

1. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- IEIS (Instrução de execução de Inspeção de soldagem)
- NTS-034 (Soldagem)
- CCSL/IT/025 – Qualificação de Procedimento, soldadores e operadores de soldagem
- CCSL/IT/026 – Recebimento, Armazenamento e Distribuição de Consumíveis de Soldagem
- CCSL-IT-024 (Abaixamento de tubo, cobertura da vala e desmontagem do escoramento)
- CCSL-IT-023 (Abertura de vala, montagem de escoramento e preparação do fundo de vala)
- CCSL-EPS-001 a 010/ 014 a 021 (Especificação do Procedimento de Soldagem)
- CCSL-APR2-009 (Análise Preliminar de Risco)
- CCSL-IT-020 – (Recebimento, manuseio e armazenamento de tubos)

2. MATERIAIS UTILIZADOS

• Disco de corte	• Disco de desbaste
• Gás GLP	• Escova rotativa
• Vareta Tig	• Areia
• Gás Argônio	• Sacos
• Disco de lixa	

3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

- Escavadeira
- Escavadeira com Martelo
- Cintas
- Tocha completa
- Cilindro de Argônio
- Macaco Hidráulico
- Alavanca
- Lixadeira
- Máquina de Solda
- Gerador
- Manilhas
- Kit Oxicorte
- Enxadas
- Pá
- Trena fita de aço
- Calibre de soda

4. CONDIÇÕES INICIAIS

- Escoramento de vala pronto
- Guarda corpo instalado

5. EXECUÇÃO

O fundo de vala é iniciado logo após o término da escavação, pois a atividade começa com a regularização do terreno que foi escavado, muitas vezes sobra terra entre as estacas ou há alguma irregularidade no fundo da vala, esse serviço é feito manualmente com pás e enxadas. O próximo passo é o derramamento de uma camada de aproximadamente 10 cm de areia no fundo com uma pá

carregadeira, os ajudantes espalham essa areia e fazem as fogueiras de sacos (Sacos cheios de areia que servem de apoio para o tudo).

Figura 01 – Fundo de vala.

O lançamento do tubo é feito com o SideBoom, o tubo é içado com duas cintas de carga e levado até dentro da vala, ele fica escorado nas fogueiras. A partir desse ponto, começa a limpeza de bisel se o tubo não precisar de nenhum corte, ou seja, se não precisar “dar um grau”. Caso o tubo necessite ser cortado é preciso tirar o revestimento, medir o tamanho do corte, riscar os pontos a serem cortados e para terminar o processo, cortar o tubo com o kit oxicorte. Depois que o tubo foi cortado, o bisel precisa ser refeito com a lixadeira.

Figura 02 – Lançamento do Tubo com o SideBoom.

Antes de começar o acoplamento, é necessário fazer o posicionamento do “pau de carga” com o auxílio de uma escavadeira. Essa movimentação é controlada por um acoplador, pois é ele quem vai trabalhar com o “pau de carga”. É passada uma cinta ao redor do tubo para que ele possa ser içado e movimentado até que as extremidades estejam bem próximas. Logo depois da apresentação das extremidades, começa a atividade que se chama acoplamento (Pontos de solda no perímetro do tubo, para a sua união), o acoplador fica na parte interna do tubo, ajustando o seu perímetro com um macaco hidráulico, e os soldadores ficam na parte externa dando pontos de solda TIG em lugares estratégicos indicado pelo acoplador para que a diferença entre uma extremidades não passe de 03 mm .

Figura 03 – Acoplamento do Tubo com o Pau de Carga

6. FLUXO DOS SERVIÇOS

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

- Controle de alinhamento do tubo com o Calibre de Solda

8. SEGURANÇA DO TRABALHO

- Soldadores e acopladores devem usar os EPI's e EPC's para atividade de solda e lixamento

- Sinalizar a área em espaço confinado
- Somente pessoas treinadas e autorizadas poderão entrar no espaço confinado
- Nas atividades acima de 2 metros com risco de queda, utilizar cinto de segurança
- No momento da atividade de acoplamento somente as pessoas que vão executar a atividade devem permanecer no espaço confinado

9. BOAS PRÁTICAS

- Para que a atividade seja mais rápida é utilizado um macaco hidráulico para alinhar a ondulação das extremidades dos tubos.

- Na movimentação de tubos utilizando a corda guia foi feito um dispositivo para facilitar a amarração da corda guia.

- Malão de trinca interna para os cabos de solda e ferramentas portáteis.

- Degrau para trabalhar na parte interna do tubo.

- Olhal do pau de carga móvel.

- Acopladeiras.

- Linha de vida móvel para a instalação nas estacas prancha.

- Protetor do refletor.