GUSTAVO DOS SANTOS GUIMARÃES DE AGUIAR

Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios

São Paulo
2016

GUSTAVO DOS SANTOS GUIMARÃES DE AGUIAR

Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre
Profissional em Inovação na Construção
Civil

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira
Cardoso

São Paulo

2016

GUSTAVO DOS SANTOS GUIMARÃES DE AGUIAR

Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre
Profissional em Inovação na Construção
Civil

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira
Cardoso

São Paulo

2016

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, 20 de Junho de 2016

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Aguiar, Gustavo dos Santos Guimarães de
Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios / G. S.
G. Aguiar -- versão corr. -- São Paulo, 2016.
129 p.

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

1.Logística 2.Canteiro de obras 3.Construção civil 4.Produtividade
5.Criatividade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento
de Engenharia de Construção Civil II.t.

À minha família.

A todos aqueles que acreditam que é possível.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP.

Ao Prof. Dr. (Orientador) Francisco Ferreira Cardoso, pelo espírito positivo, disposição em compartilhar e contribuir, paciência, incentivo, amizade e sabedoria. Contribuiu muito para minha formação e para o sucesso do programa de Mestrado Profissional no Departamento de Construção Civil.

Ao Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes e ao Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira, pelas contribuições e orientações nas bancas de qualificação e defesa, respectivamente. Ao Prof. Dr. Flávio Leal Maranhão, pela paixão contagiante com que atua na área da construção civil e pelo incentivo, nas duas bancas.

Aos professores do Mestrado Profissional Construlnova, que contribuíram com o incremento de minha formação e visão profissional.

Aos meus colegas de sala, desbravadores desta primeira turma de Mestrado Profissional da Escola Politécnica.

À Método Potencial Engenharia, casa que me abriu caminhos, inclusive o do Mestrado, onde pude aprender muito e converter parte destes conhecimentos em ações e resultados. Em especial às minhas equipes de obra e às lideranças que tiveram papel fundamental no meu desenvolvimento: Hugo Marques da Rosa, Jorge Almada, Leandro Faro, Luiz Ricardo Buff e Eduardo Fiore. E todos os colaboradores da empresa, com destaque para àqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial Flávia Oliveira, Daniele Stefanini, Bruno João e Rafael Tadeu.

Aos fornecedores e clientes com os quais tive o privilégio de interagir.

À ISSIM Engenharia e Projetos, pelo entusiasmo e criatividade, uma fonte de inspiração.

A todos os meus familiares pela confiança, carinho, incentivo e vibração ao longo não apenas nesta jornada, mas em todos os momentos da minha vida, em especial aos meus pais Cristina e Gilberto (admiradores incondicionais!), aos meus tios Roberto e Anamaria, e à tia Leila. Ao meu pai Sergio, que não está mais neste mundo.

À minha esposa Karine, ao meu lado desde antes de eu saber o que seria do meu futuro, sempre com alegria, entusiasmo, poder de realização, carinho, amor, confiança e respeito. Minha fonte de vida e motivação.

Aos meus filhos Caio e Gustavo, que nasceram durante o programa de mestrado (para apimentar o desafio) e trouxeram um novo sentido à minha vida. Espero que eu possa converter toda esta alegria e energia que eles me fornecem em educação, carinho e valores.

Ao tempo, recurso irrecuperável que lutou comigo durante todo o mestrado, roubou-me noites e mais noites de sono e levou-me perto da definição de impossível. Mas estas barreiras me fizeram ser maior e valorizar ainda mais cada conquista.

A todas as pessoas que, muitas vezes com uma só frase, contribuíram com meu crescimento. As sementes plantadas florescem, mas cedo ou mais tarde.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e com a minha formação profissional.

“A imaginação é mais importante do que o conhecimento”

Albert Einstein

“Don’t stop believin’.”

Journey

RESUMO

A indústria da construção civil tem uma importância significativa para a economia do País. Em um mercado cada vez mais competitivo uma estratégia para aumentar o desempenho na construção de edificações é melhorar a produtividade e reduzir as perdas através da otimização da logística de canteiro de obras. O presente trabalho tem como objetivo propor diretrizes para elaboração de um plano de gerenciamento de logística de canteiro de obras, com foco em materiais, para a construção de edificações verticais. Foram utilizados como métodos a revisão bibliográfica, uma pesquisa quantitativa e uma pesquisa de campo que aborda uma grande empresa de engenharia e a análise dos aspectos logísticos de um de suas obras, a construção de um hospital, que contou com a participação do autor. Apesar do mercado enxergar valor em ações que contribuam para a logística da obra, são pouco evidentes processos ou planos efetivamente implantados, dedicados ao tema, que auxiliem no processo de tomada de decisões. Como contribuição, o trabalho reúne experiências e orientações para auxiliar o planejamento e o controle da logística de canteiro, promovendo inovação no processo de gestão.

Palavras-Chave: Inovação. Construção civil. Produtividade. Logística. Canteiro de obras.

ABSTRACT

The construction industry has a significant importance for the economy of the country. In a more and more competitive market a strategy to increase performance in the construction of buildings is to improve productivity and reduce losses by optimizing the construction site logistics. This research aims to propose guidelines for the development of a logistics management plan of the construction site, focusing on materials, for the construction of vertical buildings. The research methods comprises a literature review, a quantitative survey and a field's research that studies a large engineering company and the logistics of one of his projects, the construction of a hospital, which had the participation of the author. Despite the market see value in actions that contribute to the logistics work, are little evident processes or plans effectively implemented, dedicated to the topic, to assist in the decision making process. As a contribution, the research brings together experiences and guidelines to assist the planning and control of construction site logistics, promoting innovation in the management process.

Keywords: Innovation. Civil construction. Productivity. Logistic. Construction site.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Conceitos Fundamentais do SLP (Fonte: adaptado de MUTHER, 1973)	35
Figura 2 – Sistema de Procedimento do SLP (Fonte: ELIAS et al.,1998)	37
Figura 3 – Carta de Interligações Preferenciais (Fonte: ELIAS et al.,1998)	38
Figura 4 – Exemplo de análise das distâncias e relações e rearranjo do diagrama (Fonte: MUTHER, 1978).....	40
Figura 5 – Exemplo de elaboração do arranjo físico (layout) em função do diagrama (Fonte: MUTHER, 1978).....	40
Figura 6 - Definição de Logística no Canteiro de obra, aplicado ao Processo de Alvenaria (Fonte: CRUZ, 2002)	59
Figura 7 – Ciclo de vida dos projetos (fonte: divulgação Método)	75
Figura 8 – Estrutura de gestão das obras dentro do portal virtual de cada contrato (fonte: Método Potencial Engenharia)	76
Figura 9 – Implantação das torres no terreno (fonte: divulgação Método)	78
Figura 10 – Implantação das guias no terreno (fonte: divulgação Método)	81
Figura 11 – Formulário para preenchimento de tempo de funcionamento (Fonte: Método Potencial Engenharia)	85
Figura 12 – Horímetro instalado dentro do quadro de comando do elevador cremalheira (Fonte: Método Potencial Engenharia)	85
Figura 13 – Produtividade dos elevadores cremalheira – medição inicial (Fonte: Método Potencial Engenharia)	86
Figura 14 – Distribuição normal da produtividade dos elevadores cremalheira (Fonte: Método Potencial Engenharia)	87
Figura 15 - Alteração na forma de carregamento de ensacados (Fonte: Método Potencial Engenharia)	88
Figura 16 – Rearranjo de paletes de blocos cerâmicos (Fonte: Método Potencial Engenharia)	89
Figura 17 –Cremalheira sendo carregada manualmente com placas de drywall (Fonte: Método Potencial Engenharia).....	89
Figura 18 – Carrinho para transporte de placas de drywall (Fonte: Método Potencial Engenharia)	90
Figura 19 – Comparativo entre as médias de produtividade antes e depois da implantação das melhorias (Fonte: Método Potencial Engenharia).....	93
Figura 20 – Comparativo entre as médias de produtividade antes e depois da implantação das melhorias (Fonte: Método Potencial Engenharia).....	94
Figura 21 – Empilhadeira à combustão e doca de acesso às cremalheiras (Fonte: o autor).....	96

Figura 22 – Planta logística (Fonte: o autor)	97
Figura 23 – Sinalização de piso (Fonte: o autor).....	98
Figura 24 – Isolamento de áreas (Fonte: o autor)	98
Figura 25 – Gráfico com a quantidade mensal de caminhões recebidos no período noturno (Fonte: Método Potencial Engenharia).....	100
Figura 26 – Gráfico indicando a quantidade de caminhões em fila, por horário (Fonte: Método Potencial Engenharia)	100
Figura 27 – Gráfico com a quantidade de caminhões recebidos por tipo de material (Fonte: Método Potencial Engenharia)	102
Figura 28 – Estrutura de desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico (Fonte: o autor)	105
Figura 29 – Etapas do processo (Fonte: o autor)	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - PIB e ocupação na cadeia da construção em 2014 (Fonte: ABRAMAT, 2015).....	13
Quadro 2 - Elevadores cremalheiras analisados (Fonte: Método Potencial Engenharia).....	86
Quadro 3 – Exemplo de composição de fornecimento de serviços e impactos na logística (Fonte: o autor).....	108
Quadro 4 – Exemplo de planilha de materiais - decomposição de serviços (Fonte: o autor).....	109
Quadro 6 - Exemplo de cronograma de materiais (Fonte: o autor)	110
Quadro 6 – Exemplo de planilha de identificação e dimensionamento de elementos de canteiro (Fonte: o autor).....	111
Quadro 7 – Exemplo de matriz de soluções de transporte (Fonte: o autor)	112

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CIB	The International Council for Research and Innovation in Building and Construction
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
FVG	Fundação Getúlio Vargas
ISO	International Organization for Standardization
m	metro
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma regulamentadora
OHSAS	Occupational health & safety advisory services
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PMP	Project Management Professional
s	segundos
SLP	Systematic Layout Planning

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização	13
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivo geral	18
1.4 Objetivos específicos	18
1.5 Métodos de pesquisa	19
1.6 Delimitações	20
1.7 Estrutura da dissertação	20
2 GESTÃO DA PRODUÇÃO	22
2.1 Produção enxuta	22
2.3 Ferramentas e metodologias de gestão da produção	25
2.4 O PMI e o PMBOK	25
2.5 Canteiro de obras	28
2.6 O SLP (Systematic Layout Planning)	33
2.7 Produtividade	41
2.8 Estoques	42
2.9 Perdas na construção civil	42
2.10 Inovação na construção civil	47
3 LOGÍSTICA	53
3.1 Logística - contexto histórico	53
3.2 Logística empresarial	54
3.3 Logística de canteiro de obras	56
3.4 Equipamentos para logística de canteiro de obras	62
3.4.1 A grua	63

3.4.2 O elevador cremalheira	66
3.4.3 Outros equipamentos de transporte	67
4.1 Estrutura da pesquisa	69
4.2 Análise dos resultados	70
4.1.1 Planejamento logístico	70
4.1.2 Ferramentas de dimensionamento	71
4.1.3 Indicadores de desempenho	71
4.1.4 Fase do planejamento	71
4.1.5 A importância da gestão logística.....	72
4.3 Conclusão da pesquisa	72
5 ESTUDO DE CASO	73
5.1 Apresentação	73
5.1.1 Introdução sobre o estudo de caso	73
5.1.2 A Método Potencial Engenharia	73
5.1.3 Ferramentas de gestão	75
5.1.4 O Plano de Gerenciamento do Projeto.....	76
5.2 Estudo de caso – ampliação de Hospital.....	77
5.2.1 Gruas.....	80
4.2.2 Elevadores cremalheiras	81
5.2.3 Transporte horizontal.....	94
4.2.4 Organização de canteiro	96
4.2.5 Agenda logística.....	98
5.2.6 Discussão do estudo de caso.....	102
6 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE GERENCIAMENTO LOGÍSTICO PARA OBRAS DE EDIFICAÇÕES.....	104
6.1 Apresentação	104

6.2 Coleta de dados	106
6.3 Detalhamento de serviços	107
6.3 Quantificação de materiais	108
6.4 Elaboração de cronograma de materiais.....	109
6.5 Identificação e dimensionamento dos elementos de canteiro	111
6.6 Definição de equipamentos de transporte	112
6.6.1 Dimensionamento da cremalheira.....	113
6.7 Elaboração de layout de canteiro de obras	117
6.8 Definição de procedimentos operacionais e matriz de responsabilidades	118
6.9 Definição de ferramentas de controle e indicadores	118
6.10 O Plano de Gerenciamento Logístico.....	119
6.11 Controle integrado de mudanças	119
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
APÊNDICE A – Questionário da pesquisa.....	127
APÊNDICE B - Tabulação dos resultados da pesquisa.....	129

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil teve um forte arrefecimento em 2014, quebrando um ciclo de intensa expansão que vinha desde 2006. Mesmo assim, o setor da Construção Civil representa grande importância econômica para o país. De acordo com a ABRAMAT (2015), as construtoras têm grande relevância no ramo industrial, respondendo por 25% das vendas diretas e por 42% da demanda de materiais. O valor adicionado pela cadeia produtiva da construção civil em 2014 somou R\$ 470,3 bilhões, o que corresponde a 8,5% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, ocupando 12,3 milhões de pessoas.

O PIB e a ocupação para cada elo da cadeia são representados no Quadro 1.

Quadro 1 - PIB e ocupação na cadeia da construção em 2014 (Fonte: ABRAMAT, 2015)

Elos da cadeia	PIB		Pessoal ocupado	
	R\$ milhão	%	Pessoas	(%)
Construção	306.675	65,2%	8.568.503	69,7%
Indústria de materiais	57.334	12,2%	781.347	6,4%
Comércio de materiais	44.778	9,5%	1.170.408	9,5%
Serviços	22.679	4,8%	601.895	4,9%
Máquinas e equipamentos	7.819	1,7%	55.924	50,0%
Outros fornecedores	31.040	6,6%	1.115.249	9,1%
Total da Cadeia	470.326	100,0%	12.293.327	100,0%

Ainda de acordo com a ABRAMAT (2015), 50,1% das compras de materiais de construção pelas construtoras foi para a atividade imobiliária, onde se enquadram as edificações. O restante corresponde à serviços especializados para construção (17,3%) e obras de infraestrutura (32,7%). O Estado de São Paulo foi líder no ranking regional de venda de materiais de construção em 2014. Toda compra de materiais tem como consequência o seu respectivo transporte do fabricante ou revendedor até o ponto de aplicação e sua movimentação na obra.

Apesar da significância do setor no cenário econômico do país e da evolução do setor nos últimos anos, a construção civil ainda é representada por baixa gestão, altas perdas, ineficiência e pouco desenvolvimento tecnológico.

NASCIMENTO; SANTOS (2003) apontam que a Construção Civil, ao longo dos últimos anos, vem passando por processos de mudanças na concepção produtiva aproximando o setor do processo de industrialização. Os métodos construtivos vêm sofrendo evoluções, surgem novas técnicas de fabricação de elementos estruturais, a produção se torna mais especializada, assim como a movimentação dos materiais nos canteiros.

É neste momento que as empresas construtoras que querem ser competitivas no mercado precisam rever seus processos e aplicar novos conceitos para a gestão e produção das obras. A partir desta necessidade, a logística se torna necessária para auxiliar no planejamento, organização, e administração dos fluxos de todo o processo de produção, evitando desperdícios de material e mão de obra, que são os pontos cruciais para a execução da obra (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

Logística está relacionada à melhoria dos fluxos de processo de produção e redução de desperdícios. Sua gestão eficiente incrementa o resultado das obras. A logística de canteiro de obras tem impacto direto na produtividade, afetando prazos, custos e qualidade na construção de edificações.

Para GONÇALVES; BROERING (2015), com um ambiente setorial desfavorável, a elevação da produtividade é imprescindível. As empresas precisam aumentar a eficiência de seus sistemas de produção.

Para desenvolver o setor é preciso reduzir o uso intensivo de mão de obra através do aumento do grau de mecanização e industrialização dos processos construtivos (CUNHA; COSTA, 2014).

Os clientes estão cada vez mais exigentes e o mercado cada vez mais competitivo, e as empresas precisam se diferenciar para se destacar no mercado e atender às altas expectativas de seus clientes.

A necessidade de construir em prazos mais curtos para viabilizar custos dos segmentos econômicos levou a mudança nas tecnologias construtivas. Esse contexto tem conduzido as empresas ao desenvolvimento de inovações ou à incorporação das inovações (CBIC, 2011).

Em meio às dificuldades e a competição do segmento de construção de edificações, é natural um processo de amadurecimento e capacitação das empresas atuantes. E este processo de amadurecimento passa pela indução da inovação.

Nos últimos anos, o setor da construção civil vem passando por transformações e crescimento. As empresas estão sendo induzidas ao desenvolvimento de inovações ou à incorporação de inovações para manter a competitividade. Neste contexto, as empresas precisam adotar modelos para a gestão estratégica da inovação, que pode ser entendida como um processo estruturado apoiado em seis dimensões: método, ambiente, pessoas, estratégia, liderança e resultados (CBIC, 2014).

Inovação de produto é responsabilidade, prioritariamente, dos fabricantes de materiais e produtos. A grande oportunidade para as empresas construtoras está na inovação de processos, que permite obter retorno mesmo para diferentes produtos, uma realidade de um setor que trabalha com projetos ou empreendimentos exclusivos.

1.2 Justificativa

Mesmo com um direcionamento do setor no sentido de melhorar sua produtividade e eficiência, este processo ainda não ganhou a velocidade e a intensidade necessárias para promover uma grande evolução no setor.

A problemática parece muito grande e é preciso definir um foco de atuação para aumento da produtividade na construção de edifícios. Um estudo desenvolvido por THOMAS; SMITH (1990) já apontava que dentre as principais causas de perda de produtividade estão a interrupção da sequência do serviço, o congestionamento das áreas disponíveis no canteiro, a aglomeração excessiva de operários durante a execução de uma atividade e as dificuldades de acesso e de circulação no canteiro. Uma gestão logística adequada poderia atuar em todas estas frentes (SILVA, 2000).

Silva (2000) destaca a maior competitividade percebida e a necessidade de voltar a busca pela eficiência nas atividades produtivas. O autor também identifica que há pouco estudo na área de conhecimento da logística da construção civil. O que reforça a oportunidade de desenvolvimento de estudos na área com grande potencial de impacto positivo.

De acordo com CRUZ (2002), normalmente o enfoque logístico na construção civil é voltado para seu aspecto de gerenciamento de suprimentos, ou seja, para a logística externa. Desta forma, há uma lacuna de conhecimento quando se fala em logística dentro do canteiro.

Com a reflexão acima e visto que o setor da construção civil é prioritariamente composto por pequenas empresas, CRUZ (2002) conclui que as empresas do setor, principalmente as micros e pequenas, dificilmente poderão traçar como atuação estratégica buscar o gerenciamento total da cadeia de suprimentos em que está atuando em função da dificuldade de criar individualmente alianças e parcerias estratégicas com setores industriais extremamente mais fortes, como os de fabricação de aço, cimento, cerâmica. Dificilmente micros e pequenas, que representam individualmente pequenos elos na cadeia de suprimentos vão influenciar outros elos muito mais fortes desta cadeia. Por este contexto, o autor deste trabalho considera que a prioridade na pesquisa e no investimento logístico seja na logística interna, e não no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como forma de objetivar um resultado mais capilar e estrutural para o setor.

No setor de edificações da construção civil, ao longo do tempo, muitas ações têm sido tomadas no sentido de racionalizar a produção no ambiente interno da empresa assim, o planejamento do canteiro de obras tem tido atenção especial. Diversas ações neste sentido foram tomadas como: melhorias no planejamento do layout, melhores condições de trabalho, segurança e ergonomia no canteiro, pavimentação de vias de transporte de materiais entre os postos de trabalho (CRUZ, 2002).

Este trabalho está alinhado com a atividade profissional do autor e com o objetivo do mestrado profissional, de aproximar a academia do ambiente profissional. Soma-se

ao trabalho de pesquisa o estudo de caso em uma obra na qual o autor teve a oportunidade de participar como gerente de contrato.

AMORIN; COSTA (2015) destacam que o mercado tem apresentado preocupação com a intensa concorrência e que, na medida que as empresas buscam reduzir custos para otimizar as atividades produtivas, houve também a preocupação de se repensar a logística, ou seja, gestão de outras atividades ligadas à produção.

Por muito tempo a construção civil esteve associada ao desperdício e à falta de inovação, com pouca importância à logística. Mas no cenário atual, de intensa concorrência, a logística vem recebendo mais atenção e sendo considerada primordial para o desempenho do setor (BARBOSA; MUNIZ; SANTOS, 2008).

O País passa por um período de instabilidade político-econômica, com retração do PIB (ABRAMAT, 2015). Para a retomada do crescimento as empresas terão que produzir mais gastando menos, aumentando sua eficiência operacional. A inovação, de produto ou de processo, é uma ponte para o aumento de desempenho e diferencial de mercado.

Sendo a cadeia da construção civil um contexto muito amplo, a pesquisa tem como foco o subsetor de construção de edificações. E dentro deste setor, o foco do trabalho será na logística. Isto porque a logística, atividade intrínseca ao processo de construção de edificações, quando é gerenciada é tratada como um item apartado da produção, uma atividade ou custo indireto. No entanto, este item intangível é responsável por parcela significativa nos custos dos empreendimentos, e por não receberem a devida atenção no planejamento e controle adequados, tem seus impactos negativos à obra potencializados.

A falta de diretrizes claras para elaboração e controle de um planejamento com foco em logística faz que muitas decisões sejam tomadas com base exclusivamente na experiência dos envolvidos, nas práticas comuns de mercado ou na avaliação de custos unitários dos serviços e não do custo global. Com isso o planejamento de obras é elaborado com mais incertezas e, conseqüentemente, mais riscos.

A pesquisa bibliográfica, a experiência prática do autor e a troca de conhecimento em seminários e encontros com profissionais do seguimento de edificações mostram que há pouco conhecimento prático consolidado sobre logística na construção de edificações. Além da experiência do autor, este trabalho parte da hipótese de que poucas empresas do mercado de construção de edificações possuem formalmente procedimentos, diretrizes ou um plano de gerenciamento focado em logística.

Este trabalho está alinhado com a atividade profissional do autor e com o objetivo do mestrado profissional, de aproximar a academia do ambiente profissional. Soma-se ao trabalho de pesquisa o estudo de caso em uma obra na qual o autor teve a oportunidade de participar como gerente de contrato.

Pequenas melhorias podem resultar em inovação para as construtoras, visto que as lições aprendidas e as boas práticas ainda não estão consolidadas e amplamente aplicadas.

1.3 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é propor diretrizes para elaboração de um Plano de Gerenciamento de Logística para a construção de edificações verticais em uma construtora, promovendo uma inovação de processo no sistema de gestão da empresa, com foco no fluxo de materiais dentro do canteiro de obras.

1.4 Objetivos específicos

Além do objetivo principal, esta pesquisa propõe os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar os conceitos fundamentais relacionados à logística interna de canteiro de obras para a construção de edifícios.
2. Confirmar a hipótese de que poucas construtoras ou gerenciadoras que atuam com edificações possuem formalmente procedimentos, diretrizes ou um plano de gerenciamento logístico.

3. Identificar soluções logísticas já aplicadas na construtora em estudo, através da análise do estudo de caso.
4. Propor diretrizes para a inovação de processo na gestão logística de canteiro, visando produtividade e racionalização.

A pesquisa tem como foco a movimentação e armazenamento de materiais dentro do canteiro de obras de edificações, ou seja, não abrange a logística externa ou mesmo a cadeia de suprimentos como um todo.

1.5 Métodos de pesquisa

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho emprega três métodos de investigação:

a) Revisão bibliográfica

Realização de revisão bibliográfica, a partir do levantamento de informações em livros, dissertações, teses, periódicos e websites especializados.

A pesquisa enfoca os temas logística de canteiro de obras, produtividade e inovação.

b) Pesquisa quantitativa descritiva

Realização de pesquisa com profissionais do mercado para levantar dados sobre o tema logística nas empresas em que atuam.

c) Estudo de caso

O estudo de caso é uma pesquisa de campo que estuda algumas experiências da empresa Método Potencial Engenharia SA, complementando não apenas o embasamento teórico da revisão bibliográfica como também apresentando qualitativamente experiências isoladas e práticas incorporadas já adotadas pela empresa em empreendimentos que se enquadram no escopo do trabalho. Para a coleta de dados também foram consideradas informações contidas em apresentações, treinamentos e procedimentos disponíveis no banco de dados da empresa.

A coleta dos dados e informações contidas neste trabalho contou com experiência de quase dez anos do autor na construtora estudada, além de acesso a informações contidas em apresentações, treinamentos e procedimentos disponíveis no banco de dados da empresa.

1.6 Delimitações

A presente dissertação tem as seguintes delimitações:

- a) Os estudos abordam a questão da logística dentro dos limites do canteiro de obras, ou seja, excluindo a análise dos processos de compras, embalagem, armazenamento e transporte fora dos limites da obra.
- b) O tipo de canteiro estudado limitou-se aos canteiros de obras de edificações.
- c) Não foram abordados aspectos relacionados à movimentação de pessoas ou grandes equipamentos no canteiro de obras.
- d) Não foram abordados aspectos de projeto, sejam relacionados à qualidade de projeto, especificação adequada de materiais ou projetos de produção, que têm influência sobre as decisões logísticas de obra.

1.7 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

No capítulo 1 é feita a contextualização do trabalho, com a apresentação dos objetivos (geral e específicos), a metodologia e as delimitações do tema.

No capítulo 2 são apresentadas as informações obtidas a partir da pesquisa bibliográfica, com foco na gestão da produção.

No capítulo 3 são apresentadas as informações sobre logística obtidas a partir da pesquisa bibliográfica.

O capítulo 4 trata da pesquisa de mercado com profissionais que atuam no segmento de obras de edificações.

No capítulo 5 são apresentadas informações sobre a empresa, objeto de análise e o estudo de caso.

No capítulo 6 são apresentadas as diretrizes para elaboração do Plano de Gerenciamento de Logística

Por fim, no capítulo 7 encerra com as considerações finais.

2 GESTÃO DA PRODUÇÃO

Este capítulo aborda gestão da produção enxuta e ferramentas de gestão, além de discutir brevemente a questão de inovação para a construção civil.

Para Moreira (2012), a administração da produção é o “campo do conhecimento que cuida do planejamento, da organização e do controle de produção industrial e da prestação de serviço”.

2.1 Produção enxuta

KOSKELA (1992) descreve que a filosofia de produção convencional se baseia no modelo de conversão, segundo o qual os insumos (inputs) são transformados em um produto (output) por meio de processos, onde cada um deles pode ser dividido em subprocessos, que também são considerados conversões. Este modelo de administração da produção coloca ênfase nas atividades de conversão, ou seja, nas atividades de processamento ou modificação na forma ou substância do material, e não dá a devida importância às demais atividades envolvidas na realização de um processo: inspeção, transporte e armazenamento. Esta negligência do modelo de conversão tem determinado perdas invisíveis significativas nos processos da construção civil e ocultando a incerteza no processo construtivo.

A produção enxuta (*lean production*), também conhecida como nova filosofia da produção, tem como foco a melhoria da produtividade e a redução de custos pela diminuição de perdas em todo sistema produtivo, de materiais, mão de obra, capital ou equipamentos. Por não agregarem valor ao produto final, atividades de inspeção, movimentação e armazenamento devem procurar ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, pois consomem tempo e custo.

A *lean production* vê o sistema como um conjunto de atividades interligadas e interdependentes de conversão e de fluxo, onde há uma preocupação que vai além da análise de um processo produtivo estanque e isolado do todo.

O entendimento sobre a importância da melhoria do fluxo de materiais e informações alteram significativamente o poder de influência nos resultados. No entanto, estes conceitos são mais difundidos na indústria seriada.

Uma grande contribuição de KOSKELA (1992) foi a de elencar os onze princípios gerais que norteiam a nova filosofia de produção, cuja eficiência nas atividades de fluxo nos processos de produção seria rápida e consideravelmente melhorada:

1. Reduzir as atividades que não agregam valor, também chamadas de perdas;
2. Incrementar o valor final considerando sistematicamente os requisitos do cliente;
3. Reduzir variabilidade;
4. Reduzir tempo de ciclo de produção;
5. Simplificar através da eliminação de passos;
6. Incrementar flexibilidade de saída ao produto;
7. Incrementar transparência ao processo;
8. Focalizar o controle na totalidade do processo;
9. Promover melhorias contínuas no processo;
10. Balancear melhorias em fluxo com melhorias em conversão;
11. *Benchmark*.

A logística está diretamente relacionada, principalmente, à cinco dos onze princípios de Koskela, sendo eles:

- Reduzir as atividades que não agregam valor, também chamadas de perdas – boa parte destas atividades referem-se à logística;
- Reduzir tempo de ciclo de produção- o que demanda otimização logística;
- Focalizar o controle na totalidade do processo – o processo em sua totalidade envolve logística;
- Promover melhorias contínuas no processo – inclusive nas etapas de logística;

- *Benchmark* – não só para as atividades fins, mas também para soluções e boas práticas de logística.

Na construção enxuta o fluxo, caracterizado por tempo, custo e valor, é um dos pontos centrais.

Diferente da manufatura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido por máquinas utilizadas nos processos de fabricação, a construção depende do gerenciamento de informações e fluxo de recursos. Isto é devido a sua grande variedade de áreas de trabalho, do tipo de provisionamento de algumas de suas organizações e o intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários. A organização, planejamento, alocação e controle destes recursos é o que realmente determina a produtividade que pode ser alcançada. Apesar desta realidade, até o momento o modelo conceitual usado, tanto implicitamente ou explicitamente, para analisar a construção, é que conversão de entradas em saídas do sistema ignora importantes aspectos dos fluxos de informação e recursos. Por muitos anos, a utilização deste modelo tem ajudado a enfatizar a diferença entre construção e manufatura com instalações fixas, e tem limitado a difusão de novas tecnologias de produção e filosofias que tem surgido em outras áreas (ALARCON, 1994).

Como o foco da visão de gestão de ALARCON (1994) é nos processos, há perfeita aplicabilidade para a o setor da construção civil, em especial o de edificações.

Conforme ZEGARRA (2000), "a ideia básica é a de se tentar minimizar as atividades que não agregam valor e se otimizar as que agregam valor".

A logística com seu enfoque de gerenciamento de fluxos (material, informações e financeiro) poderá contribuir para a eficiência e eficácia do planejamento, programação e execução da obra no tempo desejado e contribuir para agregar o valor desejado pelo cliente, que neste caso é a compressão do tempo de execução da edificação (CRUZ, 2002).

2.3 Ferramentas e metodologias de gestão da produção

A gestão da produção tem se tornado cada vez mais relevante como ferramenta para aumento da produtividade, eficiência e competitividade das empresas. Em contrapartida, os desafios também têm aumentado e critérios como escopo, qualidade, prazo e custo carecem de melhores desempenhos de gestão.

Uma série de abordagens para o gerenciamento da produção surgiram a partir dos anos 70. KOSKELA (1992) aponta quais seriam as metodologias e ferramentas mais importantes para a implantação da produção enxuta:

- Just in time (JIT);
- Gerenciamento para a qualidade total (TQM);
- Competição baseada no tempo;
- Engenharia simultânea;
- Reengenharia;
- Gerenciamento pela análise de valor;
- Gerenciamento visual (transparência);
- Manutenção produtiva total (TPM);
- Gerenciamento com participação dos funcionários.

Estas abordagens ainda são atual e largamente aplicadas, mas observa-se carência de um direcionamento específico para movimentação e armazenamento, ainda mais se delimitado ao canteiro de obras

2.4 O PMI e o PMBOK

O PMI® (*Project Management Institute*), fundada em 1969 e sediada na Filadélfia, Pensilvânia-EUA, é a maior associação sem fins lucrativos do mundo para profissionais de gerenciamento de projetos, com mais de 700.000 membros e atuação em mais de 185 países. Para o PMI (2013), conforme o guia PMBOK® (*Project Management Body of Knowledge* ou, na tradução do próprio PMI, o Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos), projeto é “um empreendimento

temporário desenvolvido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivos”, ou seja, a definição se aplica à uma obra, que gera como resultado um produto exclusivo.

Desde 1985, visando aprimorar a profissão de gerente de projeto e reconhecer os profissionais qualificados na área de gerenciamento de projetos, o PMI® criou a certificação *Project Management Professional* (PMP®), que é a credencial profissional com maior reconhecimento para profissionais associados com gerenciamento de projetos.

No Brasil, conforme dados do PMI de maio de 2014, existem mais de 13.500 membros do PMI associados e mais de 15.600 profissionais certificados PMP®.

O PMBOK®, publicação do PMI®, é um guia que fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais e define os conceitos relacionados com o gerenciamento de projetos. Não é uma metodologia, mas sim um guia do conjunto de conhecimento de projetos em que são descritas as melhores práticas em gerenciamento de projetos.

Mais do que definir projetos, gerenciamento de projetos, gerente de projetos, ciclo de vida de projetos e gerenciamento organizacional de projetos, entre outros, a publicação apresenta boas práticas de gestão de projetos divididas em dez áreas de conhecimento:

- Gerenciamento da integração do projeto
- Gerenciamento do escopo do projeto
- Gerenciamento do tempo do projeto
- Gerenciamento dos custos do projeto
- Gerenciamento da qualidade do projeto
- Gerenciamento dos recursos humanos do projeto
- Gerenciamento das comunicações do projeto
- Gerenciamento dos riscos do projeto
- Gerenciamento das aquisições do projeto
- Gerenciamento das partes interessadas do projeto

Além do Guia PMKOK®, que trata genericamente do gerenciamento de projetos, ou seja, aplicável a qualquer área profissional, o PMI® publicou uma extensão específica para a construção civil, com o seguinte conteúdo:

- Gestão de segurança - os processos necessários para assegurar que os acidentes sejam evitados e danos pessoais e danos materiais sejam evitados.
- Gestão ambiental - as práticas necessárias para garantir que o projeto segue todas as leis e regulamentos relativos ao meio ambiente afetadas pelo projeto.
- Gestão financeira - os passos necessários para adquirir e gerenciar os recursos financeiros para o projeto.
- Gestão de pleitos (*Claims*) - os processos necessários para evitar ou eliminar o surgimento de pleitos (reinvindicações ou aditivos contratuais) de construção.

É interessante observar que, apesar das áreas de conhecimento terem como objetivo abranger a gestão de projetos com o um todo, não há destaque para a logística. Nem na extensão dedicada à construção civil. Evidentemente que os elementos envolvidos na gestão logística acabam sendo tratados de forma indireta nas diversas áreas de conhecimento, como por exemplo:

- Escopo: que deve abranger todo o escopo necessário para execução do projeto, ou seja, invariavelmente abordará questões logísticas;
- Tempo: a análise para definição do plano de gerenciamento do tempo, ou seja, identificação dos recursos disponíveis, definição dos prazos e elaboração do cronograma, deve considerar os fatores logísticos.
- Custo: novamente, aspectos logísticos devem ser abordados quando do gerenciamento de custos do projeto.
- Qualidade: o PMBOK® aborda, não só aspectos de qualidade do processo e qualidade do produto como também os conceitos de perdas, ou seja, caberá ao gestor considerar a logística durante o planejamento e controle da qualidade.

- Comunicações: tratando de todo fluxo de informações do projeto. Cabe ao gestor a sensibilidade de abordar em mais profundidade as informações relacionadas aos fluxos logísticos.
- Riscos: levaria em consideração as incertezas relacionadas ao projeto e o plano de resposta aos riscos identificados.
- Aquisições: com foco nos processos de suprimentos, trata dos relacionamentos de contratação de produtos e serviços, bem como na gestão destes contratos de fornecimento.
- Partes interessadas: trata do gerenciamento das expectativas de todos aqueles que impactam ou são impactados pelo projeto, podendo ter influência positiva ou negativa em seus resultados. Abrange desde a equipe até a cadeia de fornecedores, ou seja, partes interessantes externas ao canteiro.

De acordo com o PMI (2013), além da definição de projeto, o gerenciamento de projetos é definido como “a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades de projeto a fim de atender aos seus requisitos”. Estas definições possuem muita aderência ao contexto das construtoras do mercado de edificações, visto que cada obra é um projeto e cada uma exige planejamento e controle específicos, em função de suas peculiaridades, independente de todo conhecimento, cultura, processos, políticas e ferramentas da empresa construtora. Estes elementos são sim a base, mas cada projeto exige um esforço adicional para elaboração do seu plano de gerenciamento do projeto, ou seja, “definir, preparar e coordenar todos os planos auxiliares e integrá-los a um plano de gerenciamento de projeto abrangente”. O Plano do Projeto é “o documento que descreve como o projeto será executado, monitorado e controlado”.

2.5 Canteiro de obras

O canteiro de obras é definido na Norma Regulamentadora NR 18 (MTE, 2015) como “área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra”. Na prática, pode-se entender o canteiro de obras como toda a área delimitada pelos limites da obra, dentro da qual, teremos as áreas específicas como:

- Áreas ligadas à produção (central de armação, central de argamassa, etc.);
- Áreas de apoio à produção (almoxarifado, estoque, baixas, etc.);
- Sistemas de transporte (gruas, cremalheiras, carrinhos, jericas, etc.);
- Áreas Técnicas ou administrativas (escritório de engenharia, administração, etc.);
- Áreas de vivência (sanitário, vestiário, refeitório);
- Áreas de circulação.

A organização física dos recursos de produção, a interação desses recursos com o ambiente espacial e o estabelecimento dos fluxos do processo produtivo são tarefas diretamente ligadas ao projeto do layout de canteiro de obras. Os impactos de pequenas melhorias no arranjo físico da produção geralmente são sentidos diretamente na avaliação de desempenho empresarial, aumentando os indicadores de produtividade da organização e, em última análise, alavancando a lucratividade do negócio (TOMPKINS et al., 2010). Por esses motivos, os tradicionais estudos de layout continuam sendo objeto de análise de pesquisadores e gerentes do meio empresarial.

Assim como nos sistemas de manufatura, o projeto do arranjo físico das instalações também exerce um papel fundamental para os sistemas de operações de serviços, como o layout de lojas e pontos de venda. Mas neste último caso, na maioria das vezes o projeto de instalações de serviços tem um foco predominante nas questões de estética e conforto, pois é justificada a influência do “cenário” de serviços na avaliação da qualidade pelo cliente (BITNER, 1992). No entanto, o projeto do layout de canteiros também deve levar em consideração as questões de eficiência operacional, já que esse fator influencia diretamente na qualidade global das operações realizadas, ou seja, no nível de atendimento às interfaces de serviços.

HAYNES (2008), por sua vez, chama a atenção para a influência dos layouts de serviços (especificamente de escritórios) no aumento da produtividade dos funcionários. Ou seja, um arranjo físico mais apurado, além de proporcionar um melhor ambiente de trabalho, mais limpo e seguro, propicia melhor desempenho das equipes.

De acordo com SOUZA et. al. (1997), elemento de canteiro corresponde a cada parte que compõe o canteiro de obras. O autor apresenta lista com a relação dos principais elementos de canteiro:

Ligados à produção

- central de argamassa
- pátio de armação (corte/dobra/pré-montagem)
- central de fôrmas
- central de pré-montagem de instalações
- central de esquadrias
- central de pré-moldados

De apoio à produção

- almoxarifado de ferramentas
- almoxarifado de empreiteiros
- estoque de areia
- estoque de argamassa intermediária
- silo de argamassa pré-misturada a seco
- estoque de cal em sacos
- estoque de cimento em sacos
- estoque de argamassa industrializada em sacos
- estoque de tubos
- estoque de conexões
- estoque relativo ao elevador
- estoque de esquadrias
- estoque de tintas
- estoque de metais
- estoque de louças
- estoque de barras de aço
- estoque de compensado para fôrmas
- estoque de passarela para concretagem

Sistemas de transporte com decomposição de movimento

- na horizontal: carrinho; jérica; porta-paleta; “dumper”; “bob-cat”
- na vertical: sarilho; talha; guincho de coluna; elevador de obras

Sistemas de transporte sem decomposição de movimento

- guias: torre fixa; torre móvel sobre trilhos; torre giratória; torre ascensional
- guindastes sobre rodas ou esteiras
- bombas: de argamassa; de concreto

De apoio técnico/administrativo

- escritório do engenheiro e estagiário
- sala de reuniões
- escritório do mestre e técnico
- escritório administrativo
- recepção / guarita
- chapeira de ponto

Áreas de vivência

- alojamento
- cozinha
- refeitório
- ambulatório
- sala de treinamento/alfabetização
- área de lazer
- instalações sanitárias
- vestiário
- lavanderia

Outros elementos

- entrada de água
- entrada de luz
- coleta de esgotos
- portão de materiais
- portão de pessoal

- “stand” de vendas

De complementação externa à obra

- residência alugada/comprada
- terreno alugado/comprado
- canteiro central

Para FRANKENFELD (1990), “O planejamento do canteiro de obras pode ser definido como o planejamento do layout da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do layout envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem”.

Segundo Souza (1997), “O canteiro de obras, por ser o espaço para a transformação em realidade de todo o trabalho de concepção de uma obra, acaba recebendo influências de todas as atividades que dizem respeito a um empreendimento. Sendo assim, sua própria concepção acaba se dando por meio de um processo iterativo, onde cada modificação quanto à concepção da obra acaba gerando uma melhor solução para o mesmo. Apesar de, no entanto, reconhecer tal complexidade, há que se adotar um roteiro de abordagem para o planejamento do canteiro que procure simplificar e organizar as tomadas de decisão quanto ao canteiro de obras”. Em virtude da dinâmica da obra, que se desenvolve em meio a diferentes etapas, o que demanda diferentes configurações de canteiro, o projeto de canteiro deve ou estar preparado para atender todas essas etapas do ciclo de vida da construção, em uma configuração mais genérica para a obra como um todo, ou deverá ser planejado para ter a configuração adequada para cada uma das fases, ou blocos de fase, da obra. Em função da especificidade e restrições (espaço físico, recursos, prazo, etc.) de cada projeto, caberá aos gestores e à equipe de planejamento a definição da melhor estratégia de implantação de canteiro, buscando o melhor atendimento às frentes de serviço com os menores custos, menores riscos, visando a maior produtividade e segurança.

Para VIEIRA (2006), o projeto de canteiro de obras deve ser desenvolvido considerando-se os seguintes fatores:

- a) Definição das diversas fases de desenvolvimento da obra;
- b) Definição dos elementos de canteiro e suas características;
- c) Priorização dos elementos de canteiro previstos;
- d) Análise do relacionamento entre esses elementos de canteiro;
- e) Estudo dos fluxos dos processos previstos;
- f) Análise da alocação dos elementos no canteiro de obras;
- g) Elaboração do arranjo físico do canteiro;
- h) Avaliação do arranjo físico para cada uma das fases definidas.

Segundo CESAR; ZANUTTO; BISINOTTO; SOUZA (2011), “A organização e adequada sinalização do canteiro têm grande importância para o desenvolvimento dos fluxos físicos, aumentando a transparência dos processos”.

Para FERREIRA; FRANCO (1998), o planejamento de canteiro de obra precisa ser elaborado considerando as diversas fases da obra. Deve-se definir, para cada fase da obra, os meses críticos, para elaboração do planejamento para cada uma das situações. A criticidade dos meses deve ser avaliada considerando-se a maior dificuldade de movimentação dos materiais e em função dos quantitativos de mão de obra.

A definição das fases deverá ser feita de acordo com o anteprojeto arquitetônico, as metas, os requisitos e diretrizes, os condicionantes da produção, o processo construtivo, o plano de ataque, os cronogramas de materiais e mão de obra, e em função dos principais marcos existentes, que impliquem em alterações substantivas na alocação de espaço no canteiro, devido ao início de novos serviços, alteração nos processos de produção, chegada ou utilização de novos materiais e equipamentos, implantação de novas instalações, ou à necessidade de liberação de espaços para novas frentes de serviço, entre outros. (FERREIRA; FRANCO, 1998)

2.6 O SLP (Systematic Layout Planning)

O SPL (Systematic Layout Planning), ou Planejamento Sistemático de Layout, é uma sistematização de projetos de arranjo físico. De acordo com MUTHER (1978), o SLP

é composto por uma estruturação de fases, um modelo de procedimentos e uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidos no planejamento.

Em busca de uma abordagem estruturada, o Planejamento Sistemático de Layout (*Systematic Layout Planning - SLP*) representa uma metodologia que tem uma grande aplicabilidade no projeto e no reprojeto de layout. Embora tenha sido proposto há bastante tempo por MUTHER (1978), o sistema SLP ainda apresenta uma grande aplicabilidade nos modernos sistemas de produção e serve de referência para projetos de instalações produtivas.

A estruturação das fases do SLP representa o nível de detalhamento que se deve adotar no projeto do arranjo físico da produção. Esse nível de detalhamento é dividido da seguinte forma:

- Fase I: Localização. Nesta fase deve-se determinar a área geográfica a ser utilizada para o planejamento das instalações do novo layout;
- Fase II: Arranjo físico geral. Representa a organização geral entre as diversas áreas. Nesta fase são definidos os fluxos e as inter-relações entre as áreas, resultando no que se chama de arranjo de blocos (block layout);
- Fase III: Arranjo físico detalhado. No planejamento detalhado é estabelecida a localização relativa das máquinas e equipamentos, assim como toda a infraestrutura física necessária para a produção do produto;
- Fase IV: Implantação. Esta é a fase na qual se executa o que foi planejado anteriormente. De maneira concreta, faz-se aqui a movimentação de maquinário, equipamentos e recursos para a instalação da operação.

O modelo de procedimentos do SLP pressupõe que o projeto de um arranjo físico deve estar apoiado em três conceitos fundamentais (MUTHER, 1978):

- a) Inter-relações – grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
- b) Espaço – quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;

c) Ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

A representação do sequenciamento destes conceitos fundamentais pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 – Conceitos Fundamentais do SLP (Fonte: adaptado de MUTHER, 1973)

Com base nesses três conceitos, o modelo de procedimentos do SLP é constituído pelos seguintes elementos (SANTOS; GOHT; LAITANO, 2012):

- Dados de entrada. Os dados de entrada são as variáveis que devem ser levadas em consideração antes do início da análise do arranjo físico. Além das atividades do processo de produção, os outros dados de entrada são representados pelas letras PQRST, que significam: produto (P), quantidade ou volume de produção (Q), roteiro ou sequência do processo de produção (R), serviços de suporte (S) e tempos envolvidos na produção (T);
- Fluxo de materiais. O fluxo de materiais quase sempre se torna o fator predominante de decisão no projeto do arranjo físico. Devem-se identificar os fluxos através das áreas envolvidas, de acordo com a sequência e a intensidade do deslocamento do material. As principais ferramentas utilizadas

nessa etapa são aquelas destinadas à análise do fluxo de processos, tais como: fluxograma, carta de processos múltiplos, carta “de-para”, mapofluxograma, etc;

- Inter-relações de atividades. Esta é uma análise mais qualitativa, que procura identificar a importância da proximidade relativa entre as áreas. A ferramenta indicada para essa tarefa é conhecida como carta de interligações preferenciais;
- Diagrama de inter-relações. O diagrama de inter-relações é uma ferramenta que procura integrar o mapeamento do fluxo de materiais com a avaliação das interligações preferenciais;
- Espaço necessário. É a determinação do espaço requerido para alocação de máquinas e equipamentos;
- Espaço disponível. É a análise do espaço disponível para a instalação de máquinas e equipamentos;
- Diagrama de inter-relações de espaços. Nesta fase, o diagrama de inter-relações é aplicado com o objetivo de gerar um arranjo físico prévio, considerando que o espaço requerido já foi devidamente balanceado com o espaço disponível;
- Considerações de mudanças. Nesta etapa ocorrem os ajustes necessários, levando-se em consideração fatores relativos a tipos de processos, métodos de movimentação de materiais, necessidades de pessoal, etc;
- Limitações práticas. Para analisar a viabilidade dos projetos de layout, cada consideração de mudança que houver deve ser comparada com as limitações práticas referentes a custos, restrições técnicas, segurança, etc;
- Avaliação de alternativas. Ao final do procedimento, os diferentes planos alternativos que forem gerados devem ser avaliados, ponderando seus benefícios e limitações.

A Figura 2, a seguir, ilustra o fluxo de procedimentos para desenvolvimento do plano, da coleta de dados à seleção das alternativas.

Figura 2 – Sistema de Procedimento do SLP (Fonte: ELIAS et al.,1998)

O planejamento deve considerar não só as áreas de produção, como também as áreas de suporte. Para isso é necessário inter-relacionar de forma sistêmica as atividades de serviço umas às outras, integrando os serviços de suporte ao fluxo de materiais. Para atingir este objetivo, o SLP propõe o uso da ferramenta chamada Carta de Interligações Referenciais (*Activity-Relationship Diagram*). Esses dois fatores são combinados no diagrama de inter-relações onde estão geograficamente relacionadas entre si às diversas atividades, departamentos ou áreas, sem considerar o espaço que cada um deles requer. Em seguida, têm-se as necessidades de espaço, obtidas por meio da análise de máquinas e equipamentos utilizados na produção e dos serviços envolvidos. Essas necessidades devem ser balanceadas de acordo com a disponibilidade de espaço.

A Figura 3 representa a carta de interligações preferenciais, uma matriz que relaciona os elementos de canteiro pelo grau de importância de proximidade e a razão;

Figura 3 – Carta de Interligações Preferenciais (Fonte: ELIAS et al.,1998)

O diagrama de inter-relações de espaços é obtido integrando os resultados desse balanceamento ao diagrama de inter-relações. Esse diagrama ainda não é o layout (arranjo físico) definitivo, pois necessita ser ajustado e modificado ao se analisar todas as considerações de mudança: recursos de estocagem, topografia do terreno, suprimentos, controles e procedimentos. Essas novas considerações devem estar de acordo com as limitações práticas: custo, segurança, normas de construção, energia disponível, entre outras.

Não se deve ter a pretensão de elaborar o plano definitivo de uma única vez. Durante o ajuste e a integração do diagrama de inter-relações de espaços conforme as considerações de mudança e as limitações práticas, surgem diversos planos para serem examinados. O sistema SLP deve ser feito para elaborar alternativas (A, B e C, por exemplo), cada uma com suas vantagens e desvantagens, que precisam ser avaliadas para escolha da melhor alternativa. Há, basicamente, três maneiras de se realizar essa seleção:

- a) Balanceamento das vantagens e desvantagens: consiste na listagem de todas as vantagens e desvantagens de cada alternativa. É provavelmente o método mais fácil dos três mencionados, mas também o menos preciso;
- b) Avaliação da análise dos fatores: basicamente o processo segue as seguintes etapas: 1) listar todos os fatores que são considerados importantes na seleção do melhor plano; 2) ponderar a importância relativa de cada um desses fatores em relação a cada um dos outros; 3) avaliar os planos alternativos seguindo um fator de cada vez; 4) reunir esses fatores avaliados e ponderados, e comparar o valor total dos diversos planos;
- c) Comparação e justificativa de custos: consiste essencialmente na comparação dos custos dos investimentos necessários e dos custos operacionais estimados dos planos alternativos. Por outro lado, são usados métodos suplementares de análise para a tomada de decisão, além do custo.

As Figuras 4 e 5 ilustram os resultados da configuração de layout.

Figura 4 – Exemplo de análise das distâncias e relações e rearranjo do diagrama (Fonte: MUTHER, 1978)

Figura 5 – Exemplo de elaboração do arranjo físico (layout) em função do diagrama (Fonte: MUTHER, 1978)

O sistema de procedimentos SPL se completa quando o arranjo físico geral recebe aprovação. Quando este ponto é alcançado, pode-se iniciar a fase de planejamento detalhado do projeto.

2.7 Produtividade

Um conceito importante para o contexto do trabalho é o de produtividade.

SOUZA (1998) define produtividade como a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo.

O mesmo autor destaca que medir a produtividade da mão de obra é de extrema importância pois serve de base para todas as discussões de melhoria da construção. Em média, um operário passa aproximadamente um terço do seu tempo na obra, procurando e manuseando materiais

Produtividade pode ser definida como razão unitária de produção (RUP), ou seja, a quantificação da mão-de-obra necessária (na unidade homens-hora demandados) para produzir uma unidade da saída em estudo (1 unidade do serviço, como 1 metro quadrado de alvenaria).

$$\text{RUP} = \text{Entradas/Saídas}$$

Outras formas de expressar a produtividade, como unidade de serviço por 1 unidade de hora-home (quantidade de metros quadrados de alvenaria para cada hora de trabalho, ou dia), conforme o caso.

De acordo com ZEGARRA (2000), os baixos índices de produtividade podem ser relacionados a uma gestão logística deficiente, sendo as principais características observadas nos canteiros:

- a) transporte interno excessivo de materiais;
- b) estocagem sem critério;
- c) grandes perdas;
- d) furtos;

- e) falta de material;
- f) erros nas entregas;
- g) grande quantidade de materiais devolvidos ao fornecedor;
- h) quebras; e
- i) danos em trabalhos realizados.

O autor também afirma que, em média, um operário passa aproximadamente um terço do seu tempo na obra, procurando e manuseando materiais.

2.8 Estoques

Estoques, ou armazenagem, são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas (BALLOU, 2006). Os estoques correspondem aos armazéns, pátios, frentes de produção, áreas do canteiro de obras, equipamentos de transporte.

Considerando as características mutantes do canteiro ao longo do tempo de preparação do produto (edificação), a atividade de armazenagem deve se antecipar às mudanças do canteiro. O planejamento do recebimento de materiais no canteiro de forma a racionalizar o fluxo material destes materiais é também preocupação da armazenagem. São também ações da armazenagem o projeto de docas para recebimento de materiais, áreas reservadas para recebimento e/ou paletização de materiais, fluxo de entrada e saída de caminhões no canteiro (CRUZ, 2002).

2.9 Perdas na construção civil

Os estudos precursores de perdas de materiais na construção civil foram realizados na Inglaterra, a partir da década de 60. A classificação de perdas definida por SKOYLES (1976) ainda condizem com o cenário atual. Segundo ele as perdas podem ser classificadas de diversas formas:

- Quanto a natureza

- Perdas diretas – aquelas onde os materiais são destruídos ou danificados, impedindo sua utilização no processo de construção, a não ser pela sua reciclagem ou aplicação em usos pouco nobres;
- Perdas indiretas - aquelas que os insumos ficam incorporados à construção, acarretando um acréscimo de custo. Podem ser ainda classificadas em perdas por substituição, perdas por produção e perdas por negligência.
- Quanto a etapa do processo
 - Perdas ocorridas nas etapas de transporte externo, recebimento, estocagem, transporte interno;
 - Perdas ocorridas na produção; e
 - Perdas que podem ocorrer em qualquer etapa do processo, como roubo, vandalismo, extravio, acidente, substituição, etc.
- Quanto a etapa onde se originam:
 - Perdas originárias no projeto;
 - Perdas originárias na fabricação e no fornecimento de materiais;
 - Perdas originadas na elaboração do orçamento;
 - Perdas originadas na administração da empresa;
 - Perdas originadas no setor de compras;
 - Perdas originadas no gerenciamento do empreendimento.

PINTO (1989) avaliou que, em média, os edifícios brasileiros apresentam um desperdício de 20% em relação à massa final do edifício. Ou, como publicou MACEDO (1991) no Jornal Folha de São Paulo: “A cada 10 andares construídos, 2 vão para o lixo como entulho”.

PICCHI (1993) estimou, baseando em hipóteses e estimativas de custos de diversos tipos de desperdício frequentes, que 30% do valor na construção de uma edificação brasileira corresponde à desperdício, ou seja, seria equivalente a dizer que a cada três prédios construídos, um quarto prédio iria literalmente jogado fora.

Mas as perdas não estão restritas apenas aos materiais. A pesquisa de ALARCÓN (1993), sobre a medição dos tempos de trabalho dos profissionais a partir do modelo de observação por amostragem, trouxe como principais resultados:

- Distribuição geral das categorias de trabalho: produtivo 47%, não produtivo 25%, auxiliar 28%;
- Distribuição dos tempos não produtivos: esperas 36%, atrasos 27%, deslocamentos 24%; descanso 08%; necessidades fisiológicas 2,4%; retrabalho 1,6%.
- Distribuição dos tempos auxiliares: transporte 49%, recebimento de instrução 15%, outros 12,5%, limpeza 11%.

Evidentemente que não é possível eliminar totalmente os trabalhos auxiliares, como bem destaca o autor, no entanto, enfatiza que com sua redução haveria incremento de tempo produtivo. Ele constata que transporte seria responsável por metade de toda a categoria e aponta os principais fatores geradores dos tempos em transporte:

- 37% - Métodos inadequados de transporte, como por exemplo, operários qualificados, e não auxiliares, realizando transporte de materiais e ferramentas em detrimento de atividades produtivas;
- 27% - Falta de equipamentos;
- 20% - Má distribuição dos materiais no canteiro. Sendo este item apontado como a situação mais observada nos canteiros pesquisados;
- 16% - Outros.

FORMOSO (1996), já conceituava que perdas deveriam ser entendidas “como qualquer incidência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação”. Desta forma, movimentações desnecessárias de material, também seriam perdas de equipamentos ou mão de obra, pois geram custos adicionais sem agregar valor. O autor destaca ainda o conceito de atividades de conversão, o processamento dos materiais em produtos acabados, e atividades de fluxo, que se referem à inspeção, movimentação e espera dos materiais, ou seja, atividades logísticas.

Reduzindo a quantidade de atividades de fluxo ou aumentando a eficiência destas atividades, pode-se concluir uma redução nas perdas e aumento na qualidade final. A

inovação também deve ser um combustível para a eliminação de atividades de fluxo, que não agregam valor.

As perdas podem ser classificadas de acordo com a possibilidade de serem controladas, sua natureza e sua origem (FORMOSO, 1996):

a) Perdas segundo seu controle:

- Inevitáveis ou naturais: intrínsecas ao processo, ou quando o custo para sua redução é maior que o benefício gerado.
- Evitáveis: os custos de ocorrência são significativamente maiores do que os custos de prevenção.

b) Perdas segundo sua natureza:

- Superprodução: relativas à produção em quantidades superiores às necessárias.
- Substituição: pela utilização de materiais com valor ou desempenho maiores do que o necessário.
- Espera: relacionadas ao sincronismo e nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades de produção.
- Transporte: pelo manuseio excessivo ou inadequado dos materiais, seja por falha de planejamento ou layout inadequado.
- Processamento: pela natureza das atividades ou execução inadequada das mesmas.
- Estoque: pelos estoques excessivos (falta de espaço) ou falta de cuidado no armazenamento.
- Movimento: pela realização de movimentos desnecessários.
- Elaboração de produto defeituoso: geram retrabalho ou redução de desempenho.
- Outras: como roubo, vandalismo e acidentes.

c) Perdas segundo sua origem:

- Recursos humanos.
- Projeto.
- Suprimentos.
- Fabricação.

- Planejamento.

SOUZA et. al. (1999) fazem uma análise interessante e destacam a importância de identificar a causa das perdas, não só o indicador.

“Por vezes se descreve a perda de materiais em porcentagem, sem, no entanto, deixar claro se tal indicador se refere à obra somente ou se inclui a concepção, se diz respeito apenas aos materiais ou se agrega à mão de obra envolvida, se diz respeito à medição em valores monetários associados aos materiais usados, entre outros aspectos. É importante perceber, que um consumo excessivo de materiais pode implicar uma série de consequências. Entre elas pode-se citar a necessidade de uma quantidade de materiais superior à estritamente necessária; um acréscimo de mão de obra devido ao transporte e processamento adicionais; uma demanda adicional de recursos físicos do meio ambiente; a necessidade de manter estoques maiores que os desejáveis, ou seja, estocando capital na obra; a geração de mais lixo, implicando a necessidade de remoção e deposição; e a falta de qualidade da obra” (SOUZA et. al., 1996).

Este raciocínio evidencia que a ocorrência de perdas de materiais, inclusive às ocasionadas por falhas no processo logístico, geram ainda mais demanda logística, à medida que mais material ou resíduo precisa ser transportado e armazenado ou descartado.

VIEIRA (2006) cita, como exemplo de média de perdas de materiais, 9% para o concreto usinado, 10% de aço e 17% de blocos ou tijolos cerâmicos.

Uma ação de melhoria em logística, seja na implementação de um novo processo, na aplicação de um novo equipamento, no estabelecimento de uma nova política de gestão de materiais ou mesmo na capacitação da mão de obra envolvida, que tivesse impacto na redução de perdas traria um resultado econômico concreto ao projeto. Partindo-se da estimativa de PICCHI (1993), de 30% de desperdício em custo, podemos supor que um investimento em logística que reduzisse essas perdas em 20%, aumentaria o resultado (lucro) da construtora em 6%. É um número extremamente significativo num mercado competitivo com o da construção de edificações.

Evidentemente que o quantitativo de perda varia em função de diversos fatores como qualidade da mão de obra, complexidade técnica, qualidade dos materiais, soluções de transporte, planejamento, entre outros. No entanto, o destaque é para a significância dos números, ou seja, existem oportunidades de melhoria e quanto mais competitivo o mercado, maior a importância de gerenciar adequadamente qualquer tipo de perda, por menor que seja, até em razão de impactos indiretos como organização, limpeza e satisfação do cliente.

Apesar do objetivo da pesquisa não abranger a movimentação de pessoas, ou seja, mão de obra, as informações acima destacam a importância da logística dos materiais.

2.10 Inovação na construção civil

A busca por melhorias de desempenho passa por fazer diferente.

Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (MANUAL DE OSLO, 1997).

De acordo com o MANUAL DE OSLO (1997), “aceita-se amplamente que a inovação seja central para o crescimento do produto e da produtividade”. O Manual define quatro tipos de inovações no contexto de uma empresa:

- inovações de produto,
- inovações de processo,
- inovações organizacionais e
- inovações de marketing.

O Manual ainda define inovação de processo (foco da pesquisa) como “a implementação de um método de produção ou distribuição novos ou significativamente melhorados”.

SLAUGHTER (1998) propõe cinco modelos de inovação para a construção civil:

- Inovação incremental: corresponde a uma pequena mudança, baseada no conhecimento corrente e na experiência.
- Inovação modular
- Inovação modular e arquitetônica
- Inovação sistêmica
- Inovação radical ou disruptiva

“Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos” (FINEP, 2006).

A indústria da construção ainda está bastante atrasada em relação a outros setores industriais no uso das novas tecnologias de informação e comunicação. A globalização e o novo panorama mundial, bem como o atual cenário nacional, desestatizado e com escassez de financiamento, requererem da construção civil urgente melhora de produtividade e competitividade. A inovação em seus produtos e processos, particularmente com a ajuda da Tecnologia da Informação (TI), pode conduzir o setor a trilhar novos rumos (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

MACOMBER (2003), contribui com uma discussão muito prática sobre a inovação na construção civil: “Entusiastas de tecnologia, acadêmicos e empresas de software continuam preocupados com o ritmo lento de inovação na indústria da construção”. O autor questiona porque ferramentas amplamente disponíveis com disponibilidade iminente de gerar melhorias sensíveis para o processo de projeto e construção de edifícios e suas instalações não são efetivamente utilizadas. E responde que as implicações financeiras não estão sendo bem consideradas.

A introdução e difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil é semelhante a qualquer outro setor industrial. No entanto, o setor da construção tem como peculiaridade a resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza em mudar o seu status quo (ARO; AMORIN, 2004).

ARO; AMORIN (2014) ainda afirmam que a natureza multidisciplinar nos projetos, com o envolvimento de várias empresas, somado à dependência do setor quanto à

pesquisa de novos materiais e equipamentos, são as causas da construção civil não se modernizar no mesmo ritmo do que outros setores produtivos.

De acordo com CBIC (2014), existem muitos métodos e ferramentas utilizados para se implantar a gestão da inovação dentro de uma empresa. Uma destas ferramentas é a Gestão Estratégica da Inovação, que pode ser entendida como um processo estruturado apoiado em seis dimensões: Método, Ambiente, Pessoas, Estratégia, Liderança e Resultados (MATTOS; STOFFEL; TEIXEIRA, 2010), conforme detalhado a seguir:

- Método: visa o entendimento de como utilizar sistemas, métodos e ferramentas, a fim de sistematizar a inovação dentro da organização;
- Ambiente: visa o entendimento de como criar um ambiente propício para o surgimento de ideias inovadoras;
- Pessoas: voltada ao entendimento de como estruturar um processo para atrair pessoas talentosas, responsáveis pela geração de inovação na empresa;
- Estratégia: visa o entendimento de como definir um posicionamento estratégico capaz de levar a empresa a um estágio de competitividade sustentada pela inovação;
- Liderança: visa o entendimento de como garantir o engajamento da alta administração da empresa para promover a gestão estratégica da inovação como fator determinante da competitividade dos negócios;
- Resultados: visa facilitar o entendimento de como mensurar os resultados obtidos com a implantação da gestão da inovação na empresa.

Com base nas práticas observadas e em revisão bibliográfica, a CBIC (2014) apresentou as seguintes ações para indução à gestão da inovação nas empresas de construção:

1. Estratégia:

- a) Definir uma estratégia de inovação baseada em objetivos claros para as atividades de gestão de inovação e de futuros projetos de melhoria;
- b) Alinhar os projetos de inovação da empresa com a estratégia da empresa;

- c) Aumentar os recursos investidos na avaliação de ideias e de projetos inovadores, a ser realizada por equipes interdisciplinares ao longo do processo de inovação;
- d) Estruturar os processos de avaliação e de tomada de decisão ao longo do ciclo de vida da gestão da inovação (gestão de ideias, gestão de projetos, lançamento e avaliação das inovações), melhorando a definição de critérios de avaliação;
- e) Aumentar o envolvimento de parceiros externos nas diferentes fases do ciclo de inovação;
- f) Ouvir mais e melhor os clientes e aproveitar críticas e elogios para desenhar produtos e serviços inovadores;
- g) Aproveitar a imagem de “empresa inovadora” junto de clientes, concorrentes, fornecedores e do público em geral;
- h) Estabelecer e prosseguir metas que quantifiquem a participação de produtos e serviços inovadores nos lucros da empresa;
- i) Valorizar e implementar a “experimentação criativa” de novos métodos, soluções, processos, por parte da gestão de topo e dos outros níveis hierárquicos da empresa;
- j) Possuir processo adequado para examinar novos desenvolvimentos tecnológicos e de mercado e entender o que significam para a estratégia empresarial.

2. Ambiente:

- a) Investir na documentação e partilha das lições proporcionadas por projetos inovadores anteriores para benefício de projetos atuais;
- b) Investir na sistematização do que se aprendeu, isto é, transformar aprendizagens em conhecimento, através da resposta a questões como: O que se fez bem? O que se pode fazer melhor?;
- c) Deixar claro o papel que a inovação assume no posicionamento futuro da empresa e explicitar essa visão dentro e fora da empresa;
- d) Recorrer à inovação como fator capaz de garantir a sustentabilidade econômica da empresa e a sustentabilidade social e ecológica dos seus produtos e dos seus métodos produtivos;

- e) Apoiar a visita de colaboradores à empresas de sucesso, nacionais e estrangeiras, com um desempenho superior em áreas onde a empresa quer melhorar, como forma de manter os colaboradores motivados e de instigar mudanças e melhorias internas.

3. Método:

- a) Planificar, sistematizar e aprofundar o processo de desenvolvimento de novos produtos, serviços, processos, modelos de negócio e formas de organização;
- b) Definir indicadores e metas de processo e aplicá-los em todos os projetos de inovação;
- c) Estabelecer metas orçamentárias para projetos inovadores e criar mecanismos de avaliação do cumprimento das metas definidas;
- d) Recorrer a métodos capazes de contribuir para a simplificação de processos e de contribuir para a renovação de rotinas instaladas, por exemplo: melhoria contínua;
- e) Investir em tecnologia que ajude a ser ágil e rápido na conscientização e resposta a ameaças emergentes e oportunidades periféricas.

4. Liderança:

- a) Dedicar atenção a projetos de inovação de longo prazo;
- b) Criar equipes pequenas para resolução criativa de problemas e estimuladas a procurarem oportunidades de inovação, através de novos métodos, processos, modelos de negócio, soluções organizacionais;
- c) Dar tempo às pessoas para debater ideias e pôr em prática, motivando-as e estimulando nelas características como a persistência e perseverança.

5. Pessoas:

- a) Criar um sistema formal de gestão de ideias, que assegure a geração, revisão, seleção e transformação das ideias em projetos de inovação;
- b) Fomentar o interesse por parte da gestão de topo, das chefias intermédias e dos outros membros da empresa;

- c) Incentivar e reconhecer o envolvimento dos colaboradores na inovação (estímulos concretos e continuados, materiais ou psicológicos);
- d) Treinar competências criativas de modo a promover o interesse dos colaboradores e o seu envolvimento na temática da inovação;
- e) Valorizar pessoas que estejam preparadas para quebrar regras.

3 LOGÍSTICA

Este capítulo aborda o contexto histórico e conceitua logística, além de mostrar sua relevância no contexto da construção de edificações.

3.1 Logística - contexto histórico

O termo logística vem do grego *logos*, que significa razão e racionalidade, mas mais especificamente da palavra grega *logistiki*, cujo significado é contabilidade e organização financeira. No entanto, a palavra logística como conhecemos hoje tem origem no verbo francês *loger*, que significa alojar ou acolher ou do também francês *logistique*, que significa a arte de planejar e de realizar vários projetos (CARVALHO, 2002).

A atividade logística teve origem nas operações militares da Grécia antiga, Império Romano e Império Bizantino. O Barão Antoine-Henri Jomini (1779-1869), foi o principal teórico militar da primeira metade do século XIX, tendo participado das campanhas napoleônicas. Foi Jomini quem utilizou pela primeira vez a palavra logística, definindo-a como “a ação que conduz à preparação e sustentação das campanhas”. Em 1836 escreveu o livro “Sumário da Arte da Guerra”, onde dividiu a arte da guerra em cinco atividades: estratégia, grande tática, logística, engenharia e tática menor.

Inicialmente logística teve foco militar, na arte da guerra, sendo utilizado como a área que cuidava do planejamento de vários itens importantes, como armazenamento, distribuição e manutenção de vários tipos de materiais (armas, roupas, além de alimentos, saúde, transportes, entre outros). Posteriormente passou a designar a gestão, armazenamento e distribuição de recursos para uma determinada atividade.

Logística tornou-se matéria na Escola de Guerra Naval dos Estados Unidos da América em 1888, pelo Tenente Rogers. Entretanto, logística passou a ser tratada como ciência apenas em 1917, quando o Tenente-Coronel George Cyrus Thorpe (1875-1936), do Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos da América, publicou o livro “*Pure logistics: the science of war preparation*” (Logística Pura: a ciência da

preparação para a guerra, em tradução livre). Nesta publicação Thorpe dizia que “a estratégia e a tática proporcionam o esquema da condução das operações militares, enquanto a logística proporciona os meios”.

O Vice-Almirante Henry Effingham Eccles (1898-1986) é considerado um dos maiores estudiosos da logística militar, tendo publicado várias obras importantes sobre o assunto, inclusive relacionando ações logísticas na redução dos custos de guerra.

No Brasil, a primeira publicação sobre o tema foi “Introdução à Logística”, do Capitão-de-Mar-e-Guerra da Marinha Brasileira, Abílio Simões Machado, em 1968. Machado havia estudado, em 1962, na Escola das Américas (em inglês School of the Americas), fundada no Panamá pelos Estados Unidos em 1946.

3.2 Logística empresarial

A logística empresarial, como área de conhecimento da gestão integrada, é relativamente recente.

Foi após a 2ª Guerra Mundial, na década de 1950, que a logística passou a ganhar espaço no ambiente empresarial, ou seja, deixou de ser tratada pelos indivíduos e passou a ser gerenciada pelas empresas de forma coordenada, considerando o inter-relacionamento das atividades (BALLOU, 2006). Os primeiros registros dessa gestão coordenada foram formatados pelo engenheiro francês Jules Dupuit, por volta de 1844. Dupuit fez relações entre os custos e transporte marítimo e terrestre de mercadorias, inserindo variáveis de risco (perdas e danos) e custos de armazenamento (DUPUIT, 1952). Mas apenas em 1961, ou seja, recentemente, foi publicado o primeiro livro-texto sugerindo os benefícios da logística coordenada: *Physical Distribution Management: Logistic Problems of the Firm*, de Edward W. Smykay, Donald J. Bowersox e Fran H. Mossman (New York: Macmillan, 1961). A questão é tão recente que o dicionário *Webster's New Encyclopedic Dictionary* (New York: Black Dog & Leventhal Publishers, 1993, pág 590) define o termo logística como sendo “o ramo da ciência militar que lida com a obtenção, manutenção e transporte de material, pessoal e instalações” (BALLOU, 2006).

DASKIM (1985) define logística como “o planejamento e a operação dos sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que os insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica.

CHRISTOPHER (1999) traz como definição de logística “o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados com o fluxo de informações associado através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo”.

Para VIEIRA (2006), logística é “uma metodologia ou processo administrativo que se baseia fundamentalmente na conscientização para o emprego de conceitos, métodos, técnicas e procedimentos, assim como na utilização de tecnologia da informação, de forma a encaminhar a maximização do nível de serviço e da produtividade numa cadeia de suprimentos”.

O *CSCMP - Council of Supply Chain Management Professionals*, organização de gestores logísticos fundada em 1963, adota as seguintes definições (CSCMP, 2013):

- Logística - “o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes. Esta definição inclui movimentações de entradas e saídas, internas e externas”.
- Gestão logística ou Gerenciamento logístico – “é a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo eficiente, eficaz para a frente e reversa e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de atender às exigências dos clientes. Atividades de gerenciamento de logística tipicamente incluem gerenciamento de transporte de entrada e saída, gestão de frotas, armazenagem, manuseio de materiais, atendimento de pedidos, projeto da rede logística, gestão de estoque, oferta / demanda planejamento e gestão dos prestadores de serviços de logística de terceiros. Em graus

variados, a função logística também inclui fornecimento e aquisições, planejamento e programação da produção, embalagem e montagem, e serviço ao cliente. Ele está envolvido em todos os níveis de planejamento e execução-estratégico, operacional e tático. Gestão de logística é uma função de integração que coordena e otimiza todas as atividades de logística, bem como atividades de logística integra-se com outras funções, incluindo marketing, vendas, manufatura, finanças e tecnologia da informação. "

Um termo mais novo é o de "gerenciamento da cadeia de suprimentos" (*Supply Chain Management*, em inglês), sendo a cadeia de suprimentos um leque mais amplo do que apenas a logística, englobando de ponta a ponta do processo, e não apenas do ponto de origem ao ponto de consumo, destacando interações que ocorrem entre áreas como suprimentos, marketing e produção, mas principalmente a interação entre cada elo da cadeia. Este aspecto de cadeia de suprimentos não será abordado na presente pesquisa, que tem sua delimitação dentro do canteiro de obras.

O CSCMP ainda define os componentes de um sistema logístico típico: serviços ao cliente, previsão de demanda, comunicações de distribuição, controle de estoque, manuseio de materiais, processamento de pedidos, peças de reposição e serviços de suporte, escolha de locais para fábrica e armazenagem (análise de localização), embalagem, manuseio de produtos devolvidos, reciclagem de sucata, tráfego e transporte, e armazenagem e estocagem.

A logística, apesar de ser tratada como aspecto indireto, tem grande impacto nas atividades operacionais, ou seja, no produto ou serviço final. A determinação da fração de custo correspondente à logística, ou ainda aos riscos relacionados às operações logísticas, é bastante complexo.

3.3 Logística de canteiro de obras

A logística na construção trata de um "processo multidisciplinar aplicado nas obras que visam garantir a aquisição do armazenamento, o processamento e disponibilização de recursos e materiais nas frentes de trabalho, bem como o dimensionamento das equipes de produção e a gestão dos fluxos físicos. Tal processo

ocorre com base em atividades de planejamento, organização, direção e controle, tendo como principal suporte o fluxo de informações, antes e durante o processo produtivo". (SILVA; CARDOSO, 1997).

CARDOSO (1996) apresenta uma subdivisão para a logística aplicável às empresas construtoras, classificando-a quanto a sua função em:

- **Logística de suprimentos (externa)** - Relacionada ao transporte e suprimento de todos os recursos que possam ser deslocados (como mão-de-obra, materiais e equipamentos). Preocupa-se com a gestão de suprimentos de materiais, componentes e outros recursos necessários à produção dos edifícios. As tarefas mais importantes dessa função, para o caso de materiais, compreendem, portanto:
 - Planejamento e especificação de necessidades de recursos materiais;
 - Emissão e transmissão de pedidos de compra;
 - Transporte dos recursos até a obra;
 - Recebimento e inspeção dos materiais;
 - Manutenção do suprimento de recursos previstos no planejamento.

- **Logística de canteiro (interna)** - Está relacionada com o planejamento e gestão dos fluxos físicos e dos fluxos de informações associados à execução de atividades no canteiro de obras. As principais tarefas da logística de canteiro, para o caso dos materiais, são:
 - Gestão dos fluxos físicos ligados à execução, ou seja, o conhecimento das datas de início e término de serviços, bem como o ritmo e a sequência, o detalhamento dos fluxos que serão realizados na execução de cada serviço e seus mecanismos de controle;
 - Gestão de toda informação necessária, ou seja, da interface entre agentes que interagem no processo de produção de uma edificação para que exerçam suas atividades dentro de padrões preestabelecidos e promover a resolução de interferências entre os serviços;
 - Gestão física das áreas de trabalho, incluindo a definição e implantação dos elementos de canteiro, tais como os sistemas de transportes, as

áreas de estoque, as áreas de pré-fabricação e os equipamentos de segurança coletiva.

CARVALHO (2002) divide a logística em dois tipos de atividades:

- Principais: transporte, gestão dos estoques, processamento de pedidos.
- Secundárias: Programação de produtos e sistemas de informação.

De acordo com CRUZ (2002), normalmente o enfoque logístico na construção civil é voltado para seu aspecto de gerenciamento de suprimentos, ou seja, para a logística externa.

Para a indústria seriada, a logística representa um custo significativo no processo, pois tem um processo mais denso e complexo. Por outro lado, para a construção civil, mais especificamente as construtoras, a melhoria da logística deve focar na logística de suprimentos e na logística de canteiro.

De acordo com SILVA (2000), a gestão logística tem dois objetivos principais que são proporcionar, simultaneamente, o máximo nível de serviço (o que implica em agregar valor ao cliente) e o menor custo total possível nas atividades a ela inerentes (reduzir custos no processo de produção).

Para ZEGARRA (2000), “o objetivo da gestão de materiais é assegurar um fluxo contínuo e sem interferências de materiais à obra, na quantidade requerida, com a qualidade especificada, no tempo e lugar certo, ao menor custo total”. Ainda conforme a autora, é importante destacar que a gestão de materiais em canteiro de obras envolve não só a construtora (gestores, equipe de obra, suprimentos, equipe de planejamento, etc.), mas agentes externos a ela como fornecedores de materiais, prestadores de serviço (muitas vezes responsáveis por manusear e aplicar os materiais) e os projetistas, que definirão as especificações dos materiais. Esta condição reforça ainda mais a necessidade de gestão adequada da informação, elemento intrínseco à definição de logística.

O termo logística é praticamente novo no subsetor de edificações da construção civil e a maioria das empresas encontra-se ainda em um estágio de evolução muito

precário em comparação aos avanços da indústria seriada (ZEGARRA, 2000). Apesar deste autor ter feito esta afirmação há mais de quinze anos, é pouco quando se comparado ao contexto da construção civil.

Para BERTELSEN; NIELSEN (1997) nas empresas construtoras frequentemente observa-se que não há planejamento algum para a logística no processo construtivo. Além disso, na grande maioria dos casos o planejamento da produção não é confiável ou sequer existe. É muito comum que os pedidos e as entregas de materiais sejam realizados quando a produção fica parada devido à falta de material na obra. Adicionalmente, as compras geralmente são feitas com base no preço mais baixo, sem levar em conta fatores de produto, como qualidade, ou de logística, como embalagem, pontualidade, entre outros. Como em geral não há planejamento de entrega, estes autores citam que cada entrega na obra passa a ser um elemento imprevisível, ou seja, um evento que demandará atuação imediata e emergencial para solução, causando “desordem geral”, interrupção dos trabalhos, movimentações desnecessárias, falha na conferência e identificação dos materiais, aumento de perdas (diferença de quantidade de recurso necessária ou prevista em relação à efetivamente utilizada) e desorganização de canteiro.

Como forma de caracterizar a definição de logística no canteiro, CRUZ (2002) utilizou como referência o processo de execução de alvenaria (Figura 6).

Figura 6 - Definição de Logística no Canteiro de obra, aplicado ao Processo de Alvenaria (Fonte: CRUZ, 2002)

Segundo CRUZ (2002), a indústria da construção civil tradicionalmente faz a previsão ou apropriação de custos ligados aos processos construtivos pelo método do Custo Padrão, ou seja, valor unitário do serviço, incluindo todos os elementos diretos (materiais aplicados e mão de obra) e indiretos (transporte e movimentações). Embora largamente utilizado este método não capta a complexidade dos vários processos, nem considera as atividades do processo isoladamente. Outra peculiaridade do método do Custo Padrão é que se baseia em um modelo de conversão, sem se preocupar com o fluxo existente nos processos”. Este fator é extremamente significativo pois demonstra a dificuldade do subsetor de edificações em enxergar as operações logísticas em seu orçamento e em seu planejamento.

É extremamente simples orçar um bloco de concreto. Até mesmo o serviço de assentamento deste bloco em uma parede de alvenaria, por mais que seja suscetível à sazonalidade de mão de obra e outras variáveis, tem os limites de preço bem definidos. No entanto, elaborar uma composição de custos logísticos, e mesmo de se encontrar dados especializadas sobre o assunto voltados para a construção de edificações, sugere o quão abstrato é o assunto para a maior parte dos envolvidos no processo. E não se consegue gerenciar o que não se conhece.

Na composição de custos de produção do produto (edificação) ou de processos construtivos (partes desta edificação), os custos logísticos provenientes dos fluxos (material e informação), necessários para disponibilizar no canteiro de obras estes produtos pré-processados nas centrais de produção, devem ser considerados pelas empresas. Em função do modelo tradicional de produção na construção civil ser baseado em um modelo de conversão e o modelo de custeio ser baseado no custeio por custo padrão, a maioria das empresas não percebe e, por isto, não considera estes custos logísticos, nos seus custos de produção (CRUZ, 2002).

Como alternativa, KAPLAN e COOPER (1998) avaliam que o sistema de custeio baseado na atividade (ABC) “ampliam os sistemas tradicionais de custo padrão, associando despesas relativas a recursos com a variedade e complexidade dos produtos fabricados, e não apenas com os volumes físicos produzidos”.

Além da visão de custos, KOSKELA (1992) analisa a falta de percepção para de uma visão mais holística dos fluxos com a lente do prazo:

“Como na manufatura, a base conceitual da construção civil e de seu gerenciamento é baseada em conversão. O processo de construção parece como um conjunto de atividades, que cada uma é controlada e melhorada individualmente. Os métodos gerenciais tradicionais como o PERT/CPM, não consideram atividades de fluxo. Eles se concentram em atividades de conversão. Isto leva a uma perpetuação do problema. Como consequência há uma considerável parcela de perdas na Construção Civil” (KOSKELA, 2002).

Num país em busca de aumento de produtividade e competitividade, e a redução de perdas e custos, a adequada gestão logística num segmento tão representativo como o da construção civil é de suma importância.

Um aspecto interessante e bastante relevante do mercado da construção de edificações é destacado por ZEGARRA (2000): a cadeia de suprimentos na construção civil vem passando por uma transformação, com o surgimento cada vez mais de fornecedores (prestadores de serviço ou fornecedores de produtos) mais especializados ou que atuem no fornecimento de novos modelos de serviço ou produtos. É o caso de fornecedores de corte e dobra de aço, fornecedores de fôrmas prontas, fornecedores de portas, kits hidráulicos e até banheiros prontos. Com isso, além de parte da mão de obra sair do canteiro e ir para a indústria, estes novos fornecedores demandam uma nova forma de gerenciar a relação entre as atividades e a logística em canteiro.

SABBATINI (1998) já apontava como tendência das empresas de construtoras passando de centralizadoras da mão de obra intensiva para empresas integradoras de sistemas complexos. Em contrapartida, cresce no mercado o surgimento de empresas fornecedoras de subsistemas. Esta mudança se deve, também, pelo incremento tecnológico das novas edificações, que demandam mais especialistas com soluções e experiências mais focadas.

Uma evidência da falta de enfoque no gerenciamento logístico no planejamento de canteiros é o resultado do trabalho de POZZOBON, FREITAS e HEINECK (1999), que

realizaram uma pesquisa em 58 canteiros de obras em 15 cidades de 7 Estados do País, sobre a implantação de mudanças relacionadas ao gerenciamento dos canteiros de obra. Eles concluíram que, com relação à movimentação de materiais e deslocamentos internos, apenas 43% dos canteiros de obras haviam realizado mudanças e 4,0% estavam em fase de implantação, ou seja, a maioria (53%) não havia realizado mudanças.

VIEIRA (2006) destaca como principais objetivos da logística, buscando o atendimento às necessidades do cliente final:

- Simplificação dos processos de gestão: obtida através o planejamento criterioso do ambiente produtivo.
- Redução dos recursos humanos (industrialização): a utilização de mão de obra para atividades que não agregam valor, como a carga e descarga de materiais, podem ser reduzidos ao máximo com a utilização de tecnologias construtivas disponíveis.
- Redução de estoques: uma programação bem executada, um controle rigoroso do processo ou até mesmo um sistema de parceria com fornecedores pode otimizar o volume de estoques e as atividades de movimentação.
- Redução do tempo de atendimento (Lead Time): também através de uma gestão mais rígida junto aos fornecedores, visando aumento da confiabilidade nas entregas no menor prazo.
- Aumento da produtividade com redução de custos: O uso de tecnologia da informação e o controle efetivo do planejamento logístico tenderão a reduzir custos e aumentar a produtividade.

A logística sempre existiu, mas ela se tornou um condicionante estratégico e diferencial competitivo com a evolução tecnológica nos sistemas produtivos (VIEIRA, 2006).

3.4 Equipamentos para logística de canteiro de obras

Além do recurso humano (horas-homem), os equipamentos para carga, descarga e movimentação de materiais são fundamentais para as atividades de logística de canteiro de obras.

A NR-18 (MTE, 2015), no seu item 18.4, trata de movimentação e transporte de materiais e pessoas, aplicam-se à instalação, montagem, desmontagem, operação, teste, manutenção e reparos em equipamentos de transporte vertical de materiais e de pessoas em canteiros de obras ou frentes de trabalho. Relaciona os seguintes equipamentos para movimentação e transporte de materiais e pessoas:

- Elevadores de cabo (exclusivo para materiais) ou Elevadores cremalheira;
- Bombas de concreto;
- Guinchos de coluna ou similar (tipo "Velox");
- Gruas.

A seguir, são destacados dois dos principais equipamentos de transporte vertical para obras de edificações.

3.4.1 A grua

Grua, ou guindaste universal de torre, é um equipamento em estrutura metálica criado antes da 2ª Guerra Mundial na Europa para transporte de cargas tanto na horizontal quanto na vertical (SCIGLIANO, 2015). É um equipamento de grande porte que mantém sua concepção original, as principais evoluções ocorreram na década de 90 com a inserção de melhorias como o sistema de comando dos motores elétricos e o sistema eletrônico de variador de frequência ou o conversor de torque, o que propiciou mais suavidade e precisão na operação, menos manutenções, menor desgaste e economia no consumo de energia elétrica.

SCIGLIANO (2015) relaciona os tipos de grua existentes no mercado, cuja classificação pode ser dividida em base e lança:

- Com relação à base:
 - Grua móvel sobre trilhos;

- Grua fixa com mão francesa e contrapeso de base (grua apoiada sobre base ou solo);
 - Grua fixa com mão francesa e chumbadores de base (grua engastada em bloco de fundação ou elemento estrutural);
 - Grua fixa com chumbadores de base (grua engastada em bloco de fundação ou elemento estrutural);
 - Grua ascensional (apoiada nas lajes ou vigas da estrutura em execução);
 - Grua móvel auto montante.
- Com relação à lança:
 - Grua com lança horizontal;
 - Grua com lança basculante;
 - Grua com lança retrátil;
 - Grua topless, sem ponta da torre e, conseqüentemente, sem tirantes de sustentação, com lança mais robusta.

As partes da grua, que podem se aplicar ou não, dependendo do tipo de base e tipo de lança, são:

- Truques de translação (para grua móvel) – conjunto de rodas metálicas que fazem com que a grua se movimente sobre os trilhos;
- Carro base (móvel ou fixo) ou base:
 - Carro base móvel (para gruas móveis) – chassi metálico acoplado a truques de translação;
 - Carro base fixo – chassi metálico apoiado sobre trilhos, sem truques de translação;
 - Base fixa – sapatas de apoio de base, geralmente fixadas à chumbadores em blocos de base em concreto armado;
- Contrapeso de base (para gruas com contrapeso);
- Mãos francesas ou escoras;
- Elemento de torre (interno ou externo);
- Gaiola de telescopagem;

- Porta rolamento – elemento que faz o acoplamento da torre de grua à mesa de giro da contra lança e lança;
- Elemento cabine;
- Cabine;
- Ponta de torre (gruas basculantes não possuem ponta de lança);
- Contra lança;
- Tirantes de contra lança;
- Contrapeso de contra lança;
- Lança;
- Tirantes de lança;
- Carrinho de lança;
- Moitão de carga;
- Sistema operacional;
- Quadro de ascensão (para grua ascensionais);
- Limites de segurança:
 - Limite de fim de linha;
 - Limite de giro;
 - Limite de fim de curso do carrinho da lança;
 - Limite de altura do moitão;
 - Limite de momento máximo;
 - Limite de carga máxima.

Uma grua executa os seguintes movimentos operacionais (SCIGLIANO, 2015):

- Movimento de translação (deslocamento sobre trilhos;) – aproximadamente 20m/min;
- Movimento de giro de lança – aproximadamente 0,8 voltas/min;
- Movimento de carrinho de lança (para lanças fixas) – aproximadamente 40m/min;
- Movimento basculante (para lanças basculantes);
- Movimento de moitão de carga, de subida ou descida – aproximadamente de 6,5 a 50m/min;
- Movimento retrátil de lança;

- Movimento de telescopagem. Ascensão ou descida da grua.

Para o planejamento do uso da grua devem ser considerados:

- Prazos da obra;
- Definição dos sistemas construtivos e dos materiais a serem movimentados;
- Cargas a serem movimentadas (para definição da capacidade carga mínima da grua);
- Posicionamento da grua (avaliado com o raio de atuação da lança) no canteiro de obras;
- Planejamento para mobilização da grua;
- Planejamento para desmobilização da grua.

3.4.2 O elevador cremalheira

Elevadores de transporte vertical de material ou de pessoas (MTE, 2015), tracionados por sistema pinhão e cremalheira, acionado por um motofreio de velocidade para elevação da cabina. Para o transporte de materiais no elevador cremalheira somente o operador e o responsável pelo material a ser transportado podem subir junto com a carga, desde que fisicamente isolados da mesma.

Os elevadores cremalheira, possuem capacidade de carga de 750 a 4.000 kg e velocidade de aproximadamente 33,5m/min (MONTARTE, 2015). As especificações possuem variação conforme o fornecedor, mas os equipamentos devem atender a NR-12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos), a NR-18 e a ABNT NBR 16.200 – Elevadores de canteiros de obras para pessoas e materiais com cabina guiada verticalmente – Requisitos de segurança para construção e instalação, de 04/2013.

Apesar de ser um equipamento largamente utilizado no mercado, não existe bibliografia para auxiliar as construtoras no dimensionamento (velocidade, capacidade de passageiros, capacidade de carga, entre outros) do equipamento adequado às suas obras. Os fornecedores possuem corpo técnico para auxiliar no posicionamento

do equipamento, mas também não dispõe de ferramentas para realizar um cálculo de tráfego em canteiro de obras, subsidiando a tomada de decisão pelo equipamento, ou quantidade de equipamentos, mais adequados.

3.4.3 Outros equipamentos de transporte

Há uma diversidade muito grande de equipamentos de transporte e movimentação de materiais, cuja viabilidade de aplicação depende das características de cada projeto. A seguir estão relacionados alguns destes equipamentos:

- Soluções para lançamento de concreto ou argamassa:
 - Bomba estacionária (sobre caminhão, mais comum, ou não);
 - Bomba lança, sobre caminhão;
 - Mastro de concreto;
 - *Spider* (aranha);
 - Caçamba de concreto na grua;
 - Carrinho de mão ou jérica.
- Soluções para movimentação vertical:
 - Mini-grua: utilizado para pequenas cargas, com capacidade de cerca de 750kg e 6 metros de lança. As especificações podem variar conforme fornecedor.
 - Guindauto (popularmente conhecido como caminhão Munk);
 - Guindastes;
 - Guinchos de coluna ou motoiçador;
 - Esteiras rolantes;
 - Dispensador de entulho cone guia, ou lixo-duto.
- Soluções para movimentação horizontal:
 - Carrinhos manuais (plataforma, para blocos, entre outros);
 - Carrinho porta-paleta ou paleteira hidráulica;
 - Retroescavadeira ou mini-retro (não são específicas para este fim, mas podem ser consideradas para pequenas movimentações e atividades de carga e descarga;

- Mini-carregadeira (popularmente conhecida como Bobcat, em referência à uma marca do equipamento);
- Empilhadeira à combustão ou a gás;
- Monovia ou ponte rolante;
- Esteiras rolantes

4 PESQUISA EMPÍRICA

4.1 Estrutura da pesquisa

Foi realizada uma pesquisa empírica, de natureza quantitativa descritiva. A técnica de levantamento foi a abordagem pela *internet*, a partir da aplicação de questionário estruturados não disfarçados de perguntas fechadas e campo opcional para comentários gerais. O modelo do questionário encontra-se no Apêndice A.

O principal objetivo da pesquisa foi coletar informações de profissionais atuantes no mercado de construção de edificações sobre como a empresa em que trabalha faz a gestão da logística.

Foram enviados 170 questionários, número correspondente à filtro realizado pelo autor de profissionais de sua rede de contatos que atuam no mercado de construção civil, em empresas construtoras e gerenciadoras, preferencialmente com cargos envolvidos no processo de gestão da obra: diretores ou sócios, gerentes, compradores e engenheiros, ou arquitetos, com função de coordenação de produção, planejamento de obras, gestão da qualidade e coordenação de projetos.

Foram recebidos 84 questionários considerados válidos, ou seja, corretamente preenchidos até o momento da consolidação dos dados e com a confirmação (em razão da resposta à primeira pergunta) de que a empresa do profissional atuava no segmento de construção civil, executando ou gerenciando obras de edificações. Destaca-se que pelo critério de seleção dos profissionais e pela metodologia de *mala-direta* a amostra não é probabilística, ou seja, não é possível afirmar que é representativa da população. Não se pode fazer inferências estatísticas mesmo dentro do universo dos profissionais previamente selecionados, pois não se pode garantir a convergência de opiniões com a parcela da população não-respondente. No entanto, mesmo com estas considerações, a amostra de 84 questionários respondidas por profissionais que atuam com obras de edificações possibilitou detectar resultados interessantes para análise, sinalizando a confirmação das hipóteses inicialmente levantadas e sugerindo como as empresas tratam do gerenciamento logístico de suas obras.

A tabulação dos dados coletados está representada no Apêndice B.

4.2 Análise dos resultados

O questionário foi composto por 6 perguntas, sendo que a primeira tinha como objetivo identificar apenas profissionais de empresas atuantes no segmento de construção civil, executando ou gerenciamento obras de edificações. Os questionários cuja resposta afirmava não se enquadrar neste perfil, foram desconsiderados na tabulação dos dados das 5 demais questões.

4.1.1 Planejamento logístico

Apenas 19% da amostra afirmou que a empresa em que atua possuía formalmente base para o adequado planejamento logístico. Desta parcela, 7% afirmou que a empresa possuía procedimentos ou um plano que orientassem sobre como montar um plano de logística e definir as soluções (recursos ou equipamentos) e a outra parcela (12%) afirmou que a empresa, apesar de não possuir um plano estruturado, possuía ferramentas que auxiliavam o planejamento das partes, sendo satisfatório para se obter um conjunto de soluções adequado.

A maior parte da amostra (48%) afirmou que era responsabilidade do gestor ou da equipe de cada obra a definição das soluções de logística, com base na experiência dos envolvidos.

E outros 17% afirmaram que, na empresa em que atuavam, não havia um foco específico para o tema logística. Questões como movimentação e armazenamento de materiais seriam resolvidas ao longo da obra, conforme demanda.

Estes números sugerem uma carência de diretrizes das empresas para subsidiar as tomadas de decisões dos envolvidos. Seja uma questão a ser preliminarmente definida pela equipe de obra ou conforme as demandas forem surgindo, o fato é que para 74% da amostra o resultado das definições de logística de canteiro é fruto das decisões da equipe da obra, independente do conhecimento e experiência de cada um e da peculiaridade de cada projeto.

4.1.2 Ferramentas de dimensionamento

96% da amostra afirmou não haver ferramentas para calcular a capacidade e definir a especificação mais adequada de equipamentos de movimentação de materiais, de acordo com a característica de cada obra. Estas definições seriam feitas por um departamento específico, pela equipe da obra ou com base em informações dos fornecedores especializados (como os fornecedores de locação de equipamentos). Isto reflete-se em um grande risco de as soluções aplicadas não serem as mais adequadas à obra.

4.1.3 Indicadores de desempenho

Apesar da parcela da amostra que afirmou não possuir indicadores de desempenho suficientes para a boa gestão da logística ser a maioria (57%), o que já seria um número representativo para contextualizar o trabalho, o resultado de 19% de profissionais que afirmaram terem indicadores suficientes parece muito alto quando analisadas as respostas dos itens anteriores. Existe a chance de os respondentes terem feito relação com outros indicadores de desempenho da obra que possam trazer indiretamente informações da logística, como prazo e custo.

4.1.4 Fase do planejamento

Esta questão permitia mais de uma resposta. Uma parcela significativa da amostra, 32%, afirmou que as principais definições de logística (projeto de layout de canteiro, especificação e dimensionamento das soluções de movimentação de materiais, definição das soluções de armazenamento, definição das regras de logística para a obra, entre outros) são realizadas durante a execução da obra ou até mesmo sem momento específico. Apenas 23% das empresas fazem estas definições na fase de orçamentação da obra, ou seja, no momento em que estão sendo definidos os custos (ou verbas) que nortearão todas as decisões futuras. Na prática, quando um item não é orçado, ou corretamente orçado, há uma grande barreira para sua mobilização.

4.1.5 A importância da gestão logística

A quase totalidade (98%) da amostra acredita que a gestão adequada da logística de canteiro pode reduzir custos indiretos, reduzir desperdício e aumentar o resultado das obras.

4.3 Conclusão da pesquisa

A relação entre as respostas demonstrou coerência dos entrevistados no entendimento às perguntas.

Os dados obtidos pela pesquisa empírica validam a hipótese de carência de informações consolidadas e estruturadas para as definições de logística de canteiro. Inclusive, para as respostas que afirmaram que possuem um procedimento ou plano base formal para elaboração de um plano de logística da obra, o questionário não permite avaliar qual a qualidade das informações destas ferramentas. É possível que estas ferramentas sejam passíveis de revisão para uma abordagem mais completa e detalhada do assunto

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Apresentação

Essa dissertação propõe o estudo de caso que compreende a identificação, caracterização e análise da logística aplicada na Método Potencial Engenharia.

5.1.1 Introdução sobre o estudo de caso

O estudo de caso inicia-se com a caracterização da empresa Método Potencial Engenharia, quanto ao histórico, segmento de atuação e suas principais ferramentas de gestão.

O estudo de caso apresentado refere-se à uma obra de edificação hospitalar executada pela Método Potencial Engenharia em São Paulo, capital. Este projeto foi selecionado em razão da vivência prática do autor, que atuou como gerente do contrato. Além disso, foi uma obra com grandes desafios logísticos, o que contribuiu para a avaliação de algumas soluções de logística aplicadas bem como para a intenção inicial de se criar uma ferramenta corporativa de suporte às tomadas de decisão de gestão da logística em canteiro de obras, ou seja, um Plano de Gerenciamento de Logística.

5.1.2 A Método Potencial Engenharia

A Método Potencial Engenharia, ou simplesmente Método, é uma empresa que fornece soluções integradas em engenharia, construção e manutenção para projetos de alta complexidade.

Fundada em 1973 e sediada na capital do Estado de São Paulo, atua em todo País nos segmentos industrial, residencial e no comercial, com um extenso portfólio de construção de edificações como o Rochaverá Corporate Towers (São Paulo - SP), Ventura Corporate Tower (Rio de Janeiro-RJ), Infinity Tower (São Paulo - SP), CENU Torre Norte (São Paulo - SP), Morumbi Business Center (São Paulo - SP), entre outros.

Ao longo de sua trajetória a companhia sempre teve como pilares a gestão e a inovação. Foi a precursora, da década de 1990, na utilização do Drywall (paredes de vedação em placas de gesso acartonado sobre estrutura de perfis metálicos) no Brasil, sendo responsável pela patente do sistema no País. Também foi pioneira na adoção de estruturas já montadas, como as fachadas pré-moldadas.

Dentre diversas premiações, a Método já foi por cinco vezes, entre 1985 e 1992, premiada como Empresa de Melhor Desempenho do Setor pela Revista Exame Maiores e Melhores, recebendo o prêmio de Empresa do Ano em 1991, pela mesma publicação. A empresa possui certificação ISO 14001, ISO 9001 e OHSAS 18001.

Em 2015 a Método Potencial Engenharia ficou na 48ª posição geral do Ranking Anuário Inovação Brasil, da publicação Valor Econômico, sendo a 3ª posição no setor de engenharia, infraestrutura e logística, com destaque par soluções de produto e processo que otimizaram a logística em canteiro de obras, como a aplicação de banheiros prontos para a obra do Hotel Grand Hyatt (Rio de Janeiro – RJ)

Atualmente a empresa está dividida em três unidades de negócio:

- Método Engenharia – é a unidade de negócios da Método, especializada em engenharia e construção, com foco nos segmentos: edificações corporativas, hoteleiro, hospitalar, shoppings centers e indústria.
- Método Fast – é a unidade de negócios da Método que atende empresas que necessitam de execução rápida de obras. Tem expressiva atuação para segmentos especializados como redes bancárias, distribuidoras de combustíveis, redes de alimentação, com destaque para *fast food*, e lojas de departamentos.
- Método Potencial – é a unidade de negócios da Método, reconhecida como uma das principais provedoras de serviços do mercado de construção, montagem e manutenção industrial de grande porte.

A unidade Método Engenharia, em que se concentram as construções de edificações e que é foco do trabalho, possui duas diretorias de operações, respaldadas pelos superintendentes de obras. Cada obra possui um gerente de contratos como responsável técnico e pela gestão do contrato como um todo.

Cada canteiro de obras possui um organograma que varia em razão das características de cada projeto.

5.1.3 Ferramentas de gestão

A Método possui um sistema de gestão de seus empreendimentos desenvolvido dentro da ótica conceitual do PMI (Project Management Institute), que abrange todo ciclo de vida de suas obras, chamadas internamente de projetos. A Figura 7 ilustra o ciclo de vida utilizado pela empresa para estruturar seus processos de gerenciamento.

Figura 7 – Ciclo de vida dos projetos (fonte: divulgação Método)

Observar que, em geral, o ciclo de vida das obras de edificações da Método não envolve a etapa de desenvolvimento de projetos, motivo pelo qual o enfoque em soluções tecnológicas que alterem o escopo para otimizar a logística não será abordado.

Mais especificamente na etapa de execução das obras, todas as ferramentas de gestão estão organizadas tendo como base as áreas de conhecimento de gerenciamento de projetos do PMI. Essa estruturação pode ser observada, inclusive, no portal virtual (ferramenta Share Point) de cada projeto (Figura 8).

Figura 8 – Estrutura de gestão das obras dentro do portal virtual de cada contrato (fonte: Método Potencial Engenharia)

Cada área de conhecimento possui processos, ferramentas e indicadores específicos de gestão.

5.1.4 O Plano de Gerenciamento do Projeto

A partir do modelo de gestão base da empresa, cada obra desenvolve seu Plano de Gerenciamento do Projeto, adequado às peculiaridades de cada empreendimento (contrato), como instrumento para alinhar informações entre a equipe e também junto à interface equipe de obra e equipe da estrutura corporativa.

O Plano de Gerenciamento do Projeto é periodicamente atualizado e seus resultados são consolidados em uma reunião de desempenho mensal do projeto.

Atualmente, a questão logística não possui um destaque específico dentro do Plano de Gerenciamento do Projeto de cada obra. A gestão dos processos logísticos acaba ficando pulverizada dentro das áreas de conhecimento como escopo, tempo e custos.

5.2 Estudo de caso – ampliação de Hospital

Essa dissertação propõe o estudo de caso que compreende a identificação, caracterização e análise da logística aplicada na Método Potencial Engenharia.

A obra objeto da pesquisa foi um projeto para a expansão do complexo de um grande e importante Hospital da capital paulista. Esta ampliação, que dobrou a capacidade operacional do empreendimento, contemplou a construção de três novas edificações, ou torres, num total de mais de 74.000 m² de área construída, todas interligadas entre si e às torres existentes, o que demandou ainda intervenções em áreas em funcionamento. O projeto contemplou a construção de leitos de internação individuais, centro cirúrgico, restaurantes, lobbys, áreas administrativas, áreas de apoio à operação, áreas técnicas, entre outros.

Em resumo, a caracterização de cada torre construída está indicada abaixo:

- Torre 1 – Cerca de 41.000 m² de área construída, constituído por 20 pavimentos além do mezanino e ático, executado sobre edificação existente e em operação (bloco com 6 pavimentos). Estrutura metálica com núcleo (caixas de escada e poços de elevadores) em concreto armado moldado in loco.
- Torre 2 - Com área construída de 14.200 m² em 14 pavimentos mais ático, também executado sobre edificação existente e em operação. Estrutura metálica com núcleo (caixas de escada e poços de elevadores) em concreto armado moldado in loco.
- Torre 3 – Com pouco mais de 18.800 m² de área construída, constituído por 17 pavimentos mais o ático, executado em terreno contíguo ao Hospital existente. Esta torre abriga as principais áreas técnicas (central de água gelada, subestação entrada de energia, usina de energia, equipamentos de ventilação e pressurização, sistemas especiais), que atendem a todo complexo. Toda a

estrutura em concreto armado moldada *in loco*, com parte das lajes protendidas.

A disposição das torres está ilustrada na Figura 9.

Figura 9 – Implantação das torres no terreno (fonte: divulgação Método)

A obra foi executada com o hospital em funcionamento, o que transformou o desafio logístico ainda mais intenso. A localização da obra era uma Zona de Restrição Máxima da Prefeitura de São Paulo, região delimitada pela CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) que proíbe a circulação de caminhões no centro expandido de São Paulo em determinada faixa de horário, o que restringiu todo o abastecimento da obra ao período noturno.

A entrega da obra foi realizada de forma escalonada, ou seja, a medida que os pavimentos foram sendo concluídos e entregues, eram imediatamente habilitados para ocupação (operação), restringindo ainda mais o espaço de canteiro de obras e a disponibilidade de soluções de transporte.

Além da complexidade técnica do projeto, a escassez de áreas de canteiro, as limitações de horário, a restrição de acessos e, principalmente, a execução de uma obra de grande porte em um Hospital em funcionamento, demandaram um grande foco nas operações logísticas.

Os quantitativos de materiais necessários para viabilizar a obra eram expressivos, como exemplo:

- 100.000m² de paredes de drywall, a maior parte com tipologia de 4 chapas (duas chapas de cada lado), o que resultou em 400.000m² de chapas de gesso acartonado para serem transportadas para os pavimentos.
- De alvenaria em blocos de concreto ou cerâmico foram 35.000m², ou seja, mais de 450.000 blocos.
- 32.400m² de revestimentos cerâmicos de piso e parede.

Para execução da obra, foram utilizados principalmente as seguintes soluções para movimentação de materiais:

- Transporte vertical:
 - Grua
 - Elevadores cremalheira
 - Elevadores definitivos
 - Motoçador
 - Mini guindaste tipo aranha ou spider
- Transporte horizontal:
 - Empilhadeira à combustão
 - Veículo utilitário compacto (caminhão de carga leve)
 - Carrinhos manuais
 - Paleteira hidráulica manual, empilhadeira hidráulica manual ou transpaleta hidráulico
 - Guindauto

A seguir estão destacadas as principais definições e/ou resultados das soluções implementadas.

5.2.1 Gruas

As gruas (a obra chegou a contar com 4 gruas) atuaram prioritariamente no transporte de materiais para execução da estrutura (perfis metálicos, lajes tipo Steel-Deck, formas metálicas, formas de madeira, escoramentos metálicos e aço) e equipamentos de grandes dimensões (Chillers, torres de resfriamento, geradores, alguns quadros elétricos e transformadores).

Foram utilizadas as seguintes gruas para execução das obras:

- Grua G1: Modelo GR2245 com Lança Basculante; Altura de trabalho prevista: Inicial: 28 metros, Final 100 metros; Comprimento da lança: 45 metros; Carga de ponta: 2.200 kg; Tipo de Base da Grua: Ascensional
- Grua G2: Modelo GR3642; Altura de trabalho prevista: Inicial: 54 metros, Final 100 metros; Comprimento da lança: 42 metros; Carga de ponta: 3.600 kg; Tipo de Base da Grua: fixa com chumbadores de base
- Gruas G3: grua universal de torre modelo GR2025; lança com 30m; Carga de ponta: 2.000kg; Tipo de Base da Grua: fixa base de estrutura metálica fixada apoiada sobre estrutura existente
- Gruas G4: grua universal de torre modelo GR2025; lança com 30m; Carga de ponta: 2.000kg; Tipo de Base da Grua: fixa com chumbadores de base de concreto;
- Até a mobilização da grua G4, durante as etapas de execução de estrutura dos sub-solos, foi utilizada uma mini-grua com capacidade de carga de 600kg.

O posicionamento das guias (Figura 10) foi definido após exaustivas reuniões de planejamento com o fornecedor, avaliando o impacto para cada posição e o atendimento à produtividade necessária.

Figura 10 – Implantação das gruas no terreno (fonte: divulgação Método)

4.2.2 Elevadores cremalheiras

O transporte vertical de materiais por elevadores do tipo cremalheira foi um fator de extrema importância para o desenvolvimento da obra. A maior parte dos insumos necessários para a execução da obra foi transportada verticalmente por elevadores cremalheira.

Além de materiais, os elevadores cremalheira, que totalizaram sete equipamentos ao longo das diferentes fases da obra, também foram responsáveis pelo transporte de todo efetivo da obra, que chegou a aproximadamente 1.300 funcionários no pico de produção.

Para atender a demanda da obra, foram instalados elevadores cremalheiras para transporte de pessoas e de materiais, sendo um exclusivo, com dimensões especiais (medidas úteis: 1,30m de largura, 2,98m de profundidade e 2,20m de altura), para transporte de painéis prontos da fachada unitizada.

Os elevadores foram instalados em duas condições diferentes, a partir de uma avaliação do cronograma (principalmente dos elementos de fachada e dos elevadores definitivos) e dos impactos em cada condição:

- No poço de elevadores definitivos – em função do grande número de elevadores do empreendimento e seu cronograma de montagem, foi possível destinar alguns poços para a instalação de elevadores cremalheira dentro das torres, sem impacto para a fachada.
- Na fachada – Para duas das torres foi possível instalar parte dos elevadores cremalheira em fachadas específicas cuja instalação de painéis da pele de vidro foi planejada para o final da obra, quando da disponibilização de elevadores definitivos que permitiriam a desmobilização destes equipamentos.

Em determinado momento da obra, com o aumento do volume de serviços, observou-se uma queda na produtividade das frentes de trabalho apontada pelos indicadores semanais de prazo das atividades planejadas. Os mesmos indicadores apontavam que uma das principais causas era a falta de abastecimento adequado de materiais nos pavimentos, para atender às frentes de serviço.

A questão de produtividade dos elevadores, em razão de sua importância, foi tema de projeto aplicativo do programa de trainee da empresa, em que o colaborador Rafael Tadeu Brotones de Souza, sob coordenação do autor, utilizou a metodologia do *Lean Six Sigma* para reduzir a ociosidade do transporte vertical.

Na análise observou-se como principais fatores relacionados à produtividade do transporte vertical com elevadores cremalheiras os seguintes itens:

- a) **Tempo em movimento do equipamento** - considerando que o equipamento está efetivamente em movimento, em percurso de subida ou descida. Quando parado, o equipamento está ocioso ou em processo de carga e descarga, ou seja, de toda forma não movimentando verticalmente as cargas. Em geral, o equipamento só está transportando carga efetivamente no movimento de subida, para abastecimento dos pavimentos, enquanto que na descida está vazio para voltar ao ponto de carregamento. Mas para os cálculos, foi considerado o ciclo, ou seja, estando em movimento o equipamento está produzindo.
- b) **Velocidade do equipamento** – fator definido na contratação do equipamento, sem variação significativa durante a operação. A velocidade final do equipamento é resultado não só da velocidade em curso, mas também do mecanismo de fechamento das portas e aceleração para partida e freio, por exemplo. Como os equipamentos já estavam instalados quando do início dos estudos e a velocidade dos equipamentos instalados já era compatível às melhores velocidades comercialmente disponíveis no mercado, este fator não foi objeto de ação de melhoria na obra.
- c) **Procedimentos e práticas de operação** – a forma como o operador ou mesmo a engenharia definia para o uso do equipamento, impactava na quantidade de material efetivamente disponibilizado nos pavimentos. A própria escala de operadores, com intervalos de almoço do operador, por exemplo, impacta na produtividade do equipamento.
- d) **Tempo disponível do equipamento** – O equipamento está suscetível a paradas de manutenção preventiva, periódicas ou esporádicas, e corretivas, quando alguma anomalia é identificada. Desta forma, a gestão do tempo efetivamente disponível do equipamento, ou seja, o tempo em que o equipamento está em operação regular, é diretamente relacionada à produtividade do transporte.
- e) **Taxa de ocupação do equipamento por viagem** – O equipamento tem uma capacidade nominal de transporte, definida pela capacidade de carga (em

quilogramas ou número de passageiros) e pelo volume (dimensões internas da cabine). Quanto mais próximo da capacidade nominal de carga do equipamento, maior a eficiência no transporte.

- f) **Incompatibilidade de modulação de insumos com as dimensões do equipamento** – Nem sempre as dimensões dos elevadores atendem à modulação das embalagens dos insumos. Uma chapa de drywall, por exemplo, possui largura padrão é de 1,20m e recomendação de ser estocada na horizontal, mas a maior parte dos elevadores cremalheiras disponíveis possui largura útil (vão luz) inferior a 1,00m, ou seja, é necessário readequar a quantidade a ser transportada para a vertical, o que consome mais tempo de movimentação.

A equipe de obra definiu que os itens “a” e “d” seriam controlados quantitativamente os itens “c”, “e” e “f” qualitativamente. Não seria economicamente viável dispendir recursos para medir com precisão as variáveis da prática de operação ou mesmo a taxa de ocupação por viagem, visto que não havia solução automatizada disponível e o levantamento de dados manuais seria impreciso e oneroso.

Para medir o tempo disponível para uso, com operador, foi criada uma planilha em que cada operador apontava em seu equipamento o horário de início e término de operação e as eventuais paradas, seja por falha do equipamento, manutenção ou a própria ausência temporária do operador.

Para medir o tempo do elevador funcionando, foi instalado um horímetro (instrumento de medida digital que indica a quantidade de horas e frações que o equipamento esteve em funcionamento) no quadro de comando da cremalheira, que registrava o tempo em funcionamento dos motores, ou seja, em movimentação vertical (subindo ou descendo). Antes e após a operação da cremalheira o operador efetuava o registro da quantidade de horas indicada no horário (Figura 11).

Figura 11 – Formulário para preenchimento de tempo de funcionamento (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Cremalheira nº: _____ Equipamento: _____ Fornecedor: _____					
Data	Nome do Operador	Hora de Início da operação	Marcação do Horímetro no início da operação	Hora de Término da operação	Marcação do horímetro no término da operação

A Figura 12 apresenta um dos horímetros instalados no quadro de comando do elevador cremalheira.

Figura 12 – Horímetro instalado dentro do quadro de comando do elevador cremalheira (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Os dados foram colhidos em cinco equipamentos (Quadro 2).

Quadro 2 - Elevadores cremalheiras analisados (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Nome do Equipamento	Capacidade de carga (Kg)	Dimensões da cabine (m)	Capacidade de passageiros	Velocidade (m/min)
C09	1.300	1,17 x 2,42 x 2,10	17	33,3
C10	1.300	1,17 x 2,42 x 2,10	17	33,3
C11	1.300	1,17 x 2,42 x 2,10	17	33,3
C12	1.300	1,17 x 2,42 x 2,10	17	33,3
C13	2.000	1,30 x 2,98 x 2,20	26	30,0

O cálculo da produtividade dos elevadores cremalheiras foi feito pela relação entre o tempo de funcionamento e o tempo disponível. Os resultados iniciais indicaram uma média de produtividade de 22% (Figura 13).

Figura 13 – Produtividade dos elevadores cremalheira – medição inicial (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Com o auxílio do software MINITAB a distribuição normal dos dados apresentou a curva de distribuição de produtividade (Figura 14).

Figura 14 – Distribuição normal da produtividade dos elevadores cremalheira (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Este cálculo de produtividade não considera o tempo do equipamento fora de operação (por manutenção ou fora do expediente, por exemplo), que devem ser avaliados em outro indicador (razão entre o tempo disponível e o tempo total alocado) e é evidente que, considerando os critérios de cálculo adotados, não é possível atingir uma produtividade de 100%, pois é intrínseco ao processo o tempo de abertura e fechamento de portas, carga e descarga de materiais.

É importante ressaltar que a Método não executou a obra com mão de obra própria, mas sim com a gestão de subcontratados especializados em cada atividade do escopo da obra. Desta forma, para promover mudanças foi preciso interferir também na gestão interna de cada fornecedor da obra.

A partir da análise dos dados e observações experimentais em campo, observando os principais eventos que impactavam na produtividade por viagem, foram implantadas as seguintes ações de melhoria:

- a) **Treinamento e incentivo aos funcionários para transporte de materiais já acondicionados (rearranjados) adequadamente** – A principal causa identificada para a baixa produtividade dos elevadores foi o tempo de carga e descarga de materiais que, na maioria das vezes, era realizado item a item. Apesar de ser evidente que o transporte em carrinhos ou embalagens adequadas seja muito mais eficiente, é muito comum os funcionários darem preferência ao trabalho manual.

Foi alinhado com os fornecedores a proibição de transporte de materiais soltos ou em pequenos volumes, sendo exigido o uso de carrinhos plataforma ou empilhadeiras manuais, para materiais paletizados em dimensões compatíveis com as portas dos elevadores (Figura 15).

Figura 15 - Alteração na forma de carregamento de ensacados (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Mesmo carrinhos para transporte de blocos (que demandavam o carregamento pilha a pilha de blocos) tiveram seu uso descontinuado, sendo recomendado a readequação da carga na área de armazenamento provisório ou o alinhamento

de soluções junto aos fornecedores. No caso dos blocos cerâmicos, que vinham sobre paletes de 40x40cm (blocos 2 a 2, deitados), foi alinhado com o fornecedor de prender 4 conjuntos de minipaletes formando um volume de 80x80cm (Figura 16), ou seja, em uma movimentação passou-se a transportar 4 vezes a quantidade de material, ou uma redução teórica de 75% no tempo de movimentação.

Figura 16 – Rearranjo de paletes de blocos cerâmicos (Fonte: Método Potencial Engenharia)

No caso de ensacados como argamassas prontas, cimento e areia, que muitas vezes eram carregados e descarregados um a um da cabine, foi exigido o uso de carrinhos plataformas ou paletes. Cargas que seguiam as regras tinham prioridade de subida, ou que gerou incentivo à adequação por parte de fornecedores e funcionários.

No caso das chapas de drywall, por exemplo, que eram transportados manualmente de duas em duas chapas, foi desenvolvido um carrinho específico para esta finalidade (Figuras 17 e 18). O carrinho, inclusive, facilitou a movimentação do material no pavimento, reduzindo o volume de estoques fixos e aumentando a produtividade na execução.

Figura 17 –Cremalheira sendo carregada manualmente com placas de drywall (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Figura 18 – Carrinho para transporte de placas de drywall (Fonte: Método Potencial Engenharia)

- b) **Agendamento de utilização do equipamento** – Como estratégia para otimizar o uso do equipamento, o uso dos elevadores cremalheiras passou a ser feito mediante agendamento prévio. Semanalmente cada fornecedor passava sua demanda, alinhada ao planejamento semanal de atividades, e a solicitação era avaliada e aprovada pela engenharia.

Com isso, cada fornecedor passava a se organizar melhor para focar o abastecimento de suas frentes nos horários previamente definidos. No fechamento da semana, o desempenho de cada fornecedor no cumprimento da agenda era avaliado, subsidiando o redimensionamento de tempo a ser agendado para a próxima semana.

Como estratégia de incentivo, bons fornecedores passavam a ter prioridade no agendamento. Uma boa prática foi manter na agenda horários vagos, principalmente no início da aplicação do agendamento, para absorver eventuais desvios ou contratempos, sem prejuízo a toda agenda do dia.

Ainda em relação ao agendamento do equipamento, foram definidos horários exclusivos para movimentação de pessoal nos horários de pico:

- Início da jornada pela manhã
- Deslocamentos de ida e volta do horário de almoço
- Deslocamentos de ida e volta do horário do lanche da tarde
- Término do expediente

c) **Adequações para otimizar a entrada e saída dos elevadores cremalheiras**

– Pequenas ações, como a execução de um contrapiso de 4cm em frente às portas dos elevadores no térreo geraram mais facilidade na movimentação de carrinhos e paleteiras, reduzindo tempo de movimentação, desgaste dos trabalhadores e perdas de materiais. Também no térreo, principal ponto de movimentação de carga e partida para o abastecimento de todos os pavimentos foram realizadas ações de sinalização e orientação, com a criação de áreas de espera e fila de carregamento com distância adequada das portas, evitando o conflito de fluxo em frente às portas, definição do sentido de fluxo de entrada e saída do local e delimitação de área permanentemente livre imediatamente a frente das portas (ação tomada também nos pavimentos).

d) **Definição de novas regras de utilização dos elevadores cremalheira** –

Além do agendamento para utilização dos equipamentos, da exigência de modulação das cargas e do uso de carrinhos, outras diretrizes foram implantadas para aumentar a produtividade dos equipamentos:

- Evitar a subida de embalagens desnecessárias – muitos equipamentos e materiais, como transformadores e quadros elétricos são transportados em caixas de madeira e/ou embalados em plástico ou papelão. Quando estas proteções não forem mais necessárias dentro do canteiro de obras, os fornecedores foram orientados a remover as

embalagens antes de transportar os itens para a frente de trabalho. Desta forma, reduz-se o volume da carga a ser transportada e evita-se o retrabalho de descer as embalagens do pavimento para descarte.

- Acesso à pavimentos intercalados - No caso de elevadores destinados exclusivamente para pessoas, ou nos demais equipamentos em horários exclusivos para pessoas, definiu-se a regra de que o elevador só teria acesso aos pavimentos pares. Desta forma, o funcionário trabalhando em um pavimento ímpar que precisasse acessar o equipamento necessitaria descer um pavimento de escadas. Com isso reduziu-se a quantidade de paradas e os eventos de abertura e fechamento de portas.
- Aumentar a disponibilidade de sanitários e bebedouros nos pavimentos, como estratégia para reduzir a necessidade de deslocamento dos funcionários.
- Incentivar a subida de materiais no período noturno – Em razão da restrição de circulação de caminhões durante o dia, que implicava na entrega da maioria dos materiais no período noturno, o planejamento tanto das programações de carga quanto da organização dos pavimentos era feito de forma a viabilizar a subida imediata dos materiais, ou seja, transporte direto do caminhão à frente de serviço no pavimento, sem estoque temporário no térreo. No período noturno, em que não havia atividade de produção, como a atividade era exclusivamente a movimentação de materiais, o processo funcionava com menos interferências e mais eficiência.
- Alocação de equipe dedicada para movimentação de materiais – Com as cargas organizadas, moduladas e disponibilizadas em carrinhos de transporte, passou a ser viável a mobilização de equipe reduzida, mas dedicada, às operações de carga, descarga e movimentação de materiais.

- e) **Nova escala de trabalho dos operadores** – Como estratégia para desafogar os gargalos de movimentação nos horários de pico, foi definida uma escala de horário de trabalho diferente para cada operador de cremalheira de tal modo que parte dos equipamentos começasse a operar mais cedo, outra parte terminasse a jornada mais tarde, e os horários de almoço fossem desencontrados. Com isso era possível ter equipamento disponível por uma janela de tempo maior ao longo do dia.

Em razão da quantidade de equipamentos em operação, outra ação adotada foi a de mobilizar um profissional adicional da empresa de locação dos elevadores cremalheira, para cobrir as ausências de outros operadores em horários de almoço ou faltas. Para esta posição foi mobilizado um profissional habilitado para executar a manutenção dos equipamentos, ou seja, era responsável pelas manutenções periódicas preventivas dos equipamentos e também por qualquer intervenção emergencial, reduzindo o tempo de indisponibilidade dos equipamentos.

Dois meses após a implantação das melhorias, ainda sem a aplicação plena de todas as soluções e definições, já foi possível observar aumento de produtividade. A Figura 18 indica os dados antes e depois das melhorias. É possível verificar que só foram obtidos resultados de produtividade acima de 55% após a implantação das melhorias.

Figura 19 – Comparativo entre as médias de produtividade antes e depois da implantação das melhorias (Fonte: Método Potencial Engenharia)

A Figura 19 representa a comparação entre os dados obtidos pelo controle do horímetro, com representação simplificada de média de 5 pontos (5 dias), indicando aumento da produtividade de 22 para 25% (Figura 20).

Figura 20 – Comparativo entre as médias de produtividade antes e depois da implantação das melhorias (Fonte: Método Potencial Engenharia)

Este aumento inicial de 3 pontos percentuais, avaliados nos dois primeiros meses após a implantação das melhorias, corresponde apenas à parcela de ganho de produtividade dos itens mensuráveis. Não foi possível quantificar os ganhos, apesar de sensíveis, relacionados ao aumento da disponibilidade do equipamento, maior conforto dos usuários e maior previsibilidade do processo.

5.2.3 Transporte horizontal

Pelo fato da obra estar localizada em grande centro urbano adensado, mais especificamente no mesmo terreno de um Hospital em operação, a circulação de cargas e áreas de armazenagem foram pontos bastante críticos no projeto. A área disponível era o próprio térreo que, além de ser área de intervenção da obra, era laje de cobertura do Hospital em funcionamento, com restrição de carga e barulho.

Todo abastecimento da obra era feito por uma única entrada, em um acesso compartilhado com o Hospital. Em razão da restrição de circulação de caminhões no período diurno, haviam duas possibilidades para as entregas via caminhão:

- Descarga noturna: as cargas chegavam e eram descarregadas ainda a noite. Nesta situação, o fator que limitava a quantidade de caminhões em uma madrugada era a velocidade de descarga. Entre 4h00 e 5h00 da manhã todos os caminhões precisavam estar descarregados.
- Descarga diurna: neste caso, os caminhões chegavam à obra no período noturno, eram descarregados durante o dia, e o caminhão deixava a obra na noite seguinte. Esta condição era usada para materiais com descarregamento pela grua, como perfis metálicos e aço, e só permitia o pernoite de 1 a 2 carretas, para não estrangular o único acesso da obra e do Hospital.

Como condição favorável, havia disponibilidade de um terreno próximo, em outro quarteirão, para auxiliar as atividades de estoque provisório e transbordo.

As principais soluções para movimentação horizontal de cargas foram:

- a) **Empilhadeira à combustão** – Para realizar as atividades de carga e descarga de caminhões, assim como a movimentação de materiais no canteiro, foi utilizada uma empilhadeira à combustão, liberando as guas para atividades mais nobre como a execução da estrutura.

Para otimizar o trabalho da empilhadeira, foi executada uma doca de acesso aos elevadores cremalheiras (Figura 21).

Figura 21 – Empilhadeira à combustão e doca de acesso às cremalheiras (Fonte: o autor)

- b) **Veículo utilitário compacto** – Para realizar transportes do terreno de apoio para a obra, ou mesmo dentro do canteiro.
- c) **Guindauto** – O guindauto, mais conhecido como caminhão munk, foi utilizado para movimentações específicas, complementando a atuação da grua.
- d) **Paleteira hidráulica manual** – Para movimentações diversas, a solução adotada foi a paleteira hidráulica manual ou transpalete.

4.2.4 Organização de canteiro

Algumas soluções foram adotadas no canteiro para melhorar a movimentação de cargas e a organização de canteiro, entre elas:

- a) **Planta logística** – Para agilizar a locação de cargas e materiais em estoque provisórios, endereçando os espaços, organizar a circulação dos equipamentos de movimentação e facilitar a comunicação junto aos funcionários, foi desenvolvido projeto com a indicação de vias de circulação, equipamentos fixos de transporte e áreas de armazenamento por tipo de material ou empresa responsável (Figura 22).

Figura 22 – Planta logística (Fonte: o autor)

- b) **Sinalização de área** – Para materializar o projeto de logística em campo, facilitando o entendimento de todos os envolvidos, e aumentando a segurança na movimentação dos equipamentos, foram executadas sinalizações específicas como a identificação de áreas, sinalização de materiais, faixas de delimitação no piso e execução de faixas de pedestre (Figura 23).

Figura 23 – Sinalização de piso (Fonte: o autor)

- c) **Isolamento de áreas** – Uma importante estratégia para melhorar a organização, evitar o estoque de materiais em locais inadequados e favorecer a limpeza do canteiro foi o isolamento de áreas (Figura 24). Esta ação também melhorou a condição de segurança, organização e limpeza da obra, pois restringiu os caminhos de circulação de funcionários.

Figura 24 – Isolamento de áreas (Fonte: o autor)

4.2.5 Agenda logística

Para organizar as atividades e programações relacionadas a movimentação de materiais, resíduos e pessoas, foi desenvolvida a agenda logística. Esta ferramenta resume-se ao conjunto de planilhas com o a programação de cada recurso (equipamento) alocado para movimentação de materiais, acompanhado das regras de utilização de cada um deles.

Um profissional da equipe de engenharia ficou responsável por coordenar a programação da agenda e os equipamentos logísticos, acompanhar o desempenho em campo e tomar as ações corretivas.

Além da agenda de elevadores cremalheiras, detalhada em item anterior, foram aplicadas as seguintes ferramentas:

- a) **Agenda de utilização de equipamentos** – De forma análoga à agenda dos elevadores cremalheira, foram implantadas agenda para programação dos elevadores definitivos em uso pela obra e agenda para utilização dos demais equipamentos logísticos, como empilhadeira, guindauto, grua e veículo utilitário compacto.
- b) **Agenda de entrega de materiais** – Como o espaço físico e o tempo para descarga noturna eram restritos, a agenda de entrega de materiais no período noturno foi implantada para que a programação fosse previamente aprovada. O controle do realizado e a análise das causas de desvio, trouxe melhorias ao processo e aumento na eficiência dos agendamento e velocidade na descarga. Foi possível elaborar métricas que auxiliaram a equipe de produção e logística a gerenciar adequadamente a entrega dos materiais.

A Figura 25 exemplifica a quantidade mensal de caminhões recebidos no período noturno.

Figura 25 – Gráfico com a quantidade mensal de caminhões recebidos no período noturno (Fonte: Método Potencial Engenharia)

A quantidade de caminhões recebidos no período de um mês, por exemplo, pode ser calculada com as informações de cronograma de obra, programação de entrega e quantitativo de materiais. Independente disso, a representação gráfica permite visualizar tendências e estimar projeções (cenários), permitindo a tomada de ações como o incremento da equipe ou dos equipamentos de descarga e movimentação, de forma planejada.

Outra informação que foi possível extrair dos relatórios de entrega noturna, através do apontamento do horário de chegada e saída de cada caminhão, foi a quantidade de caminhões em espera, para cada hora da noite e madrugada, para que ações pudessem ser tomadas para buscar a redução do horário final. A Figura 26 exemplifica o apontamento para 3 meses.

Figura 26 – Gráfico indicando a quantidade de caminhões em fila, por horário (Fonte: Método Potencial Engenharia)

A gestão deste indicador é importante pois permite gerenciar:

- A quantidade máxima de caminhões (tamanho da fila) no pico. Esta informação auxilia tanto na tomada de decisão para incrementar o espaço ou infraestrutura para área de espera de caminhões quanto para definir um limite de agendamento, de forma que não haja comprometimento das operações.
- A quantidade de caminhões na fila de descarga, por horário. Esta informação deve retroalimentar o planejamento, ou seja, a equipe de programação de cargas, para que agende a chegada dos caminhões de forma mais distribuída no período, reduzindo conflitos e o tempo em espera por caminhão.
- A partir destes dados é possível calcular o tempo médio para descarga de um caminhão, informação pertinente para avaliar se a solução definida para descarga e movimentação dos materiais está adequada.
- Tempo total necessário para descarga de todos os caminhões. O desafio é otimizar as atividades de descarga e movimentação de materiais com o objetivo de reduzir o horário de saída do último caminhão. Quanto mais o horário de término de descarga for reduzido, menor o impacto à vizinhança e menor os custos operacionais do processo (custos dos recursos envolvidos e custos indiretos).

A seguir, a Figura 27 indica a quantidade de caminhões recebidos por tipo de material. O gráfico contribui para indicar quais são os materiais que exigem mais foco para as ações de melhoria.

Figura 27 – Gráfico com a quantidade de caminhões recebidos por tipo de material (Fonte: Método Potencial Engenharia)

QUANTIDADE DE CAMINHÕES RECEBIDOS POR TIPO DE MATERIAL

Período: Julho/2012 a Outubro/2014

A partir deste gráfico é possível identificar visualmente os materiais de maior relevância (em quantidade) para a gestão logística. Pode-se incorporar a este gráfico a informação do previsto e realizado.

5.2.6 Discussão do estudo de caso

O estudo de caso foi fonte de inspiração para desenvolver uma ferramenta corporativa que auxiliasse na implantação de soluções e tomadas de decisão relativas à logística de canteiro para obras de edificações, como apresentado no próximo capítulo.

O estudo de caso mostra que, mesmo qualitativamente, a gestão mais detalhada da logística de canteiro de obras traz impactos significativos à produção e tem relação direta com a gestão de escopo, tempo e custo da obra.

Apesar de haver não só conhecimento sobre o tema dentro da empresa como também ser uma prática comum em todos os projetos o enfoque logístico, faltava uma espinha dorsal para visualizar de forma sistemática o tema, facilitar o registro de lições aprendidas e reduzir o esforço na implantação para novas obras.

Um modelo de plano de gerenciamento de logística para a empresa contribuiria para unificar a linguagem na tratativa dos assuntos relacionados dentro da empresa, criando um padrão de gestão e possibilitando métricas comparativas entre os projetos, ou seja, subsídios para promover melhoria contínua.

6 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE GERENCIAMENTO LOGÍSTICO PARA OBRAS DE EDIFICAÇÕES

Esta proposta de diretrizes tem como objetivo subsidiar a elaboração de um Plano de Gerenciamento Logístico para canteiros obras de edificações, como resultado da pesquisa bibliográfica, das lições aprendidas do estudo de caso, dos ativos organizacionais da empresa (planos, processos, políticas, enfim, toda base de conhecimento) e da experiência profissional do autor.

É proposto um fluxo físico, ou seja, uma sequência, para desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico.

O Plano de Gerenciamento Logístico de um projeto deve estar alinhado com os planos das demais áreas de conhecimento já estabelecidos na empresa Método Potencial Engenharia (integração, escopo, custo, tempo, qualidade, riscos, recursos humanos, comunicação, aquisições, coordenação de projetos, qualidade, segurança do trabalho, sustentabilidade e meio ambiente), formando um Plano único. No entanto, a aplicação não se restringe à Método, podendo ser aplicada em outras construtoras.

A seguir, estão relacionadas as diretrizes a serem consideradas para desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico, que apesar de possuir uma matriz única, será específico para cada obra, em função da peculiaridade de cada projeto e escopo contratual.

6.1 Apresentação

O desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico está estruturado conforme a Figura 28:

Figura 28 – Estrutura de desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico (Fonte: o autor)

O fluxo (Figura 28) ilustra a sequência sugerida para desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico. Cada caixa representa um processo a ser executado. Cada processo é composto, basicamente, por (Figura 29):

- Entradas: elementos e informações necessárias para execução do processo;
- Ferramentas e técnicas: conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas aplicadas ao processo para cumprimento dos seus requisitos.

- Saídas: produtos e resultados do processo.

Figura 29 – Etapas do processo (Fonte: o autor)

O processo de desenvolvimento é iterativo não apenas entre os processos, mas também entre os planos das outras áreas de conhecimento. Os processos se sobrepõem e se interagem.

6.2 Coleta de dados

Processo de coleta de todas as informações necessárias para desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Logístico. O grau de informações disponíveis definirá o grau de qualidade das saídas.

Para desenvolvimento do Plano, são necessárias todos os documentos e informações de entrada disponíveis para embasamento do Plano, como por exemplo:

- Contrato;
- Proposta técnica-comercial, com as considerações e exclusões;
- EAP (Estrutura Analítica do Projeto) e a planilha de preços;
- Composição de custos do orçamento e propostas que embasaram o orçamento;
- Projetos de implantação, arquitetônico e complementares;
- Cronograma e plano de ataque da obra;
- Organograma da equipe de obra;
- Histograma de mão de obra;

- Informações sobre o local da obra (restrições locais, legislação vigente, determinações de autoridade de trânsito, informações sobre a vizinhança, entre outros);
- Plano de Gerenciamento do Projeto: qualquer informação disponível referente aos Planos de outras áreas de conhecimento;
- Qualquer outra informação pertinente ao desenvolvimento da obra.

Nesta etapa de coleta de dados, recomenda-se a contratação de levantamento cadastral e planialtimétrico do terreno da obra, considerando todos os elementos de entorno pertinentes, como por exemplo: edificações vizinhas, postes e redes elétricas, pontos de ônibus e outras interferências na calçada, instalações enterradas, largura de calçadas e vias do perímetro da obra, bocas de lobo, entre outros. Este levantamento será utilizado para o mapeamento de interferências quando da locação dos elementos de canteiro.

Quanto mais informações forem obtidas nesta etapa, mais consistente será o planejamento da logística da obra.

Após a coleta dos dados, é fundamental o pleno entendimento das informações. Dentre as ferramentas e técnicas para trabalhar as informações, podemos citar:

- Análise crítica de todos os documentos;
- Consulta à especialistas, ou seja, outros profissionais experientes da empresa, projetistas, consultores e qualquer parte interessada ao projeto que possa contribuir com mais informações;

É importante registrar premissas adotadas e restrições identificadas, para serem revisitadas ao longo da obra e, em caso de alteração, terem seus impactos atualizados no Plano.

6.3 Detalhamento de serviços

Na etapa de detalhamento de serviços, as principais entradas serão a EAP (Estrutura Analítica do Projeto), o histograma de mão de obra direta e a planilha de composição

de custos. O objetivo é identificar cada um dos serviços necessários para a execução da obra, a mão de obra envolvida e eventuais equipamentos necessários. Este detalhamento vai envolver a decisão da equipe de obra sobre o plano de ataque de cada atividade, bem como as considerações sobre contratação do serviço.

Como exemplo, no caso de uma obra com fachada pele de vidro em painéis unitizados de alumínio, cada condição de contratação do serviço, ou seja, composição de fornecimento de serviços desta atividade, vai influenciar o planejamento logístico da obra. A solução para descarregar vidros muito provavelmente será diferente da solução para descarregar painel pronto. O quadro a seguir exemplifica alguns cenários.

Quadro 3 – Exemplo de composição de fornecimento de serviços e impactos na logística (Fonte: o autor)

Alternativas de fornecimento	Usinagem dos perfis	Montagem dos quadros	Colagem do vidro	Impactos na logística
A	Na fábrica	Na fábrica	Na fábrica	Neste caso, apenas o painel pronto será movimentado na obra. A obra deverá prever infraestrutura para descarregar e movimentar os painéis até o ponto de instalação
B	Na fábrica	Na fábrica	Na obra - em central de colagem fixa	Neste caso, a obra terá que gerenciar a movimentação dos quadros e dos vidros, até a montagem na central, e depois a movimentação do painel da central até ponto de aplicação.
C	Na fábrica	Na fábrica	Na obra - em central de colagem móvel (no pavimento)	Neste caso, a obra terá que gerenciar a movimentação dos quadros e dos vidros para cada pavimento de aplicação. Deverá ser considerado espaço para colagem nos pavimentos.
D	Na fábrica	Na obra	Na obra - em central de colagem fixa	Neste caso a obra terá que gerenciar a movimentação de todas as partes individualmente. As condições de armazenamento serão diferentes e a demanda por movimentações internas também.
E	Na obra	Na obra	Na obra - em central de colagem fixa	Além do gerenciamento de todo material, a obra terá que gerenciar uma estação de central de usinagem de perfis, o que demandará mais espaço no canteiro e a movimentação de perfis.

Para cada condição de fornecimento (Quadro 3), haverá uma condição de mão de obra e equipamento associada. Na etapa de detalhamento de serviços o histograma de mão de obra e equipamentos deverá ser revisado e também detalhado.

6.3 Quantificação de materiais

Com o detalhamento de escopo da obra, representado pela planilha de composição de custos, por exemplo, e o detalhamento dos serviços, já com a avaliação da condição de fornecimento, a próxima etapa é a quantificação dos materiais. Para um serviço de alvenaria, por exemplo, deverá ser detalhado todo quantitativo de material a ser gerenciado, como argamassa pronta, blocos cerâmicos, aço de reforço, tela, finca-pino, e qualquer outro material envolvido.

Como resultado desta etapa, deverá ser elaborada uma planilha com a relação de todos os insumos a serem gerenciados pela obra, conforme ilustrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Exemplo de planilha de materiais - decomposição de serviços (Fonte: o autor)

Descrição	Categoria	Consumo	Unid.	Quantidade
ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICO E=19CM			M2	1.000,00
BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO 19 X 19 X 39 CM INTEIRO	MAT	13,00	PÇ	13.000,00
AREIA	MAT	0,023	M3	23,00
CAL HIDRATADA	MAT	4,14	KG	4.140,00
CIMENTO	MAT	3,24	PÇ	3.240,00
AÇO CA-60 Ø 6,3 MM (CORTADO E DOBRADO)	MAT			
CONCRETO FCK=15 MPA SLUMP 8±1	MAT			
TELA PARA FIXAÇÃO DE ALVENARIA-12 CM X 50 CM	MAT			
FINCA PINO	MAT			

Esta planilha deverá conter também as características da carga de cada material, por exemplo: forma de embalagem do material, quantidade de material por embalagem, peso por embalagem, dimensões da embalagem, empilhamento máximo, quantidade de embalagens por entrega (viagem), entre outras.

6.4 Elaboração de cronograma de materiais

Nesta etapa o quantitativo de materiais, preferencialmente já na mesma modulação de carga da entrega (por viagem de bloco, por exemplo, e não por peça unitária), deverá ser distribuído no tempo, considerando-se os seguintes fatores:

- Estoque mínimo ou de segurança do material;

- Riscos associados ao tamanho do estoque;
- Disponibilidade e confiabilidade de fornecimento do material;
- Prazo de fornecimento do material;
- Impactos da variação de produtividade na execução dos serviços ou alteração de cronograma no volume em estoque;
- Riscos associados à falta de material.

O cronograma deve, preferencialmente, informar não só o período (início e fim da atividade), mas principalmente a quantidade a ser entregue para cada período (Quadro 5).

Quadro 5 - Exemplo de cronograma de materiais (Fonte: o autor)

ITEM	MATERIAL	UNIDADE	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6
1	Blocos cerâmicos 14 x 19 x 39 cm	Bloco	2600	5200	5200	5200	5600	0
1.1	1º Pavimento	Bloco	2600	2600				
1.2	2º Pavimento	Bloco		2600	2600			
1.3	3º Pavimento	Bloco			2600	2600		
1.4	4º Pavimento	Bloco				2600	2600	
1.5	5º Pavimento	Bloco					3000	
2	Argamassa pronta - Saco 20kg	Sacos	150	300	300	300	330	0
2.1	1º Pavimento	Sacos	150	150				
2.2	2º Pavimento	Sacos		150	150			
2.3	3º Pavimento	Sacos			150	150		
2.4	4º Pavimento	Sacos				150	150	
2.5	5º Pavimento	Sacos					180	
3	Cimento-cola	Sacos	0	100	200	200	200	240
3.1	1º Pavimento	Sacos		100	100			
3.2	2º Pavimento	Sacos			100	100		
3.3	3º Pavimento	Sacos				100	100	
3.4	4º Pavimento	Sacos					100	100
3.5	5º Pavimento	Sacos						140
4	Revestimento cerâmico	m2						
4.1	1º Pavimento	m2		200	200			
4.2	2º Pavimento	m2			200	200		
4.3	3º Pavimento	m2				200	200	
4.4	4º Pavimento	m2					200	200
4.5	5º Pavimento	m2						280

6.5 Identificação e dimensionamento dos elementos de canteiro

A partir das informações coletadas, a equipe de obra deverá avaliar quais são os elementos de canteiro necessários para execução das obras. Idealmente, esta identificação deve ser analisada em conjunto com o cronograma de obra para que já seja feito o apontamento do período necessário de permanência do elemento no canteiro. Cada elemento de canteiro terá um tempo de permanência específico na obra, e esta informação será importante para elaboração dos diversos cenários de *layout*, para cada fase da obra.

Como base para a verificação dos elementos, sugere-se o uso da relação indicada por SOUZA et. al. (1998) para elaboração de planilha padrão com a relação dos itens utilizados pela empresa ou os disponíveis no mercado (Quadro 6).

Quadro 6 – Exemplo de planilha de identificação e dimensionamento de elementos de canteiro (Fonte: o autor)

Elemento de canteiro	Aplicável (S/N)	Descrição / Dimensionamento	Período de permanência								
			Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
Ligados à produção											
central de argamassa	Não										
pátio de armação (corte/dobra/pré-montagem)	Sim	400m2, com cobertura para área de montagem									
central de fôrmas	Não										
central de pré-montagem de instalações	Sim	200m2, área fechada e coberta									
central de esquadrias	Não										
central de pré-moldados	Não										
De apoio à produção											
almoxarifado de ferramentas	Sim	250m2 fechado e coberto									
almoxarifado de empreiteiros	Sim	600m2 - área aberta									
estoque de areia	Não										

Nesta etapa, o foco é a definição dos elementos ligados à produção (como central de armação, central de argamassa e central de fôrmas) e as áreas de armazenamento (almoxarifados e estoques).

6.6 Definição de equipamentos de transporte

Com as informações de quantidade e dimensões dos materiais, o primeiro passo para seleção dos equipamentos é avaliar todas as alternativas de movimentação para cada material. Para isto, recomenda-se a elaboração de uma matriz com os materiais e as soluções de movimentação disponíveis, conforme exemplo no Quadro 7.

Quadro 7 – Exemplo de matriz de soluções de transporte (Fonte: o autor)

Material	Alternativas de solução de movimentação									
	Bombeado por tubulação	Elevador cremalheira padrão	Elevador cremalheira especial	Guindaste	Grua	Empilhadeira à combustão	Paleteira hidráulica manual	Caminhão leve	Guindauto	Retroescavadeira
Material A	X									
Material B	X	X								
Material C				X	X				X	
Material D					X					
Material E					X					
Material F		X				X		X	X	
Material G		X				X	X	X		
Material H				X	X				X	X

O próximo passo é confrontar o cronograma de materiais, com a informação de quantidade a ser movimentada por período, com a capacidade de movimentação da solução, ou seja, calcular o dimensionamento da solução. Para os materiais com mais de uma alternativa de solução, deve-se realizar um estudo para avaliar a alternativa mais adequada, considerando que:

- Cada solução possui um risco e um impacto ao projeto.
- O custo de cada solução deve ser realizado considerando o custo global da solução e não apenas o custo unitário do equipamento. Cada equipamento possui uma consideração de custo diferente, como horas-extras, custos de manutenção, entre outros.
- Deve ser avaliada a disponibilidade prevista da solução. Algumas soluções podem ter impacto em caso de chuva e outras não, por exemplo.

6.6.1 Dimensionamento da cremalheira

Utilizando-se como referência ELEVADORES ATLAS SCHINDLER (2015), que se baseia na ABNT NBR-5665, as seguintes variáveis deverão ser conhecidas para cálculo de tráfego de um elevador:

- **População do prédio** (efetivo da obra, definido pelo histograma de mão de obra). Havendo informações disponíveis, é possível afinar esta estimativa (para uma condição mais econômica) considerando os colaboradores que efetivamente utilizarão a cremalheira para acesso à edificação, ou seja, excluindo-se colaboradores da área externa, das centrais de produção, do térreo e da administração, por exemplo;
- **Número de paradas dos elevadores** – basicamente os pavimentos atendidos. Recomenda-se considerar, para otimização do recurso, a parada em pavimentos alternados ou, quando mais de um equipamento disponível, a adoção de elevador zona baixa e elevador zona alta.;
- **Percurso** – É a distância, em metros, percorrida pelo equipamento, do piso acabado da primeira parada ao piso acabado da última parada;
- **Tipos de portas dos elevadores** – Aparente um detalhe, o tipo de mecanismo das portas impacta diretamente na produtividade do equipamento. Alguns elevadores possuem plataforma e grades frontais integradas, o que possibilita fechar ou abrir as portas com apenas um movimento.
- **Capacidade das cabinas** – Capacidade em kg e em número de pessoas.
- **Dimensões da cabine** – Apesar de mais difícil de mensurar o impacto, as dimensões úteis de vão de porta e dimensões internas de cabine impactam significativamente o tempo de carga e descarga dos elevadores. Além disso, podem restringir o acesso de soluções mais produtivas, como paletes, exigindo o transporte dos materiais a granel. A dimensão mínima de porta é de 98cm, o que não permite a entrada de um paleta com 1,00m de largura.
- **Velocidade dos elevadores;**
- **Quantidade de elevadores.**

Para dimensionamento dos elevadores a ELEVADORES ATLAS SCHINDLER (2015) recomenda como critério de desempenho o grau de serviço, ou seja, uma métrica de tempo de viagem e de espera que não seria viável em um canteiro de obras, ambiente em que os parâmetros de conforto e atividades envolvidas no processo são diferentes. Os equipamentos em canteiro de obras não são automatizados como os elevadores definitivos (que, diga-se, também podem ser utilizado para as atividades logísticas).

O dimensionamento do elevador cremalheira para pessoas, por exemplo, propõe-se o cálculo do tempo de espera desejado para movimentação nos momentos de pico. Em geral, os canteiros de obras de edificações possuem os seguintes horários de pico:

- Início do expediente, por volta de 7h00, com a subida para os pavimentos. Este costuma ser pico mais crítico;
- Descida para o almoço. Este pico pode ser minimizado com a implantação de escala para o almoço dos colaboradores, diluindo o fluxo de descida entre 11h00 e 12h30, por exemplo;
- Subida do almoço. Menos concentrado que o anterior, mas também intenso;
- Descida para o café da tarde (nos municípios em que este evento se aplica, conforme determinação do sindicato regional);
- Subida de retorno do café da tarde;
- Descida no final do expediente.

Para considerar o tempo de deslocamento médio de cada viagem (subida e descida do elevador), deve-se calcular o ciclo médio do elevador.

Esta variável é a mais importante no dimensionamento do equipamento e, ao mesmo tempo, varia conforme o planejamento da obra, pois muda expressivamente se os trabalhos estão sendo realizados em toda torre ou se as atividades estão concentradas em determinados pavimentos. A metodologia para cálculo desta variável deverá ser definida conforme o planejamento específico da obra. Como critério de referência, pode-se adotar para o dimensionamento o ciclo de subida e descida atendendo até o pavimento intermediário da torre, somando-se todos os tempos envolvidos:

$$T_{\text{ciclo médio}} = T_{\text{entrada}} + T_{\text{subida}} + (T_{\text{ap}} + T_{\text{saída}} + T_{\text{fp}}) \times P + T_{\text{descida}}$$

Sendo:

T_{entrada} = tempo de entrada ou carga, em segundos

T_{subida} = Tempo de subida, em segundos

T_{ap} = Tempo de abertura de porta, em segundos

$T_{\text{saída}}$ = Tempo de saída ou descarga, em segundos

T_{fp} = Tempo de fechamento de porta, em segundos

P = Quantidade de paradas adotada

T_{descida} = Tempo de descida, em segundos

O T_{subida} e o T_{descida} podem ser obtidos pela fórmula:

$$T_{\text{subida}} = T_{\text{descida}} = H/V$$

Sendo:

V = Velocidade do equipamento em m/s (metros por segundo)

H = Altura, ou percurso, considerado, em metros

Desta forma, dimensionando o elevador pela situação crítica (transporte dos colaboradores no início do expediente) a partir da premissa de tempo máximo de escoamento, obtém-se a capacidade recomendada (Q) do elevador pela fórmula a seguir:

$$Q = \frac{E_{\text{elev}} \times T_{\text{ciclo médio}}}{T_{\text{máx}}}$$

Sendo:

Q = Capacidade recomendada, em número de pessoas

E_{elev} = Efetivo considerado para dimensionamento do elevador, em número de pessoas

$T_{\text{máx}}$ = Tempo máximo para escoamento

Como exemplo, consideremos:

- Uma torre com 20 pavimentos, altura total de 60 metros (portanto, altura média de 30 metros), com parada da cremalheira em pavimentos alternados, ou seja, 5 paradas até a altura média;
- Efetivo total de 150 pessoas dos quais apenas 120 se utilizam da cremalheira;
- Elevador cremalheira com velocidade de 30m/mim, ou 0,5m/s;
- Tempo de abertura de porta de 10 segundos
- Tempo de fechamento de porta de 15 segundos
- Tempo de entrada de 30 segundos
- Tempo de saída de 10 segundos
- Tempo máximo de escoamento adotado de 30 minutos

$$T_{\text{subida}} = T_{\text{descida}} = \frac{30m}{\left(\frac{0,5m}{s}\right)} = 60s$$

$$T_{\text{ciclo médio}} = 30s + 60s + (10s + 10s + 15s) \times 5 + 60s$$

$$T_{\text{ciclo médio}} = 325s$$

$$Q = \frac{120 \times 325s}{1800s} = 21,7 \text{ passageiros}$$

Portanto, para que os 120 colaboradores acessem os pavimentos da torre em 30 minutos, seria necessária uma cremalheira com capacidade para 22 pessoas ou duas cremalheiras com 11 pessoas, sendo que neste último caso, as paradas poderiam ainda ser otimizadas.

Outra alternativa seria aceitar que o tempo máximo de escoamento do efetivo no pico seria de 40 minutos. Desta forma, seria necessário apenas uma cremalheira com pelo menos 17 passageiros de capacidade de carga, como expresso na fórmula a seguir:

$$Q = \frac{120 \times 325s}{2400s} = 16,25 \text{ passageiros}$$

Para o caso de transporte de materiais, o cálculo é análogo, observando que o tempo de carga e descarga será maior, no entanto o número de paradas será menor, em geral uma parada por ciclo.

6.7 Elaboração de *layout* de canteiro de obras

Com todos os elementos de canteiro relacionados e dimensionados, os equipamentos de transporte definidos e as informações de etapas da obra (provenientes do cronograma e plano de ataque), a próxima etapa é elaborar o *layout* de canteiro.

O projeto de *layout* de canteiro deve possuir a indicação de:

- Todos os elementos de canteiro, inclusive áreas de estoque;
- Acessos de pessoas e equipamentos;
- Raio de abrangência da grua e pontos de carga;
- Áreas de armazenamento de resíduos;
- Sobreposição do projeto de arquitetura e complementares pertinentes;
- Interferências do terreno.

Como a obra é dinâmica e possui várias etapas executivas, deverão ser elaborados os *layouts* para cada fase da obra.

O *layout* de canteiro pode ser desenvolvido utilizando a técnica SLP.

O *layout* de canteiro deve ter também como produto os seguintes itens:

- Projeto de instalações provisórias, com a distribuição elétrica (luz e força) e hidráulica da obra.
- Projeto de proteções coletivas, indicando isolamentos e sinalizações de segurança, saúde e meio ambiente.

- Projeto de comunicação visual de logística, de maneira a simplificar a orientação aos funcionários da obra.

6.8 Definição de procedimentos operacionais e matriz de responsabilidades

Para a efetiva aplicação do Plano deverão ser desenvolvidos os procedimentos operacionais para cada equipamento ou elemento relevante. Alguns exemplos de procedimentos operacionais:

- Regras de uso dos elevadores cremalheira;
- Agenda dos elevadores cremalheira;
- Escala de operadores de grua;
- Regras de circulação de carga no canteiro;
- Orientações para armazenamento e sinalização de materiais em áreas de estoque e frentes de trabalho;
- Plano de trabalho da grua;
- Agenda logística de entrega de materiais;
- Matriz de responsabilidade, com os atributos de cada envolvido no processo de logística dentro do canteiro de obras.

6.9 Definição de ferramentas de controle e indicadores

Para cada equipamento deverão ser estabelecidos ferramentas (planilhas, sistemas, ou outra forma de controle) e indicadores de produtividade, para que sejam tomadas ações sempre que desvios sejam identificados.

Exemplos de ferramentas de controle e indicadores:

- Produtividade dos equipamentos (cremalheiras, grua, guindastes, entre outros), ou seja, relação entre o tempo efetivamente trabalho e o tempo disponível.

$$\text{Produtividade do equipamento} = \frac{\text{Tempo em movimento (h)}}{\text{Tempo disponível (h)}}$$

- Tempo em fila de elevador cremalheira, em minutos, nos horários de pico. Este indicador deverá ser feito por amostragem.
- Disponibilidade dos equipamentos. Relação entre a disponibilidade real (tempo que o equipamento ficou operante, independente se em movimento ou não) e a prevista (8 horas por dia, por exemplo).

$$\text{Disponibilidade do equipamento} = \frac{\text{Disponibilidade real (h)}}{\text{Disponibilidade prevista (h)}}$$

- Programação de entrega de materiais – Relação entre a quantidade efetivamente entregue e a programada.

$$\text{Efetividade da programação de entrega} = \frac{\text{Entrega programadas realizadas}}{\text{Entregas programadas}}$$

6.10 O Plano de Gerenciamento Logístico

O Plano de Gerenciamento Logístico, assim como qualquer plano de gerenciamento, não é estático. Na elaboração do Plano deverá ser prevista a periodicidade de consolidação dos dados e reavaliação da ferramenta, garantindo atualização em relação à realidade da obra. Recomenda-se que mensalmente o Plano seja analisado e revalidado.

6.11 Controle integrado de mudanças

Sempre que houver qualquer alteração no projeto, por demanda interna (equipe da obra) ou externa (cliente, por exemplo), a alteração deverá ser submetida à equipe de obra para avaliação dos impactos em todas as áreas de conhecimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que a pesquisa atingiu os objetivos propostos pois, com o conjunto de informações coletadas pela revisão bibliográfica e o estudo de caso, foi possível propor diretrizes para a elaboração de um Plano de Gerenciamento Logístico específico para cada obra. E esta contribuição, com a implantação de uma nova ferramenta para a empresa, promove uma inovação de processo dentro da companhia.

A revisão bibliográfica trouxe embasamento para a conceituação do plano e a pesquisa empírica confirmou a hipótese de que há pouco conhecimento ou ferramentas para auxiliar as empresas e as equipes de obra na tomada de decisão. Uma decisão tomada no início da obra, como a do local de montagem da grua, terá consequências ao longo de toda obra, pois a correção do problema (neste caso realocação da grua) torna-se onerosa e arriscada, pois comprometeria em muito tempo as atividades produtivas.

Destaca-se que a pesquisa se propôs a uma abordagem exclusivamente dentro do canteiro de obra, sem interferir na cadeia de suprimentos, e também focou em canteiros de edificações.

Como principal contribuição o trabalho destaca a importância de realizar a gestão de movimentação e armazenamento de outra forma, buscando aumento de produtividade e redução de riscos negativos. Logística de canteiro de obras é um tema que precisa ser mais discutido, aprofundado, desenvolvido e documentado. O mercado carece de volume e qualidade de informações sobre o tema, para que possa tomar as melhores decisões.

O Plano de Gerenciamento Logístico proposto não é uma metodologia ou uma receita pronta. Cada projeto é único e exclusivo, com novos envolvidos, novas especificações, novo local, novos objetivos. Cabe às equipes responsáveis pela implantação do projeto aplicarem engenharia à nova visão de processo, moldando as ferramentas e soluções ao que realmente interessa para o projeto.

Como sugestões de trabalhos futuros, recomendo:

- A consolidação de informações técnicas de equipamentos, desenvolvendo um cardápio de soluções de logística, para subsidiar a tomada de decisão dos gestores;
- O detalhamento e ensaio de critérios de dimensionamento para cada equipamento, a partir de estudos estatísticos para obtenção de indicadores de referência.
- Explorar mais a questão de regras e procedimentos de canteiro, desenvolvendo um trabalho cujo foco de atuação fosse a mão de obra direta, envolvendo conscientização, treinamento, ações de motivação, critérios de avaliação, entre outros.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAT. **Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos**. FGV Projetos. 59p. 2015
- ALARCÓN, L. F. **Modeling waste and performance in construction**. 1o Workshop on Lean Construction (IGLC 93'), Espoo, 1993.
- ALARCÓN, L. F. **Tools for the identification and reduction of waste in construction projects**. 2o Workshop on Lean Construction (IGLC 94'), Santiago, Chile: 1994
- AMORIN, A. P.; COSTA, L. O. **A logística dentro da construção enxuta: estudo de caso em uma construtora de Fortaleza**. R. Gest. Anál., Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 61-68, jul./dez. 2015
- ARO, C. R.; AMORIM, S. V. de. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. In: I Conferência Latino-Americana de construção sustentável - X Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo. 2004
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos - 5. ed.: Logística empresarial**. Tradução Raul Rubenich. Ed. Bookman. São Paulo, 2006
- BARBOSA, A. A. R.; MUNIZ, J.; SANTOS, A. U. **Contribuição da logística na indústria da construção civil brasileira**. Revista de Ciências Exatas, São Paulo, v.2, n.1, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/>>. Acesso em: 03 junho 2015.
- BERTELSEN, S.; NIELSEN, J. **Just-in-time logistics in the supply of building materials**. In: International conference on construction industry development: building the future together, 1., Singapore 1997. Proceedings. Singapore, 1997. p.310-18.
- BITNER, M. J. **Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customeres na Employees**. *Journal of Marketing* Vol. 56. American Marketing Association, 1992, pp. 57-71.
- BRANDÃO, V.; GONÇALVES, A. C. et al. **Brasil inovador: o desafio empreendedor: 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação**. FINEP. 164p. Brasília, 2006.
- CAMPOS, A. J. S. **Logística para a invasão**. Biblioteca do Exército, Rio de Janeiro, 1965
- CARDOSO, F. F. **Importância dos estudos de preparação e da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios. A construção sem perdas**. IDORT, São Paulo, 1996.
- CARVALHO, J. C. **Logística**. 3ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo, 2002.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Caderno de casos de inovação na construção civil**. Programa inovação tecnológica. Salvador-BA, 2011.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **2º caderno de casos de inovação na construção civil**. Programa inovação tecnológica. Salvador-BA, 2014.

CESAR, L. D.; ZANUTTO, T. D.; BISINOTTO, S. L.; SOUZA, L. C. L. **Projeto do canteiro de obras: avaliação das instalações provisórias e dos fluxos físicos de materiais**. Anais do 2º.Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído - X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, PROARQ/FAU/UFRJ e PPG-IAUSC USP, Rio de Janeiro, 2011

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento: estratégia para redução de custos e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 1999, 240 p.

CONSTRUCTION EXTENSION TO THE PMBOK® GUIDE THIRD EDITION. 191p. Pennsylvania: *Project Management Institute (PMI)*, 2007.

CRUZ, A. L. G. **Método para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil. Uma abordagem logística**. 2002. 259p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2002.

CSCMP - Council of Supply Chain Management Professionals. **Supply chain management terms and glossary**. 2013. Disponível em < <https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>>. Acesso em 05 junho 2015.

CUNHA, R; COSTA, S. G. **A importância de ações coordenadas na edificação**. Revista Conjuntura da Construção, São Paulo, FGV/IBRE e Sinduscon-SP. Ano XII, n. 3, p. 8-10, outubro de 2014.

DASKIM, M. S. **Logistics: An overview of the state of the art and perspectives on future research**. New York: Transportation research (part A), set-nov., 1985.

DUPUIT, J. **On the measurement of the utility of public works**. Reimpresso em International Economic Papers, nº 2, traduzido do francês para o inglês por R. H. Barback (Londres: Macmillan and Co., Ltd., 1952, pag 100).

ELEVADORES ATLAS SCHINDLER S.A. **Manual de transporte vertical em edifícios elevadores de passageiros, escadas rolantes, obra civil e cálculo de tráfego**. Disponível em < <http://www.schindler.com/content/dam/web/br/PDFs/NI/manual-transporte-vertical.pdf>>. Acesso em: 20 junho 2015.

ELIAS, S. J. B; LEITE, M. O.; LOPES, L. C. A., **Planejamento do layout de canteiros de obras: aplicação do slp (systematic layout planning)**. Ceará, 1998.

FINEP. **Manual de Oslo. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica**. 2006

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 1998. 23p. (BT/PCC/210)

FORMOSO, C. T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 1996.

FRANKENFELD, N. **Produtividade**. Rio de Janeiro: CNI, 1990. (Manuais CNI).

GONÇALVES, R; BROERING, L. **O desafio global da produtividade**. Revista Conjuntura da Construção, São Paulo, FGV/IBRE e Sinduscon-SP. Ano XIII, n. 1, p. 14-16, março 2015.

HAYNES, Barry P. **The impact of office layout on productivity**. *Journal of facilities Management*, v. 6, n. 3, p. 189-201, 2008.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e desempenho. Administre seus custos para ser mais competitivo**. São Paulo: Futura, 1998.

KOSKELA, L. **Aplicaction of the new production philosophy to construction**. Technical Report No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University. 75p. 1992

MACEDO FILHO, W. **A cada 10 andares construídos, 2 vão para o lixo como entulho**. Folha de São Paulo, caderno de imóveis. 1o de Dezembro, 1991.

MACOMBER, J. D. **Follow the money: what really drives technology innovation in construction**. ASCE - Construction Research Congress: pp. 1-9. 2003

MANUAL DE OSLO – **Proposta de Diretrizes e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**, 2. ed. (OCDE/1997, traduzido para o português em 2004 pela Finep).

MONTARTE. **Elevador Cremalheira**. São Paulo, 2015. Disponível em <http://www.montarte.com.br/montarte/index.php/produtos-e-servicos/elevador-cremalheira>. Acesso em 24 junho 2015.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Saraiva, 2012.

MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, 2006. Disponível em <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em 05 junho 2015.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo : Edgard Blücher, 1978.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003

NORMAND, Reinaldo. **Innovation²: as 15 tendências tecnológicas que estão mudando o mundo**, 2015. 179p. Disponível em: <www.innovation2.co>. Acesso em: 29 out. 2015.

PICCHI, F. A. **Desperdício impera na construção civil**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 1993.

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos convencionais**. Universidade Federal de São Carlos, 1989

PMBOK GUIDE, A GUIDE TO THE PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE. 5th ed. Pennsylvania: Project Management Institute (PMI), 2013.

POZZOBON, C.E., FREITAS, M.C.D.; HEINECK, L.F.M. **Listagem de mudanças relacionadas ao gerenciamento dos canteiros de obra**. I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído – I SIBRAGEQ., Recife/PE, 1999.

SABBATINI, F. **A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial**. In: SEMINÁRIO DE VEDAÇÕES VERTICIAIS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais. P. 1-19, São Paulo, EPUSP, 1998.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; LAITANO, J. C. A.. **Planejamento sistemático de layout: adaptação e aplicação em operações de serviços**. Revista Gestão Industrial, v. 8, n. 1, 2012

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações**. 162p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SCIGLIANO, W. A. **Gruas: “o que é preciso para se usar grua”**. 3ª edição. Walter Antonio Scigliano. São Paulo, 2015.

SILVA, F. B. **Conceitos e diretrizes para gestão da logística no processo de produção de edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia e Construção Civil. São Paulo, 2000.

SILVA, F. B. da; CARDOSO, F. F. **Os sistemas de gestão da qualidade e a logística na construção de edifícios**. In: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP/PCC, 1997.

SOUZA, U. E. L. et al. **Recomendações gerais quanto à localização e tamanho dos elementos do canteiro de obras**. São Paulo, EPUSP, 1997. 19p (BT/PCC/178)

SOUZA, U. E. L.; FRANCO, L. S. **Definição do layout do canteiro de obras** - Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - BT/PCC/177, 1997.

SOUZA, U.E.L. **Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. Tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais**. PCC-EPUSP, São Paulo, 1998.

SOUZA, U.E.L. et ali, **A verdade sobre o desperdício**. Qualidade na Construção, ano III, SINDUSCON/SP, 1999.

SOUZA, U. E. L. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 8, n. 1, 2000.

THOMS, H. R.; SMITH, G. R. **Loss of construction labor productivity due to inefficiencies and disruptions: the weight of expert opinion**. Final Report. PTI Report 9019. University Park, The Pennsylvania State Univestisy, The Pennsylvania Transportation Institute, Dezembro, 1990, 181p.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; TANCHOCO, M. A. **Facilities Planning – Fourth Edition**. Jonh Wiley & Sons, Inc. 2010. 864p.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. Editora Pini, São Paulo, 2006.

ZEGARRA, S.L.V. **Diretrizes para elaboração de um modelo de gestão dos fluxos de informações como suporte à logística em empresas construtoras de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000

APÊNDICE A - Questionário da pesquisa

Para cada pergunta, selecione a resposta que mais represente a empresa em que você trabalha.

1) A EMPRESA ATUA NO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, EXECUTANDO OU GERENCIAMENTO OBRAS DE EDIFICAÇÕES?

☐ a. Sim.

☐ b. Não.

2) A EMPRESA POSSUI UM PROCEDIMENTO OU UM PLANO FORMAL COM DIRETRIZES DE COMO PLANEJAR LOGÍSTICA (LAYOUT DE CANTEIRO, ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS), EM CANTEIRO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES?

☐ a. Sim, possui procedimentos ou planos que nos orientam sobre como montar um plano de logística e definir as soluções (recursos ou equipamentos).

☐ b. Não possui procedimento ou plano, mas possui ferramentas que auxiliam o planejamento das partes, resolvendo a questão..

☐ c. Não, mas esta atribuição fica a carga de profissionais ou de um departamento que possui os conhecimentos necessários para tais definições.

☐ d. Não. É responsabilidade do gestor ou da equipe de cada obra a definição das soluções de logística, com base na experiência dos envolvidos.

☐ e. Não. As definições sobre a logística da obra são realizadas com o know-how de fornecedores especializados (como os de locação de equipamentos) ou de empresas e consultorias terceirizadas.

☐ f. Não há um foco específico para o tema logística. Questões como movimentação e armazenamento de materiais são resolvidas ao longo da obra, conforme demanda.

3) A EMPRESA POSSUI FERRAMENTAS PARA DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS, COMO GRUA E ELEVADOR CREMALHEIRA?

☐ a. Sim. Há uma ferramenta formal para calcular a capacidade e definir a especificação mais adequada de equipamentos em função das características de cada obra.

☐ b. Não há ferramentas formais, mas esta atribuição fica a carga de profissionais ou de um departamento que possui os conhecimentos necessários para tais definições.

☐ c. Não há ferramentas, mas utiliza-se como referência empreendimentos anteriores e as soluções são dimensionadas por analogia.

() d. Não há ferramentas. É responsabilidade do gestor ou da equipe de cada obra fazer este dimensionamento.

() e. Não. O dimensionamento e especificação são feitas informações dos fornecedores especializados (como os fornecedores de locação de equipamentos).

4) A EMPRESA POSSUI INDICADORES PARA MEDIR O DESEMPENHO DAS SOLUÇÕES LOGÍSTICAS IMPLANTADAS?

() a. Sim, possui indicadores de desempenho suficientes para a boa gestão da logística.

() b. Possui alguns indicadores, mas não é o suficiente para avaliar o desempenho da logística no canteiro.

() c. Não possui.

5) EM QUE FASE SÃO FEITAS AS PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DE LOGÍSTICA (PROJETO DE LAYOUT DE CANTEIRO, ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS, DEFINIÇÃO DAS SOLUÇÕES DE ARMAZENAMENTO, DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE LOGÍSTICA PARA A OBRA, ENTRE OUTROS)?

() a. Orçamentação da obra.

() b. Planejamento executivo após a aprovação do orçamento e antes do início da obra.

() c. Durante a execução da obra.

() d. Não há momento específico.

6) VOCÊ ACREDITA QUE A GESTÃO ADEQUADA DA LOGÍSTICA DE CANTEIRO PODE REDUZIR CUSTOS INDIRETOS, REDUZIR DESPERDÍCIO E AUMENTAR O RESULTADO DAS OBRAS?

() a. Sim.

() b. Não.

COMENTÁRIOS (opcional):

APÊNDICE B – Tabulação dos resultados da pesquisa

QUESTÃO 1	A EMPRESA ATUA NO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, EXECUTANDO OU GERENCIAMENTO OBRAS DE EDIFICAÇÕES?	Total de Respostas	%
	a) Sim	84	87%
	b) Não	13	13%
		97	100%

QUESTÃO 2	A EMPRESA POSSUI UM PROCEDIMENTO OU UM PLANO FORMAL COM DIRETRIZES DE COMO PLANEJAR LOGÍSTICA (LAYOUT DE CANTEIRO, ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS), EM CANTEIRO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES?	Total de Respostas	%	19%
	a) Sim, possui procedimentos ou planos que nos orientam sobre como montar um plano de logística e definir as soluções (recursos ou equipamentos).	6	7%	
	b) Não possui procedimento ou plano, mas possui ferramentas que auxiliam o planejamento das partes, resolvendo a questão.	10	12%	
	c) Não, mas esta atribuição fica a carga de profissionais ou de um departamento que possui os conhecimentos necessários para tais definições.	6	7%	74%
	d) Não. É responsabilidade do gestor ou da equipe de cada obra a definição das soluções de logística, com base na experiência dos envolvidos.	40	48%	
	e) . Não. As definições sobre a logística da obra são realizadas com o know-how de fornecedores especializados (como os de locação de equipamentos) ou de empresas e consultorias terceirizadas.	8	10%	
	f) Não há um foco específico para o tema logística. Questões como movimentação e armazenamento de materiais são resolvidas ao longo da obra, conforme demanda	14	17%	
		84	100%	

QUESTÃO 3	A EMPRESA POSSUI FERRAMENTAS PARA DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS, COMO GRUA E ELEVADOR CREMALHEIRA?	Total de Respostas	%	96%
	a) Sim. Há uma ferramenta formal para calcular a capacidade e definir a especificação mais adequada de equipamentos em função das características de cada obra.	3	4%	
	b) Não há ferramentas formais, mas esta atribuição fica a carga de profissionais ou de um departamento que possui os conhecimentos necessários para tais definições.	13	15%	
	c) Não há ferramentas, mas utiliza-se como referência empreendimentos anteriores e as soluções são dimensionadas por analogia.	16	19%	
	d) Não há ferramentas. É responsabilidade do gestor ou da equipe de cada obra fazer este dimensionamento.	28	33%	
	e) Não. O dimensionamento e especificação são feitos informações dos fornecedores especializados (como os fornecedores de locação de equipamentos).	24	29%	
		84	100%	

QUESTÃO 4	A EMPRESA POSSUI INDICADORES PARA MEDIR O DESEMPENHO DAS SOLUÇÕES LOGÍSTICAS IMPLANTADAS?	Total de Respostas	%
	a) Sim, possui indicadores de desempenho suficientes para a boa gestão da logística.	16	19%
	b) Possui alguns indicadores, mas não é o suficiente para avaliar o desempenho da logística no canteiro.	20	24%
	c) Não possui.	48	57%
		84	100%

QUESTÃO 5	EM QUE FASE SÃO FEITAS AS PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DE LOGÍSTICA (PROJETO DE LAYOUT DE CANTEIRO, ESPECIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS, DEFINIÇÃO DAS SOLUÇÕES DE ARMAZENAMENTO, DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE LOGÍSTICA PARA A OBRA, ENTRE OUTROS)?	Total de Respostas	%
	a) Orçamentação da obra.	20	23%
	b) Planejamento executivo após a aprovação do orçamento e antes do início da obra.	40	45%
	c) Durante a execução da obra.	16	18%
	d) Não há momento específico.	12	14%
		88	100%

QUESTÃO 6	VOCÊ ACREDITA QUE A GESTÃO ADEQUADA DA LOGÍSTICA DE CANTEIRO PODE REDUZIR CUSTOS INDIRETOS, REDUZIR DESPERDÍCIO E AUMENTAR O RESULTADO DAS OBRAS?	Total de Respostas	%
	a) Sim	82	98%
	b) Não	2	2%
		84	100%