



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO,
MENSURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS POR
TRANSPORTE NOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRAS

CRISTINA TOCA PÉREZ

Salvador
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO,
MENSURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS POR
TRANSPORTE NOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRAS**

CRISTINA TOCA PÉREZ

Dissertação apresentada ao mestrado em
Engenharia Ambiental Urbana como requisito parcial
à obtenção do título de MESTRE EM
ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

Orientadora: Dra. Dayana Bastos Costa

Co-orientador: Dr. Jardel Pereira Gonçalves

Agência Financiadora: CAPES

Salvador

2015

P438 Pérez, Cristina Toca.

Proposta de um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos em canteiros de obras / Cristina Toca Pérez. – Salvador, 2015.

229f. : il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Dayana Bastos Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Jardel Pereira Gonçalves

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2015.

1. Construção civil - Administração. 2. Indústria de construção civil - Desperdício. 3. Planejamento estratégico. 4. Canteiro de obras – Administração. I. Costa, Dayana Bastos. II. Gonçalves, Jardel Pereira. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 658.5

Dedico este trabalho a meu companheiro **Fernando Antonio Leite Vieira Lima** pelo incentivo e presença e em todos os momentos deste trabalho.

A minha **família espanhola e brasileira**, pelo carinho e pela compreensão.

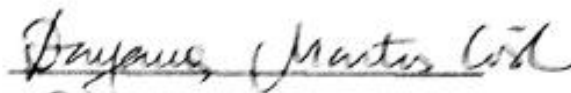
Engenheira Técnica de Obras Públicas, especialidade em Construções Cíveis, formada pela Universidade de Cantabria, UC (2011)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
CRISTINA TOCA PÉREZ

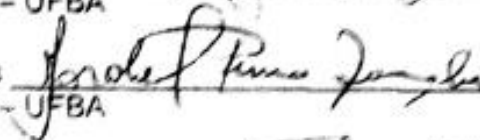
APRESENTADA AO MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA BAHIA, EM 21 DE JULHO DE 2015.

Banca Examinadora:

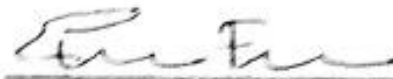
Prof^o. Dr^a Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia - UFBA



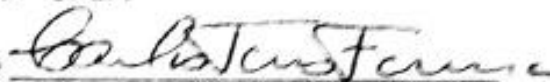
Prof^o Dr^o Jardel Pereira Gonçalves
Universidade Federal da Bahia - UFBA



Prof^o Dr^o Emerson de Andrade Marques Ferreira
Universidade Federal da Bahia - UFBA



Prof^o Dr^o Carlos Torres Formoso
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS



AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Profa. Dayana Costa, por me proporcionar essa oportunidade de estudo e de crescimento profissional. Agradeço pela dedicação e paciência durante sua orientação e pelas críticas que contribuíram para a evolução do trabalho. Agradeço também pela amizade e risadas nos momentos de descontrair.

A meu co-orientador Prof. Jardel Gonçalves, pelo grande apoio e pelas contribuições, em especial na fase inicial da pesquisa e na minha etapa de pesquisadora no CANTECHIS.

Ao Prof. Carlos Formoso, pela sua valiosa colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa e por todo conhecimento compartilhado durante os seminários.

À CAPES e ao CNPQ pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação a esta pesquisa. Agradeço também pela bolsa do PROCAD/CAPES que permitiu a realização do estudo empírico em Porto Alegre-RS.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana da UFBA.

As empresas que abriram seus canteiros para a realização dos estudos empíricos, assim como aos engenheiros, técnicos e estagiários que me receberam e auxiliaram na pesquisa.

Aos bolsistas de iniciação científica que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa Ananda Pita, Bruna Martins, Camila Abreu, Erica Orge, Luiza Borba, Otacisio Gomes e Ticiania Mesquita pela participação e empenho durante a coleta de dados no canteiro de obras. Agradeço também pela acolhida na minha chegada ao Brasil.

Ao grupo do NORIE pela acolhida e por me permitir realizar parte de meu trabalho com eles. Em especial, à doutoranda Lucila Sommer, pelas contribuições e companheirismo durante seis semanas em Porto Alegre.

Aos professores, colegas e funcionários do DCE por fazer do departamento um ótimo local para o trabalho e a convivência.

Às amigas e colegas de mestrado pela amizade, companheirismo e momentos de risadas na hora do almoço na varanda gourmet do DCE. A convivência com vocês no DCE tornou os dias de trabalho mais alegres.

Aos amigos, pela compreensão devido às ausências e pela torcida para que concluísse minha dissertação.

A minha família brasileira, pelo carinho e compreensão.

A minha família espanhola, em especial a meus pais, por todo esforço dedicado à minha formação.

A Fernando, por seu amor, companheirismo e incentivo.

PEREZ, Cristina Toca. Proposta de um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos em canteiro de obras. 229 fls.il.2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica, 2015.

RESUMO

Apesar das atividades de transportes serem atividades que não agregam valor e que ocorra um esforço por parte dos projetos de construção na busca da sua redução e eliminação, dificilmente os transportes serão erradicados na construção, devido a necessidade de constantes movimentações de materiais e pessoas durante o processo construtivo. Embora as perdas por transporte já tenham sido discutidas teoricamente, poucos são os trabalhos que propõem métodos para identificar e mensurar as perdas de transporte visando a sua redução. O objetivo do presente trabalho consiste em propor um método para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos produzidas no canteiro de obras. Como objetivos específicos têm-se: (a) estabelecer uma taxonomia dos fluxos existentes na construção; (b) propor ferramentas e indicadores para mensuração das perdas por transporte; (c) propor uma classificação das principais causas e consequências causadas pelas perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos no canteiro de obras; e (d) estabelecer uma associação das perdas por transporte com outras categorias de perdas como *making-do*, trabalho inacabado, trabalho em progresso e retrabalho. Para tanto, foi adotada a abordagem de pesquisa denominada de *Design Science Research*, que foi desenvolvida a partir de dois estudos de caso em processos construtivos ainda poucos empregados no Brasil, quais sejam, o processo de revestimento com argamassa por projeção e a tecnologia de *Light Steel Frame*. Estes estudos foram conduzidos a partir das seguintes etapas: (1) identificação dos fluxos físicos, (2) identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores e (3) identificação, caracterização e quantificação das perdas por transporte, a partir de suas causas, consequências e associação com outras perdas. Múltiplas fontes de evidência, ferramentas e técnicas foram utilizadas, incluindo diagrama de processo, mapofluxograma, amostragem de trabalho, planilhas com registro fotográfico para a organização dos eventos de perda, incluindo incidência, tempo, identificação de suas causas e consequências, e associação com outras categorias de perdas. Os resultados obtidos indicaram que a maior parte das perdas por transporte foram ocasionadas por problemas no acesso dentro do canteiro. Problemas causados pela falta de equipamentos apropriados foram os que mais perda de tempo ocasionaram. A redução das condições de segurança e a criação de um novo transporte foram as principais consequências observadas. As principais contribuições deste estudo estão relacionadas à definição de ferramentas e indicadores para identificação e mensuração das perdas por transporte, bem como uma proposta de classificação das principais causas e consequências para caracterização destas perdas.

Palavras-chave: construção enxuta; perdas na construção; perdas por transporte; fluxos físicos.

PEREZ, Cristina Toca. Proposal of a method for the identification, measurement and characterization of transportation wastes on physical flows of construction processes on jobsite. 229 fls.il.2015. Thesis (MS) - Federal University of Bahia - Polytechnic School, 2015.

ABSTRACT

Despite transportation activities do not add value to the process, and the significant effort to pursuit their reduction and elimination, hardly ever transportation activities will be eradicated in construction projects. Although this type of waste category has already been discussed at a theoretical level, few studies propose methods for identifying and measuring transportation wastes aiming at its reduction. The main goal of this study is to propose a method for the identification, measurement and characterization of transportation wastes on physical flows of construction processes on jobsite. The specific objectives are: (a) to establish a taxonomy of existing flows in construction; (b) to propose tools and indicators to measure transportation waste; (c) to propose a classification of the main causes and consequences caused by transportation wastes; and (d) to establish an association of transportation waste with other waste categories as a making-do, unfinished, work, work-in-progress and rework. Design Science Research was the strategy adopted in this study which was developed through two case studies related to not very well used construction technologies in Brazil, being the first one the mortar coating system with mechanical application and the second one the Light Steel Frame technology. These studies were conducted by the following steps: (1) identification of physical flows, (2) identification of the distribution of workforce's production time; and (3) identification, characterization and quantification of transport wastes, from de view point of its causes, consequences and its association with other waste categories. Multiples source of evidence, tools and techniques were used in this work including process diagram and flow diagram, work sampling, time studies and worksheet for the database containing each event, time, cause and impacts. The results of these studies indicated that most of the transport wastes were caused by problems in access and mobility on jobsite, however the problems caused by the lack of appropriate equipment for carrying out the transport activities were the most lost time cause. The main consequences were the creation of unsafe conditions and a new transport. The main contributions of this study were the definition of a set of tools and indicators to identify and measure the transport wastes from the point of view of their recurrence and time, and the proposal of a classification of the transport waste causes and consequences to characterize these wastes

Keywords: lean construction; wastes in construction; transport wastes; physical flow.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
SUMÁRIO	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiv
ÍNDICE DE QUADROS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ABREVIATURAS	xx
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	3
1.2 QUESTÕES DE PESQUISA.....	8
1.3 OBJETIVOS DE PESQUISA.....	8
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	9
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
2 GESTÃO DA PRODUÇÃO: FOCO EM PERDAS	10
2.1 VISÃO DAS PERDAS DO PONTO DE VISTA DA MANUFATURA	10
2.2 VISÃO DAS PERDAS DO PONTO DE VISTA DA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO	13
2.2.1 CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES DE PERDAS ADOTADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL 13	
2.2.2 TAXONOMIA DAS PERDAS NA CONSTRUÇÃO.....	18
2.3 PERDAS DE TRANSPORTE	22
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
3 GESTÃO DOS FLUXOS NA CONSTRUÇÃO	25
3.1 GESTÃO DOS FLUXOS NA LOGÍSTICA	25
3.1.1 SISTEMA LOGÍSTICO NO CANTEIRO DE OBRA	28
3.2 GESTÃO DOS FLUXOS NA FILOSOFIA LEAN.....	30
3.2.1 RECONCEITUAÇÃO DA PRODUÇÃO SOB A PERSPECTIVA DE FLUXO	31
3.2.2 ENTENDIMENTO DO FLUXO NA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	34
3.3 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS	39
3.3.1 MÉTODOS PARA MENSURAÇÃO DOS FLUXOS DE PRODUTO	40
3.3.2 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS DE TRABALHO.....	42
3.3.2.1 MÉTODO PARA MENSURAR O FLUXO DE TRABALHO: COM FOCO NO SUBFLUXO DE EQUIPAMENTO	43
3.3.2.2 MÉTODO PARA MENSURAR O FLUXO DE TRABALHO: COM FOCO NO SUBFLUXO DE MÃO DE OBRA	46
3.3.3 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS FÍSICOS	49
3.3.4 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A MENSURAÇÃO DOS FLUXOS	52
4 MÉTODO DE PESQUISA	57
4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	57
4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	61
4.2.1 FONTES DE EVIDÊNCIA	64
4.2.1.1 ANÁLISE DE DOCUMENTOS	65

4.2.1.2	OBSERVAÇÃO DIRETA E ANOTAÇÕES DE CAMPO	65
4.2.1.3	ENTREVISTAS E PERCEPÇÕES DAS PESSOAS ENVOLVIDAS	65
4.2.1.4	DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	66
4.2.1.5	OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE	66
4.2.1.6	FERRAMENTAS E INDICADORES UTILIZADOS NA COLETA DE DADOS	66
4.2.2	DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS	67
4.2.2.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA I	67
4.2.2.2	DESCRIÇÃO DA EMPRESA II	67
4.2.2.3	DESCRIÇÃO DA EMPRESA III	67
4.2.2.4	DESCRIÇÃO DA EMPRESA IV	68
4.2.2.5	DESCRIÇÃO DA EMPRESA V	68
4.2.3	DESCRIÇÃO DAS OBRAS	68
4.2.3.1	DESCRIÇÃO DA OBRA A	68
4.2.3.2	DESCRIÇÃO DA OBRA B	69
4.2.3.3	DESCRIÇÃO DA OBRA C	69
4.2.3.4	DESCRIÇÃO DA OBRA D	70
4.2.3.5	DESCRIÇÃO DA OBRA E	71
4.3	DETALHAMENTO DAS ETAPAS DE PESQUISA	72
4.3.1	ESTUDOS EXPLORATÓRIOS	72
4.3.2	ESTUDO DE CASO D	75
4.3.2.1	IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	77
4.3.2.2	IDENTIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES	77
4.3.2.3	IDENTIFICAÇÃO, CARATERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS	81
4.3.3	ESTUDO DE CASO E	83
4.3.3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	84
4.3.3.2	IDENTIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES	85
4.3.3.3	IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE	87
4.3.4	ETAPA DE ANÁLISE DOS DADOS	89
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	98
5.1	ESTUDOS EXPLORATÓRIOS	98
5.1.1	RESULTADOS DOS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS	104
5.1.2	CONSIDERAÇÕES DOS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS	106
5.2	ESTUDO D	106
5.2.1	IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	106
5.2.2	IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES	118
5.2.3	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE	122
5.2.4	CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO D	127
5.3	ESTUDO E	128
5.3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	128
5.3.2	IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES	136
5.3.3	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE E ASSOCIAÇÃO COM OUTRAS PERDAS	139
5.3.4	CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO E	148
5.4	ANÁLISE CRUZADA DOS DADOS E AVALIAÇÃO DO MÉTODO	149
5.4.1	FERRAMENTAS E INDICADORES	149
5.4.2	CLASSIFICAÇÕES DAS PERDAS POR TRANSPORTE: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E ASSOCIAÇÃO COM OUTRAS PERDAS	153
5.4.3	AVALIAÇÃO DO MÉTODO	158

6	MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO, MENSURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE NOS FLUXOS FÍSICOS DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS.	164
6.1	IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS	167
6.2	IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES.....	168
6.3	IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE TRANSPORTE CONSIDERANDO A SUA INCIDÊNCIA, TEMPOS, CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E ASSOCIAÇÃO COM OUTROS TIPOS DE PERDAS.	169
6.3.1	IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE.	169
6.3.2	IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE.	171
6.3.3	ASSOCIAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE COM OS PACOTES DE TRABALHO E COM OUTRAS PERDAS	172
7	CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS.....	174
7.1	CONCLUSÕES	174
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	179
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos diagramas de processo	104
Tabela 2: Resumo das atividades do diagrama de processo	117
Tabela 3: Resumo dos resultados da amostragem de trabalho	119
Tabela 4: Eventos de perdas de transporte, sua incidência e tempo da perda	122
Tabela 5: Resumo das atividades do diagrama de processo	136
Tabela 6: Resumo dos resultados da amostragem de trabalho	137
Tabela 7: Eventos de perdas de transporte, sua incidência, consequências e associação com outras perdas	141
Tabela 8: Indicadores coletados a partir das ferramentas utilizadas	150
Tabela 9: Resultados do questionário referente as definições das causas das perdas por transporte	159
Tabela 10: Resultados do questionário referente as definições das consequências das perdas por transporte	160
Tabela 11: Resultados do questionário referente ao nível de importância dos indicadores coletados	161
Tabela 12: Resultados do questionário referente a facilidade de uso do método	162

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Taxonomia das perdas da produção na construção.....	19
Quadro 2: Comparação entre os diferentes métodos para a mensuração	53
Quadro 3: Características da <i>Design Science Research</i>	58
Quadro 4: Tipos de resultados da <i>Design Science Research</i>	59
Quadro 5: Características gerais dos estudos exploratórios	73
Quadro 6: Objetivos, foco da análise, variáveis, ferramentas utilizadas nos estudos exploratórios	74
Quadro 7: Delineamento do Estudo D	76
Quadro 8: Trabalhadores envolvidos na amostragem do trabalho.....	79
Quadro 9: Descrição de todas as atividades produtivas, auxiliares e improdutivas identificadas80	
Quadro 10: Exemplo de Planilha com registros fotográficos	83
Quadro 11: Delineamento do Estudo E.....	84
Quadro 12: Trabalhadores envolvidos na amostragem do trabalho	86
Quadro 13: Descrição das atividades produtivas, auxiliares e improdutivas	86
Quadro 14: Exemplo de Planilha com registros fotográficos	88
Quadro 15: Classificação das causas das perdas por transporte	90
Quadro 16: Classificação das consequências das perdas por transporte	91
Quadro 17: Constructos utilizados na avaliação do método segundo sua utilidade.....	97
Quadro 18: Constructos utilizados na avaliação do método segundo sua facilidade de uso	97
Quadro 19: Descrição dos processos estudados no Estudos A, B e C	98
Quadro 20: Principais características do processo do Estudo D	106
Quadro 21: Classificação dos transportes em Necessários, Evitáveis e Desnecessários.....	121
Quadro 22: Estudo E.....	128
Quadro 23: Classificação dos transportes em Necessários, Evitáveis e Desnecessários.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluxos logísticos (Fonte: TABOADA; RODRIGUEZ, 1999).....	27
Figura 2: Visão da produção como um fluxo de processo (Fonte: KOSKELA, 2000).....	31
Figura 3: Resumo das principais definições de fluxo (Fonte: O autor).....	36
Figura 4: Símbolos utilizados pelo MFV (Fonte: SILVEIRA, 2013).....	41
Figura 5: Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor do estado atual (Fonte: LIB, 2003).....	42
Figura 6: Símbolos utilizados no diagrama de processo (Fonte: O autor).....	50
Figura 7: Mapofluxograma da movimentação de argamassa ensacada no andar	51
Figura 8: Metodologia Geral da Estratégia de <i>Design Science Research</i> (Fonte: Adaptado de Takeda et. al., 1990; Vaishnavi e Kuechler , 2004; Manson, 2006).....	61
Figura 9: Delineamento da pesquisa (Fonte: O autor).....	62
Figura 10: Fachada estudada da Obra A (Fonte: O autor).....	69
Figura 11: Empreendimento da Obra B (Fonte: O autor).....	69
Figura 12: Fachada acompanhada na obra C (Fonte: O autor).....	70
Figura 13: Vista do Canteiro da Obra D (Fonte: O autor).....	70
Figura 14: Mapa de implantação da Torre H (Fonte: O autor).....	71
Figura 15: Implantação das casas no terreno (Fonte: Empresa V).....	72
Figura 16: Apresentação dos resultados durante o seminário (Fonte: O autor).....	89
Figura 17: Argamassadeira, depósito de água junto à argamassadeiras e sacos de argamassa na cobertura (Fonte: O autor).....	99
Figura 18: Reservatório de água situado na coberta (Fonte: O autor).....	99
Figura 19: Descarregamento manual do caminhão (Fonte: O autor).....	99
Figura 20: Transporte em paleteira até a área de estocagem no térreo (Fonte: O autor).....	99
Figura 21: Armazenagem dos sacos perto do elevador cremalheira no térreo (Fonte: O autor)	100
Figura 22: Transporte vertical dos sacos por meio da grua (Fonte: O autor).....	100
Figura 23: Transporte da água desde o depósito até argamassadeira por meio de balde (Fonte: O autor).....	100
Figura 24: Descarregamento da argamassa pronto desde o carrinho de mão para o caixote de madeira (Fonte: O autor).....	100
Figura 25: Transporte da argamassa pronta desde o caixote até o funil (Fonte: O autor).....	101
Figura 26: Transporte vertical da argamassa pronta por meio do funil (Fonte: O autor).....	101
Figura 27: Entrada ao canteiro (Fonte: O autor).....	101
Figura 28: Mistura da argamassa na boca do silo (Fonte: O autor).....	101
Figura 29: Enchimento do silo via mangueira desde o caminhão (Fonte: O autor).....	102
Figura 30: Mangote (Fonte: O autor).....	102
Figura 31: Subida da mangueira através do furo da laje (Fonte: O autor).....	102
Figura 32: Projeção mecânica (Fonte: O autor).....	103
Figura 33: Silo e plataformas áreas (Fonte: O autor).....	103
Figura 34: Argamassadeira situada abaixo da boca do silo (Fonte: O autor).....	103
Figura 35: Mangueira utilizada para o transporte da argamassa pronta (Fonte: O autor).....	104
Figura 36: Plataformas áreas pequenas realizando o sarrafeamento e plataforma grande realizando a projeção (Fonte: O autor).....	104
Figura 37: Buraco no solo perto da área a revestir (Fonte: O autor).....	105
Figura 38: Diagrama de processo para revestimento (Fonte: O autor).....	107
Figura 39: Continuação Diagrama de processo para revestimento (Fonte: O autor).....	108

Figura 40: Mapofluxograma das atividades no térreo (Fonte: O autor).....	108
Figura 41: Mapofluxograma das atividades no pavimento (Fonte: O autor).....	109
Figura 42: Chegada do caminhão e conferencia do material na entrada do canteiro (Fonte: O autor).....	110
Figura 43: Transporte dos pallets até perto da garagem (Fonte: O autor).....	110
Figura 44: Conferencia da argamassa ensacada transportada em pallets (Fonte: O autor)	110
Figura 45: Transporte dos pallets via carregadeira (Fonte: O autor)	110
Figura 46: Estoque dos pallets na garagem (Fonte: O autor)	111
Figura 47: Transporte via palleteira dos pallets na garagem (Fonte: O autor)	111
Figura 48: Estoque perto do elevador cremalheira até liberação da subida (Fonte: O autor)....	111
Figura 49: Transporte via palleteira até dentro do elevador (Fonte: O autor)	111
Figura 50: Transporte vertical do pallet no elevador cremalheira (Fonte: O autor)	111
Figura 51: Transporte via palleteira desde o elevador até o estoque no andar (Fonte: O autor)	111
Figura 52: Estoque dos pallets no andar (Fonte: O autor).....	112
Figura 53: Transporte manual dos sacos (Fonte: O autor)	113
Figura 54: Transporte manual dos sacos desde o pallet para o carrinho de mão (Fonte: O autor)	113
Figura 55: Transporte dos sacos em carrinho de mão desde o estoque na sala até a argamassadeira (Fonte: O autor).....	113
Figura 56: Transporte manual dos sacos desde o carrinho de mão até o estoque perto da argamassadeira (Fonte: O autor).....	113
Figura 57: Transporte manual dos sacos até a padiola (Fonte: O autor)	113
Figura 58: transporte dos sacos em padiola pelo andar (Fonte: O autor)	113
Figura 59: Estoque dos sacos em pilas junto a argamassadeira (Fonte: O autor)	114
Figura 60: Transporte manual da pila até argamassadeira (Fonte: O autor).....	114
Figura 61: colocação da quantidade prevista na argamassadeira (Fonte: O autor).....	114
Figura 62: Armazenamento da água na cobertura (Fonte: O autor).....	115
Figura 63: Coluna de água situado no buraco do elevador (Fonte: O autor).....	115
Figura 64: Mangueira para transporte de água pelo andar (Fonte: O autor).....	115
Figura 65: Estoque de água em toneis junto a argamassadeira (Fonte: O autor).....	115
Figura 66: Transporte de água em balde desde os toneis até argamassadeira até a colocação da quantidade prevista (Fonte: O autor)	115
Figura 67: Mistura da argamassa na argamassadeira (Fonte: O autor)	116
Figura 68: Transporte da argamassa pelo mangote (Fonte: O autor).....	116
Figura 69: Projeção da argamassa na alvenaria (Fonte: O autor)	116
Figura 70: Sarrafemaneto da argamassa projetada (Fonte: O autor).....	116
Figura 71: Representação do transporte da argamassadeira e sacos pelo andar (Fonte: O autor)	118
Figura 72: Distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos diretamente (Fonte: O autor)	118
Figura 73: Distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos indiretamente (Fonte: O autor)	118
Figura 74: Pedreiro encarregado da produção de argamassa transportando balde com água (Fonte: O autor)	120
Figura 75: Percentagem de tempos destinados às principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias em relação ao tempo total da equipe direta (Fonte: O autor)	121
Figura 76: Causa das perdas nas atividades de transporte (Fonte: O autor).....	124

Figura 77: As mangueiras no chão dificultam o transporte da argamassa com o carrinho de mão (Fonte: O autor)	124
Figura 78: O pallet de sacos se encontra muito próximo a porta dificultando a entrada ao ambiente (Fonte: O autor)	124
Figura 79: Um banco situado na via de acesso dificulta o transporte da argamassa com o carrinho de mão (Fonte: O autor)	125
Figura 80: O acesso com lama faz com que a carregadeira demore mais tempo no transporte do pallet com sacos (Fonte: O autor)	125
Figura 81: Duração dos tempos de cada tipo de perda correspondente a 3 pavimentos estudados (Fonte: O autor)	125
Figura 82: Distribuição dos eventos de perda segundo o local onde foram identificadas (Fonte: O autor)	126
Figura 83: Número de eventos de perdas por transporte nas atividades de transporte no andar (Fonte: O autor)	127
Figura 84: Estrutura do térreo (Fonte: O autor)	129
Figura 85: Telhamento (Fonte: O autor)	129
Figura 86: OSB do térreo e OSB com a membrana hidrófuga (Fonte: O autor)	129
Figura 87: Realização da fachada (Fonte: O autor)	129
Figura 88: Diagrama de Processo da instalação do OSB (Fonte: O autor)	131
Figura 89: Mapofluxograma da instalação do OSB (Fonte: O autor)	131
Figura 90: Entrada do caminhão ao canteiro (Fonte: O autor)	132
Figura 91: Inspeção na entrada do armazém (Fonte: O autor)	132
Figura 92: Descarregamento do caminhão pelo manipulador telescópico (Fonte: O autor)	133
Figura 93: Estoque do OSB no armazém (Fonte: O autor)	133
Figura 94: Transporte até o radie pelo manipulador telescópico (Fonte: O autor)	133
Figura 95: Estoque do OSB perto do radier (Fonte: O autor)	133
Figura 96: Transporte vertical pelo montador (Fonte: O autor)	133
Figura 97: Instalação do OSB no destino final (Fonte: O autor)	133
Figura 98: Oito estoques de OSB no canteiro perto do radier no qual será instalado o OSB (Fonte: O autor)	134
Figura 99: Realização dos cortes do OSB no exterior da casa (Fonte: O autor)	134
Figura 100: Realização dos cortes do OSB no interior da casa (Fonte: O autor)	134
Figura 101: Instalação dos frames do primeiro andar sem a instalação da membrana hidrófuga no térreo (Fonte: O autor)	135
Figura 102: Instalação dos frames do primeiro andar após instalação da membrana hidrófuga no térreo (Fonte: O autor)	135
Figura 103: Transporte vertical de um <i>frame</i> ajudado por cordas realizado por dois montadores (Fonte: O autor)	135
Figura 104: Transporte vertical de um <i>frame</i> realizado de forma manual por seis montadores (Fonte: O autor)	135
Figura 105: Distribuição de tempos dos quatro processos estudados (Fonte: O autor)	137
Figura 106: Percentagem de tempos destinados nas principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias (Fonte: O autor)	139
Figura 107: Causa das perdas nas atividades de transporte (Fonte: O autor)	142
Figura 108: Frames estocados nas vias de acesso (Fonte: O autor)	142
Figura 109: Criação de um novo estoque (Fonte: O autor)	142
Figura 110: Colaborador transportando frame junto a um buraco no terreno (Fonte: O autor)	143
Figura 111: Cabo atravessando a via acesso (Fonte: O autor)	143

Figura 112: Equipamento impactando na cobertura do armazém para estocar o material (Fonte: O autor)	143
Figura 113: Manipulador telescópico esperando caminhão sair (Fonte: O autor)	143
Figura 114: Colaborador esperando a um membro da equipe para a realização do transporte (Fonte: O autor)	144
Figura 115: Trabalhador se pendurando para evitar a escavação encontrada na área de trabalho (Fonte: O autor)	145
Figura 116: Trabalhador transportando placa de OSB sobre rampas improvisadas sobre as escavações (Fonte: O autor)	145
Figura 117: Distribuição dos ventos de perda segundo o local onde foram identificadas (Fonte: O autor)	145
Figura 118: Principais consequências das perdas por transporte (Fonte: O autor)	146
Figura 119: Associação dos eventos de perdas por transporte com outras perdas (Fonte: O autor)	146
Figura 120: Motorista improvisa base para o estoque durante a atividade de transporte (Fonte: O autor)	147
Figura 121: Associação dos eventos de perdas com pacotes de trabalho (Fonte: O autor)	148
Figura 122: Conceitos definidos a partir do método proposto (Fonte: O autor)	154
Figura 123: Fluxograma do processo de coleta de dados do método proposto (Fonte: O autor)	165

ABREVIATURAS

AEC: Arquitetura, Engenharia e Construção

CANTECHIS: Canteiros de Obra Sustentável em Habitação de Interesse Social

DSR: Design Science Research

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

GETEC: Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções

IGLC: Grupo Internacional de Construção Enxuta (*International Group for Lean Construction*)

ISO: Organização Internacional para a Estandarização (*International Organization for Standardization*)

OEE: Eficiência Global do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness*)

PBQP-H: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PPC: Porcentagem de Pacotes Concluídos

LSF: Estrutura de Aço Leve (*Light Steel Frame*)

LWI: Indicador Enxuto de Fluxo de Trabalho (*Lean Workflow Index*)

RUP: Ração Unitária de Produtividade

SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINDUSCON: Sindicato da Indústria Da Construção

SMAM: Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais

SPTEC: SubProjeto de Desenvolvimento de Tecnologias de Execução Relacionadas a Métodos e Sistemas Construtivos Inovadores

STP: Sistema Toyota de Produção

TFV: Transformação- Fluxo-Valor

TFVt Transformação- Fluxo-Valor baseado no produto metafísico

TFVp: Transformação- Fluxo-Valor e baseado no processo metafísico

UFBA: Universidade Federal da Bahia

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSCar: Universidade Federal de São Carlos

USP: Universidade de São Paulo

VSM: Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)

WIP: Trabalho em Progresso (*Work in Progress*)

1 INTRODUÇÃO

No Sistema Toyota de Produção, as sete perdas apresentados por Ohno (1997) forneceram compreensão sobre os fundamentos da gestão da produção, tornando-se um guia de ações nas últimas décadas. Esta classificação tem sido amplamente usada pelos seguidores do Sistema Toyota de Produção (STP) e seus derivados, como a *Lean Production*¹, tendo sido adaptada e difundida em outras indústrias, como na indústria da construção.

A *Lean Production* é baseada na redução e, se for possível, a eliminação das perdas por meio da melhoria contínua. Esta filosofia chamou a atenção do mundo devido à eficiência e qualidade de seus automóveis a partir dos anos 50 (OHNO, 1997). O STP trata de melhorar a qualidade de seus produtos, reduzir custos e aumentar sua produtividade, por meio da redução das perdas (OHNO, 1997).

No que se refere à melhoria da produtividade e qualidade, a indústria japonesa tem obtido crescente importância no mercado mundial nas últimas décadas (SHINGO, 1996). Este fato está diretamente relacionado com seus princípios de produção, nos quais se busca a maximização de ganhos e a redução de qualquer operação que aumente o custo e não adicione valor ao produto (SHINGO, 1996).

O STP nasceu da necessidade de reduzir custos, num desafio feito pelo presidente da *Toyota Motor Company*, Kiichiro Toyoda, ao engenheiro de produção Taiichi Ohno (OHNO, 1997) frente à necessidade de alcançar a indústria automobilista dos Estados Unidos, que, segundo dados da época, a razão entre a produtividade de forças de trabalho americana e japonesa era de um para nove trabalhadores (OHNO, 1997). Ohno percebeu que a diferença de produtividade entre os americanos e japoneses não era resultado de nenhum tipo de esforço físico adicional de mão de obra americana, mas sim resultado de uma parte de trabalho inútil que os japoneses deveriam estar realizando. Sendo assim, este trabalho inútil era uma perda que os japoneses deveriam eliminar completamente se quisessem igualar à produtividade americana.

Esta visão desenvolvida pela Toyota originou o conceito de perdas, que se refere a qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor, tais como erros

¹ Produção enxuta.

que requerem retificação, produção de itens que ninguém quer, estoques, ou transporte de bens (OHNO, 1988). Como desdobramento deste conceito, Ohno (1988) e Shingo (1996) defendem a lógica das sete perdas, que inclui perda por superprodução, perda por transporte, perda por processamento em si, perda por fabricação de produtos defeituosos, perda no movimento, perda por espera e perda por estoque, a partir da qual todo sistema Toyota de Produção foi estruturado (GHINATO, 1996). Neste sentido, o objetivo mais importante do STP tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa das perdas (OHNO, 1997).

Ohno (1997) afirma que é vital o claro entendimento do que é desperdício, já que muitos exemplos de desperdício não são óbvios, e muitas vezes, aparecem disfarçados de trabalho útil, porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário. Para evitar isto, os encarregados da produção devem entender plenamente o que é perda, assim como suas causas (OHNO, 1997), ou seja, compreender a sua natureza.

Segundo Shingo (1996) a capacidade de eliminar a perda na produção é desenvolvida a partir do momento em que se deixa de acreditar que "não há outra maneira" de executar uma dada tarefa. O STP mostra que sempre existe uma outra maneira. Desse modo, quando é encontrado alguma prática geradora de desperdício esta deve ser mudada até conseguir eliminar completamente a perda (SHINGO, 1996).

No começo da década de 1990, com o impacto do trabalho de Womack *et al.* (1992), alguns autores passaram a defender a ideia de que existe uma clara indicação de que a *Lean Production*, baseada no Sistema Toyota de Produção, constituía-se no novo paradigma predominante da gestão da produção, sendo possível aplicar este conjunto de ideias a qualquer tipo de atividade (BARTEZZAGHI, 1999).

Womack e Jones (1996), em seu livro *Mentalidade Enxuta*, propõem uma abordagem orientada para implementação da *Lean Production* em empresas, que é resumida em cinco princípios básicos: entender as necessidades do cliente, analisar o desperdício nas etapas de produção, implementar o fluxo, puxar a produção e melhorar continuamente. Para os referidos autores, entre os diferentes problemas existentes entre a teoria e a prática na *Lean Production*, destaca-se o problema conceitual de *buffering*² em experiências atuais na construção. Segundo Womack e Jones (1996), os *buffers*

² Taponamento

representam atividades que não agregam valor, e por tanto produzem perdas. Por tanto, estes devem ser reduzidos ou eliminados do sistema (WOMACK; JONES, 2003).

Na construção civil, a filosofia *Lean* tem sido foco de diversos estudos nos últimos anos, a partir da adaptação e aplicação dos conceitos e princípios por diversos acadêmicos e profissionais da construção em nível mundial. Este esforço foi marcado inicialmente pela publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Lauri Koskela (1992), fato que originou a aparição do termo *Lean Construction*³, em 1994, cujo principal objetivo é reduzir os desperdícios na indústria da construção.

Em 1993, foi fundado o *International Group for Lean Construction*⁴ (IGLC), que se trata de uma rede de profissionais e pesquisadores de todo o mundo em arquitetura, engenharia e construção (AEC) que acreditam que a prática, educação e pesquisa da AEC tem que ser radicalmente renovado em para responder aos desafios do futuro. O Brasil é um dos países que mais tem buscado adaptar conceitos e aplicar práticas de Construção Enxuta (*Lean Construction*), principalmente a partir dos esforços de grupos de pesquisa acadêmicas em Gestão da Construção.

Um dos pontos centrais na filosofia *Lean Construction* é o estudo do fluxo, especificamente a eliminação e redução das atividades que não agregam valor ao produto (KOSKELA, 1993). Para Koskela (1999), a importância das conversões e dos fluxos na administração da produção reside no seguinte ponto: “a realização das tarefas dependem fortemente dos fluxos e o progresso dos fluxos, que por sua vez, é dependente da realização das tarefas”. Neste sentido, para reduzir as perdas é necessário tornar os processos diretamente observáveis e expor suas limitações e problemas para que os mesmos possam ser identificados e resolvidos (SHINGO, 1985). Para Formoso *et al.* (2002), medir as perdas é um caminho eficaz para avaliar o desempenho do sistema de produção, pois a medição normalmente reconhece áreas potenciais de melhoria e as principais causas da ineficiência são identificadas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Na construção civil, durante muito tempo, a medição das perdas apenas fazia referência ao consumo excessivo de materiais (SKOYLES, 1976; PINTO, 1989; SOIBELMAN,

³ Construção enxuta.

⁴ Grupo Internacional de Construção Enxuta

1993; PICCHI, 1993, BOSSINK; BROUWERS, 1996; ENSHASSI, 1996; ROSA, 2001).

Entretanto, nos últimos anos, outros estudos têm buscado compreender melhor as perdas na indústria da construção. Formoso *et al.* (2002) propôs uma nova classificação de acordo com sua natureza, incluindo não só as perdas de materiais, mas adaptando às sete perdas de Ohno (1988) para nove tipos de perdas, quais sejam: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimento, pela elaboração de produtos defeituosos, sendo acrescentadas a perda por substituição e perdas de outras naturezas.

Baseado em outros tipos de perdas além do resíduo da construção, Viana, Formoso e Kalsaas (2012) apresentaram, a partir de uma revisão sistemática da literatura, diversos estudos sobre diferentes classes de perdas, como destaca-se a seguir:

- excesso no consumo de materiais (SKOYLES, 1976; BOSSINK; BROUWERS 1996; ENSHASSI, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002; NAHMENS; IKUMA, 2011;);
- atividades que não agregam valor (CHOI *et al.*, 2002; KOSKENVESA *et al.*, 2008; SENARATNE;SEXTON, 2009; H. YU *et al.*, 2009; HAN *et al.*, 2011; NAHMENS; MULLENS, 2011;);
- retrabalhos (LOVE, 2002; LOVE; EDWARDS, 2004; BULHÕES, 2009; HWANG *et al.*, 2009; ZHAO *et al.*, 2010);
- desvio da qualidade (BURATI *et al.*, 1992; LEDBETTER, 1994);
- não conhecer as necessidades do cliente (WOMACK; JONES, 2004);
- investimento de capital desnecessário (MONDEN, 1983);
- roubo ou vandalismo (BOSSINK;BROUWERS 1996);
- *making-do* (KOSKELA, 2004; SOMMER ,2010; FIREMAN, 2012);
- a falta de entendimento, não falar e não escutar (MACOMBER; HOWELL, 2004).

Dentre as outras perdas identificadas, destaca-se a perda por *making-do* proposto por Koskela (2004), que se refere a perdas originadas por outras perdas, em que as tarefas foram iniciadas sem que todos os recursos (componentes, mão de obra, equipamentos, informação, espaço e condições externas) estejam disponíveis para que o trabalho inicie

ou continue até seu término. Para o referido autor, o termo *making-do* tem uma conotação de *buffer* negativo, ou seja, contrapõe-se à situação em que a tarefa inicia com um estoque excedente de recursos disponíveis.

Nos últimos anos, as perdas por *making-do* tem sido largamente investigadas, principalmente no Brasil, visando a sua melhor compreensão (SOMMER, 2010; FIREMAN, 2012). Sommer (2010) em seu estudo identificou uma forte relação entre esta categoria de perda e as improvisações, confirmando que esta perda é a principal causa de outros tipos de perdas.

Fireman (2012), dando continuidade ao trabalho de Sommer (2010), propôs um método de controle integrado de produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por *making-do* e retrabalho visando à redução das mesmas. O método proposto por Fireman (2012) foca na eliminação das três categorias de perdas: *making-do*, retrabalho e pacotes de trabalhos inacabados. O referido autor concluiu que a maior parte dessas perdas é gerada por trabalhos informais que ocorrem no canteiro de obra.

Apesar da adaptação das perdas na construção em uma visão mais ampla, Macomber e Howell (2004), Koskela (2004), assim como Formoso *et al.* (2002) defendem que a classificação proposta por Ohno (1988) não é completa para a construção civil e precisa de novas subdivisões e definições.

Nesse sentido, em 2011, foi promovido o Projeto "*Understanding Waste in Construction*" formado por um grupo de pesquisadores do *International Group of Lean Construction* (IGLC) com o objetivo de conceitualizar as perdas no contexto da construção (UNIVERSITETET I AGDER, 2015). Desde a formação desta iniciativa, diversos trabalhos foram apresentados sobre o tema nas conferências do *IGLC* (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012; KOSKELA; SACKS; ROOKE, 2012; KALSAAS, 2013; KOSKELA; BOLVIKEN; ROOKE, 2013; BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014).

As tentativas de contextualizar e expandir a classificação original das sete perdas sugere, no mínimo, que existem diferentes entendimentos sobre estes tipos de perdas. Além disso, é importante avaliar se a classificação vai ser útil na melhoria dos processos construtivos, contribuindo na identificação e redução das perdas (BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014).

Koskela, Bolviken e Rooke (2013) e Bolviken, Rooke e Koskela (2014) propõem uma classificação das perdas que consideram compatível com a indústria da construção, empiricamente justificável (ou seja, incidem sobre as perdas mais significativas), persuasiva e motivadora para a realização de ações e tomada de decisão. Os referidos autores identificaram apenas três tipos de perdas: perdas de materiais, perdas de tempo e perdas de valor, a partir das perspectivas da teoria TFV (Transformação, Fluxo e Valor).

Entretanto, no trabalho de Bolviken, Rooke e Koskela (2014) apenas é apresentada uma nova taxonomia das perdas na construção e não são identificados os possíveis métodos para mensurar essas perdas. A ausência de instrumentos adequados para medir os desperdícios ou valor é, segundo Lee *et al.* (1999), um dos motivos pelos quais as perdas não são devidamente reconhecidas.

Visando a eliminação das perdas, a mensuração destas é uma das primeiras atividades que devem ser realizadas, desse modo, Viana, Formoso e Kalsaas (2012) apresentam os indicadores que têm sido utilizados nos últimos 20 anos em estudos para a mensuração das perdas, tais como:

- quantidades físicas, como o volume (GAVILAN; BERNOLD, 1994; POON *et al.* 2004) ou o peso (FORMOSO *et al.*, 2002);
- produtos defeituosos (BURATI *et al.*, 1992; LEDBETTER, 1994);
- custos (HWANG *et al.*, 2009);
- tempo das atividades que não agregam valor (HORMAN; KENLEY 2005; FORSBERG; SAUKKORIIPI, 2007; YU *et al.*, 2009; KALSAAS, 2010);
- número de atividades que não agregam valor (LAPINSKI *et al.* 2006; MAO; ZHANG, 2008; HAN *et al.*, 2011; NAHMENS; MULLENS, 2011).

Neste contexto, um dos tipos de perdas ainda pouco explorado e que apresenta importância significativa são perdas de transporte. Segundo Guinato (2002), o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item. Para Alarcón (1994), o transporte é responsável por aproximadamente a metade dos tempos de trabalhos auxiliares, sendo que os fatores que geraram a maior parte dos tempos em transportes são métodos inadequados de transporte, falta de equipamentos e má distribuição dos materiais no canteiro. Para Thomas, Sanvido e Sanders (1989), o tempo gasto em

atividades de transporte desnecessárias representa 18% das horas-homens, sendo proveniente da falta de gerenciamento dos materiais.

Apesar do transporte constitui-se em um tipo de atividade que não agrega valor ao produto, e por tanto, esta deve ser reduzida e, se for possível eliminada, a experiência mostra que este tipo de atividade é essencial na construção. Desse modo, alinhado esse pensamento com a dicotomia entre a prática *Lean* ideal e a real implica um problema de equilíbrio em que é necessário um estado de equilíbrio, evitando os transportes desnecessários. Esta ideia basease no pensamento de Womack e Jones (2003) que apresenta a necessidade de estabelecer um cenário de equilíbrio, entre um cenário de excesso de *buffer* que gera uma perda indesejável e um cenário sem *buffer* que cria vulnerabilidade e mau desempenho em um sistema de construção.

Neste sentido, observa-se que as perdas de transporte estão estreitamente associadas aos fluxos e a logística de produção, e o estudo dos fluxos pode possibilitar a identificação das fontes geradoras de perdas por transporte, assim como de outras perdas na cadeia de valor (ROTHER; SHOOK, 1998).

O conceito de fluxo é amplamente usado na produção industrial, logística e gestão da cadeia de suprimentos. Por exemplo, é comum dividir as cadeias de fornecimento em fluxo de transações materiais, de informação e de capital/dinheiro (KALSAAS; BOLVIKEN, 2010). A engenharia de tráfego é outro campo que toma emprestado o termo, como exemplificado pelo fluxo de tráfego, congestionamento, etc. Além disso, o fluxo e a circulação de capital são conceitos bem conhecidos na área da economia (KALSAAS; BOLVIKEN, 2010).

Assim, observa-se que apesar do esforço recente da comunidade acadêmica sobre os estudos das perdas na construção (KOSKELA, 2004; HWANG *et al.*, 2009; LOVE; LI 2010; SOMMER, 2010; VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012; FIREMAN, 2012; BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014) o número de estudos que mensuraram as perdas de transporte na construção é relativamente pequeno. Para tanto é necessário investigar em mais profundidade como ocorrem as perdas de transporte nos fluxos físicos, os seus impactos na produção e como eliminar ou minimizar estas perdas visando aumentar o conhecimento existente sobre o tema, contribuindo para uma classificação mais adequada das perdas para a indústria da construção.

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

A questão de pesquisa principal do presente trabalho é:

- Como identificar, mensurar e caracterizar as perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos em canteiros de obra?

Como questões secundárias propõe-se:

- Como classificar os diferentes fluxos existentes na construção?
- Como mensurar as perdas por transporte considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas?
- Quais são as principais causas e consequências das perdas por transporte, assim como qual associação das perdas por transporte com outras categorias de perdas como *making-do*, trabalho inacabado, trabalho em progresso e retrabalho nos fluxos físicos de processos construtivos?

1.3 OBJETIVOS DE PESQUISA

O objetivo geral desta pesquisa é:

- Propor um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos, considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas.

A partir do desdobramento do objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer uma taxonomia dos fluxos existentes na construção.
- Propor ferramentas e indicadores para mensuração das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.
- Propor uma classificação das principais causas e consequências causadas pelas perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos no canteiro de obra.
- Estabelecer uma associação das perdas por transporte com outras categorias de perdas como *making-do*, trabalho inacabado, trabalho em progresso e retrabalho.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A principal delimitação da pesquisa refere-se ao estudo exclusivamente dos fluxos físicos, não sendo tratados outros tipos de fluxos. Outras perdas identificadas serão tratadas como causa ou consequência.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme a seguir.

No presente capítulo foram apresentadas as justificativas sobre o cenário e contextualização do trabalho, destacando o problema de pesquisa, a questão principal e as questões secundárias, o objetivo geral e os objetivos específicos, a delimitação da pesquisa e a estruturação do trabalho.

O **capítulo 2** apresenta a evolução do conceito de perdas a partir da visão da engenharia industrial, baseado nos conceitos de perdas de Ohno (1988) e de uma visão mais ampla, abordando novos conceitos e classificações, destacando o conceito de perdas por transporte.

O **capítulo 3** aborda um levantamento bibliográfico sobre a gestão dos fluxos na construção a partir dos conceitos básicos na *Lean Construction*, apresentando gestão dos fluxos a partir de diferentes perspectivas, desde o ponto de vista da logística e da filosofia *Lean*. Neste capítulo também são apresentados os diferentes fluxos existentes na filosofia *Lean* e os métodos para mensurar os referidos fluxos. Por último, é realizada uma comparação entre os métodos identificados para mensurar os fluxos, dando destaque para a mensuração das perdas de transporte.

O **capítulo 4** apresenta justificativa da escolha da estratégia de pesquisa adotada, o delineamento e o detalhamento das etapas da pesquisa, incluindo as ferramentas utilizadas para a realização do trabalho.

O **capítulo 5** apresenta e discute os resultados obtidos na pesquisa.

No **capítulo 6** é apresentado o método proposto para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.

No **capítulo 7** são apresentadas as conclusões obtidas após a realização da pesquisa e também são apresentadas sugestões para possíveis trabalhos futuros.

2 GESTÃO DA PRODUÇÃO: FOCO EM PERDAS

O presente capítulo apresenta os conceitos básicos de perdas, a partir da visão da engenharia industrial, baseado nos conceitos de perdas de Ohno (1988) e de uma visão mais ampla para a indústria da construção, abordando conceitos e classificações. Por fim, são apresentados diferentes entendimentos da perda por transporte.

2.1 VISÃO DAS PERDAS DO PONTO DE VISTA DA MANUFATURA

Um dos principais focos da *Lean Production* é a redução e, se for possível, a eliminação das perdas (OHNO, 1997). Segundo Ohno (1997), perdas são todos aqueles elementos que só aumentam os custos e não agregam valor ao produto final. Desse modo, para Ohno (1997), pode-se entender como perda o trabalho não necessário.

De acordo com Shingo (1996), um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; sendo a transformação da matéria prima em componente semi-acabado e, então, a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação, a interação do fluxo de equipamento e operações no tempo e no espaço (SHINGO, 1996).

Por tanto, para Shingo (1996), os fluxos de materiais, de mão de obra e de equipamentos não pertencem ao mesmo eixo, mas, em conjunto formam uma rede. Essa rede de processos e operações é chamada de Mecanismo da Função Produção (MFP), que corresponde à produção (SHINGO, 1996). Para Shingo (1996) processo é formado por quatro elementos:

- (a) processamento, alterações na forma ou composição do material, sendo a única que pode agregar valor ao produto;
- (b) inspeção, comparação com um padrão;
- (c) transporte, movimentação dos materiais ou produtos, modificando a sua posição;
- (d) espera, período de tempo o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. Shingo (1996) divide as esperas em: espera do processo e espera de lote.

Nesta lógica, a proposição teórica sobre perdas formulada por Ohno (1988), baseada na produção industrial no STP, divide as perdas em sete categorias segundo sua natureza:

perdas por superprodução, por transporte, por processamento em si, por fabricação de produtos defeituosos, no movimento, por espera e por estoque conforme descrito a seguir.

Perdas por superprodução

Segundo Ohno (1997), as perdas por superprodução são mais negativas, porque elas ajudam a esconder outras perdas. Conforme Shingo (1996), a eliminação das perdas por superprodução é o primeiro objetivo das melhorias no Sistema Toyota de Produção. Segundo o referido autor, existem perdas por superprodução de duas naturezas distintas: a superprodução no sentido interno e externo (superprodução quantitativa) e a superprodução no sentido de produzir antecipadamente às necessidades dos estágios seguintes da produção e do consumo, tanto interna como externamente (superprodução por antecipação).

Bornia (1995) entende que a superprodução pode ser de um produto acabado ou de um produto em processo. É uma das perdas mais perseguidas, pois ela esconde outras perdas, tais como: utilização de mais material e mão de obra, maior movimentação, maior espaço de estocagem, aumento de controles e, provavelmente, mais refugo.

Perdas por transporte

Conforme Ohno (1997), as perdas por transporte relacionam-se diretamente com todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e que não adicionam valor e que podem ser eliminadas imediatamente ou em prazo curto claramente delimitado.

Perdas por processamento em si

Perdas no processamento em si são consequências de atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira suas características básicas de qualidade (SHINGO, 1996).

Segundo Shingo (1996), para atacar as causas fundamentais das perdas no processamento em si, devem ser buscados dois tipos gerais de melhorias. Primeiro, analisar que tipo de produto deve ser manufaturado do ponto de vista da Engenharia de Valor e, em segundo lugar, analisar quais métodos devem ser utilizados para fabricar o produto. Isto implica a utilização de técnicas como, por exemplo, a análise de valor.

Segundo Shingo (1996), a origem da maior parte dessas perdas diz respeito ao sistema homem-máquina, tais como: falta de treinamento de pessoal, provocando refugos; falta

de manutenção em máquinas, provocando interrupções na produção com perdas de horas-homem e horas-máquina; método inadequado de trabalho, ocasionando maior tempo de ciclo; e falhas no projeto do produto, dificultando sua fabricação.

Perdas por fabricação de produtos defeituosos

Para Shingo (1996), as perdas por fabricação de produtos defeituosos consistem em peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendem às especificações de qualidade requeridas pelo projeto. Este tipo de perda deve ser uma das mais combatidas dentro da empresa, pois produtos defeituosos geram outras perdas, ocasionando grandes prejuízos para a empresa (SHINGO, 1996).

Neste contexto, Deon (2001) define perda quando um produto necessita de retrabalho por não atender padrões de qualidade especificados. Quando há retrabalho, têm-se os custos adicionais de inspeção, de reprocessamento e, às vezes, perdas de valor de venda. Nesse caso, a empresa, além de perder a matéria-prima, está perdendo todo o processamento, ou seja, os custos diretos e os indiretos (DEON, 2001).

Perdas no movimento

Perdas no movimento, para Shingo (1996), estão diretamente associadas aos movimentos desnecessários dos trabalhadores, quando estes estão realizando as operações principais nas máquinas ou nas linhas de montagem.

Perdas por espera

As perdas por espera estão relacionadas com períodos de tempo onde os trabalhadores e as máquinas não estão sendo utilizados produtivamente, embora seus custos horários continuem sendo despendidos. De acordo com Shingo (1996), as causas principais que levam ao incremento das perdas por espera são as seguintes: elevado tempo de preparação, falta de sincronização da produção e falhas não previstas que ocorrem no sistema.

Perdas por estoque

De acordo com Shingo (1996), perdas por estoque resultam da existência de um número elevado de estoques da matéria-prima, material em processamento e produtos acabados, que acarretam elevados custos financeiros, como perdas de oportunidade de negócios.

A existência de estoques tem como raiz fundamental a falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido de compra e o período de produção. Para acabar com este

problema, torna-se necessário o estabelecimento de uma política que busque o nivelamento da quantidade, sincronização e o fluxo de operação de uma peça, associado à adoção da produção em pequenos lotes (SHINGO, 1996).

Essas perdas também estão associadas à organização global do sistema produtivo. A eliminação das perdas por estoque envolve a realização de melhorias no *layout*, ferramentas de sincronização da produção e ferramentas que melhorem o fluxo produtivo (SHINGO, 1996).

Corrêa e Giansesi (1996) destacam que o *layout* do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias com determinado roteiro de produção e formas similares. Dessa forma, pode-se montar pequenas linhas de produção (células), de modo a tornar o processo mais eficiente, reduzir a movimentação e o tempo gastos com a preparação. Para Moura *et al.* (2002), o “layout” consiste na disposição física das máquinas e postos de trabalho dentro do prédio de cada unidade produtiva.

Por tanto, apresenta-se a necessidade da criação de uma classificação específica para a construção. A seguir, são apresentados os conceitos e classificações mais atuais estudados para a indústria da construção.

2.2 VISÃO DAS PERDAS DO PONTO DE VISTA DA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Do mesmo modo que Ohno (1988) e Shingo (1996) reforçaram a necessidade de identificar e eliminar as perdas, a indústria da construção buscou inicialmente compreender o que significava as perdas para esta indústria, como eram criadas e como poderiam ser eliminadas. O entendimento da *Lean Construction* como sinônimo de eliminação de perdas pode ser encontrado em artigos recentemente publicados (ALVES; MILBERG; WALSH, 2012).

2.2.1 CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES DE PERDAS ADOTADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No âmbito da Gestão da Construção são várias as definições das perdas apresentadas por os diferentes autores.

Skoyles (1974) define desperdício como sendo a diferença entre a quantidade de material entregue na obra, diminuída de eventuais transferências para outras obras, e aquela que é empregada efetivamente na construção ou usada para trabalho temporário.

Para Heineck (1996), entende-se como perda a total falta de aproveitamento da potencialidade da construção civil para atingir custos menores e maior satisfação do cliente.

Segundo Formoso et al. (1996), as perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência existente no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidade superiores às necessárias para execução do produto, englobando tanto perdas de materiais quanto a execução de atividades que não agregam valor.

Na tentativa de compreender o conceito de perdas na construção, Isatto *et al.* (2000) afirmaram que o conceito não pode apenas fazer referência a perda de materiais. Formoso *et al.* (2002) recomendou uma definição de perda mais ampla, entendendo-a como qualquer tipo de perdas produzida durante o processo de construção, não restringindo-se apenas a perda de material.

Mais recentemente, Tommelein (2015), definiu perdas como tudo aquilo pelo qual o cliente não estaria contente de pagar. Bølviken, Rooke e Koskela (2014) definem perda como o uso de mais recursos dos estritamente necessários, ou a produção de um *output* não desejado.

A seguir serão apresentadas as diferentes classificações das perdas encontradas na literatura da gestão da construção.

Classificação segundo a possibilidade de controle

Segundo Santos *et al.* (1996) as perdas podem ser classificadas conforme a possibilidade de controle, sendo estas:

- a) Evitáveis: ocasionados por falta de domínio do processo, podendo ser facilmente evitados. Ocorrem devido a falhas de planejamento, dimensionamento inadequado das equipes, falhas de suprimentos, omissões ou erros de projeto, retrabalhos, etc.
- b) Inevitáveis: ocasionados por causas imprevisíveis aleatórias ou incontroláveis, como, por exemplo, intempéries, greves, cortes de energia, etc.

- c) Ociosos: referem-se à total inatividade dos operários, podendo ser intencional ou resultantes de um estado físico de predisposição (por exemplo, necessidade de descanso após um esforço excessivo).

Classificação segundo sua natureza

Formoso *et al.* (2002) propõe uma nova classificação de acordo com sua natureza, adaptando às sete perdas de Shingo (1981) para nove tipos de perdas, quais sejam: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimento, pela elaboração de produtos defeituosos, sendo acrescida a perda por substituição e perdas de outras naturezas.

Outra importante referência em relação ao entendimento da natureza das perdas é proposta por Ishikawa (1982), que classifica as causas das perdas segundo quatro variáveis, conhecidas como as 4M (método, mão-de-obra, material e máquina). Para identificar as referidas causas, o referido autor propõe o uso da ferramenta conhecida como diagrama espinha de peixe, diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado

Uma das perdas acrescidas por Formoso *et al.* (2002) à classificação de Ohno (1997) é a perda por substituição. O referido autor entende a perda por substituição como aquelas decorrentes da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada, utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.

A outra categoria de perda acrescida por Formoso *et al.* (2002) é "outras", que envolve outros tipos de perdas de natureza diferente das anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Bornia (1995) sugere que se acrescente outra categoria, que são os desperdícios de matéria prima, isto é, matérias primas consumidas fora do normal ou de forma superior ao estritamente necessário na elaboração do produto.

Rosa *et al.* (1998) insere outro tipo de perda à classificação proposta por Ohno (1988) sendo esta perda nomeada perda por falta de segurança. Para a referida autora pertencem a este tipo de perda todas as perdas devido a acidentes de trabalho, gerando

afastamento, mortes, indenizações, além de implicar em perdas de materiais e equipamentos.

Outra categoria de perda foi a perda por *Making-do* identificado por Koskela (2004) e proposta como a oitava categoria. Como resultado desta perda, a atividade pode não ser completamente terminada, provocando ineficiências e outras perdas, necessitando o retorno de alguém para terminar a atividade. Essa categoria de perda é considerada como invisível a maior parte das vezes e difícil de medir, porém não é impossível de minimizar ou eliminar (KOSKELA, 2004).

Hwang *et al.* (2009) focaram na avaliação da perda produzida pelos retrabalhos. Retrabalho é definido na construção como atividades que precisam ser realizadas novamente para remover o trabalho anteriormente realizado que apresentou não conformidades. Algumas avaliações sobre o impacto do retrabalho foram realizadas anteriormente por Love e Li (2000) e Love e Edward (2004).

Dubler *et al.* (2010) acrescentam uma nova subdivisão de perda, como as perdas associadas a transferência de informação entre a equipe de projeto e equipe de construção. De modo que os referido autores acreditam que a geração de perdas são provenientes de outras etapas do projeto, como a etapa de troca de informação nos projetos de construção.

Categorias, causas e consequências das perdas de *Making-do*

Baseado no conceito de *making-do* definido por Koskela (2004), vários estudos exploratórios tem sido realizados no Brasil (SOMMER, 2010; FORMOSO *et al.*, 2011; FIREMAN, 2012; LEAO, 2014) visando a aplicação deste conceito na construção.

Para Sommer (2010), *making-do* tem o sentido de gerenciar com o que se tem disponível, improvisar ou em uma linguagem mais coloquial “dar um jeitinho”. Para a referida autora a perda por *making-do* é a principal causa raiz de outros tipos de perdas, como o desperdício de material, acidentes e retrabalho.

A perda por *making-do* também é estudada no trabalho de Ronen (1992), que propôs o método do kit completo, que sugere a necessidade de se iniciar qualquer processo de uma linha de produção com um kit completo de recursos. O referido autor afirma que o kit é necessário para a gestão da produção e sugere que todo trabalho não deve começar antes que todos os itens requeridos para que este seja terminado estejam disponíveis.

Formoso *et al.* (2011) consideram importante compreender que as improvisações podem ter impactos positivos e negativos. Para os referidos autores, melhorias que forem concebidas informalmente através de uma improvisação devem ser devidamente documentadas e disseminadas, de maneira que possa trazer benefícios para a organização no longo prazo. Porém, Flach (2010) alerta que nem toda improvisação ocasiona aprendizagem e que a realização desta depende principalmente da área da organização em que é realizado, das normas, da pressão do tempo e do contexto.

Entretanto, Koskela (2004) só descreve a perda do *making-do* fazendo referência aos requisitos de entrada e não leva em consideração as saídas. Desta forma, Emmitt, et al. (2012) revela uma forma de perda da categoria do *making-do* que ainda não havia sido muito estudada na filosofia *Lean*, denominada por este autor de *good enough*⁵. Esta perda ocorre quando o trabalho é terminado porque os operadores acreditaram que “o trabalho estava suficientemente bom”, embora isso não seja realmente certo. Essa falta de terminalidade é devida a ausência de conhecimento dos operadores em relação aos requisitos que apontam quando o trabalho está realmente acabado (EMMI et al., 2012). Sommer (2010) e Formoso *et al.* (2011) revelam que o *good enough* é muito comum nos canteiros de obra devido ao desconhecimento do que se constitui o *finished work*⁶, esta perda não deve ser confundida com a falta de informação ou a falta de comunicação.

Fireman (2012) mostra em seu estudo que as perdas por *making-do* geram outras perdas, tais como a redução da segurança, problemas de qualidade, *work-in-progress*⁷ e retrabalhos. Nos seus estudos, Fireman (2012) discute que as perdas por *making-do* podem estar associadas às falhas no planejamento e controle de fluxos físicos. O autor indicou que os casos de perdas por *making-do* podem ser reduzidas a partir da integração entre os controles da produção e da qualidade. De fato, a integração torna possível alcançar um maior nível de detalhe para a análise de restrições (FIREMAN, 2012).

Em Fireman *et al.* (2013) é apresentada uma nova categoria do *making-do* nomeada de “mudança na sequência de trabalho”. Essa categoria aparece com frequência em processos que estão na etapa de finalização, tendo uma forte ligação com a categoria de

⁵ Bom o suficiente.

⁶ Trabalho totalmente finalizado.

⁷ Trabalho em progresso.

perda *unfinished work*⁸ proposta por Formoso *et al.* (2011). Assim, essa perda aparece devido à ausência de alguns requisitos de entrada, que provoca que a equipe de trabalho troque a ordem de sequência das tarefas (FIREMAN *et al.*, 2013).

Os possíveis impactos das perdas por *making-do* foram definidos por Ronen (1992) sendo alguns destes: aumento das horas de trabalho; aumento do *lead*⁹ *time*; baixa qualidade e mais retrabalho; diminuição da produtividade; mais despesas operacionais; menos motivação; aumento da complexidade de controle e menos esforço para garantir a chegada dos itens que faltam no kit. Koskela (2004) acrescenta a redução da segurança como outras das consequências deste tipo de perda.

2.2.2 TAXONOMIA DAS PERDAS NA CONSTRUÇÃO

Recentemente foi apresentada uma taxonomia de perdas no trabalho de Bolviken, Rooke e Koskela (2014), em que *making-do* não é considerado como mais uma categoria de perda. Os referidos autores apresentam três possíveis alternativas de entender o *making-do*, as quais são apresentadas a seguir:

- a) *Making-do* refere-se à execução de tarefas. As tarefas são vistas desde a perspectiva de fluxo de trabalho na produção. Portanto, *making-do* pode ser entendido como **uma variante da perda devido ao trabalho ineficiente**, como uma situação em que o trabalho é realizado de forma ineficiente, devido à falta de condições.
- b) *Making-do* pode ser visto como uma **estratégia** para reduzir o impacto negativo pela falta de condições no processo de produção como um todo. Parar a produção e criar perdas como espera e perda pelos materiais não serem processados, parece muitas vezes uma escolha dramática, é por isto que se escolhe fazer o que for possível. O paradoxo do *making-do* como uma estratégia é que ele tende a ser contraproducente. Pode ser racional do ponto de vista local, mas irracional do ponto de vista global do sistema de produção. Em vez de reduzir as consequências negativas, pode acabar aumentando-as, escondendo as perdas, impedindo analisar as causas raízes e, por isso, acaba desencadeando uma cadeia de perdas.

⁸ Trabalho inacabado, falta de terminalidade.

⁹ Tempo de entrega.

- c) Vários tipos de perdas podem, obviamente, estar presente em uma situação de *making-do*. *Making-do* pode, portanto, ser visto como uma **perda complexa**, como uma situação em que várias perdas da recente taxonomia apresentada por Bolviken, Rooke e Koskela (2014) estão ligadas entre si.

Nesta nova taxonomia voltada a produção na construção, baseada na teoria Transformação-Fluxo-Valor (TFV) da produção apresentada pelo Koskela (2000), Bolviken, Rooke e Koskela (2014) não incluíram a análise de perdas em projeto, conforme mostra a Quadro 1.

Quadro 1: Taxonomia das perdas da produção na construção

	TRANSFORMAÇÃO	FLUXO	VALOR
Recursos de produção	Materiais, maquinário, energia e trabalho	Tempo	
Tipos de perda	Perda de material	Perda de tempo	Perda de valor
Perdas	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de material - Mau uso do material - Mau uso do maquinário, energia e trabalho 	<p>No fluxo de trabalho</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transporte desnecessário (de pessoas) - Trabalho desnecessário - Trabalho ineficiente - Espera <p>No fluxo de produto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espaço não sendo usado - Materiais não sendo processados - Transporte desnecessário (de materiais) 	<p>Produto principal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de qualidade - Falta de uso pretendido <p>Subproduto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissões nocivas - Lesões e doenças relacionadas com o trabalho

Fonte: BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014

Segundo Bolviken, Rooke e Koskela (2014), a taxonomia de perdas deve ser baseada em uma definição explícita do termo perda. Para os referidos autores, os termos “valor” e “perda” estão intimamente interligados. Desse modo, “valor é a saída desejada” e “perda” é o uso além do necessário, ou uma saída indesejado” (BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014).

Para Bolvikén, Rooke e Koskela (2014), transformação e fluxo representam duas maneiras de ver o processo. Na perspectiva da transformação, a produção é vista como a transformação de matéria-prima em produtos e peças por meio da utilização de máquinas, energia e trabalho. Nesta perspectiva, a perda é a utilização de mais desses recursos de produção do que o necessário (BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014).

Na perspectiva do fluxo, os dois recursos principais são o tempo e o espaço, porém o recurso fundamental da produção é o tempo, pois fluxo no espaço é também fluxo no tempo, entretanto, fluxo no tempo não é sempre fluxo no espaço. Neste sentido, a perda na perspectiva de fluxo é vista como o desperdício de tempo, ou o uso de mais tempo do que o necessário (BOLVIKEN; ROOKE; KOSKELA, 2014).

Enquanto a perspectiva da transformação e do fluxo focam internamente no processo de produção, a perspectiva do valor foca na saída externa do processo (KOSKELA, 2000).

O Quadro 1 apresentado anteriormente ainda destaca diferentes tipos de perdas de material, tempo e valor, dependendo da perspectiva que seja utilizada por Bolvikén, Rooke e Koskela (2014).

- 1) Na perspectiva da transformação, são apresentados três tipos de **perdas de material**, tais como: (1) perda de material; (2) perda pelo uso não ótimo de material (uso de quantidade desnecessária no produto) e (3) perda pelo uso não ótimo da maquinaria, energia ou mão de obra (uso de quantidade desnecessária na produção do produto).
- 2) Na perspectiva do fluxo, sete tipos de **perdas de tempo** são apresentadas. Na perspectiva do fluxo de trabalho, as perdas de tempo são: (1) movimentos desnecessários (de pessoas); (2) trabalho desnecessário; (3) trabalho ineficiente e (4) espera. Na perspectiva do fluxo do produto, as perdas são: (5) espaço não sendo utilizado; (6) material não sendo processado e (7) transporte desnecessário (de materiais).
- 3) Na perspectiva do valor quatro tipos de **perdas de valor** são classificadas e estão relacionadas com o produto principal ou com os subprodutos. **As perdas de valor relacionadas com o produto principal** são: (1) falta de qualidade e (2) falta do uso pretendido e as perdas relacionadas com os subprodutos são: (3) emissões daninhas e (4) lesões ou doenças relacionadas com o trabalho.

Uma perda que tem centrado muitos esforços em sua mensuração é a perda de tempo (BARNES 1977; HORMAN, KENLEY 2005; JOSEPHSON, SAUKKORIPI 2005; KALSAAS 2010), pois maior gasto de tempo é uma das principais consequências diretas de todas as perdas anteriormente apresentadas. Josephson e Saukkoriipi (2005) estudaram o uso do tempo dos trabalhadores da construção civil, dividindo o tempo de trabalho em: (1) agregando valor diretamente ao trabalho, (2) preparações e (3) puro desperdício. Por tanto, para Josephson e Saukkoriipi (2005) perda de tempo é todo aquele tempo não destinado em executar atividades que agreguem valor ou realizar preparações.

Kalsaas (2010) entende perda de tempo como aquele tempo percebido pelos trabalhadores qualificados como inútil, ou como um uso perdido do tempo. A perda de tempo pode ser proveniente de duas fontes principais: (1) a fragmentação desnecessária do trabalho, e (2) sua execução deficiente (KALSAAS, 2010).

Com base na revisão da literatura apresentada, observa-se a necessidade de mais estudos que visem identificar as principais causas das perdas na construção civil. Alguns estudos que além de quantificar as perdas, analisaram as causas das mesmas, foram:

- a) Gestão dos materiais: incorreta descarga, estoque e manuseio de materiais, má condições do terreno, equipamentos inadequados de transporte (SKOYLES, 1976; SOILBELMAN, 1993; ENHASSI, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002);
- b) Projeto: falta de modularização, má integração entre os subsistemas construtivos, imprecisa especificação dos produtos, projeto mal detalhado, mudanças de projeto, escolha de produtos de baixa qualidade (BOSSINK; BROWERS, 1996; ENHASSI, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002);
- c) Planejamento: ausência de planejamento de *layout* e, de estudos sobre entrega de materiais no canteiro e sua distribuição nas áreas de trabalho, desconhecimento da quantidade de produtos necessária (BOSSINK; BROUWERS, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002);
- d) Operação: mau funcionamento do equipamento, erros na execução das atividades, danos causados por equipes subsequentes, uso incorreto dos materiais, informações sobre o tipo e dimensões dos produtos que serão usados chegam tarde para as equipes (BOSSINK; BROUWERS, 1996).

- e) Diferentes variáveis: método, mão de obra, material e máquina, conhecidas como as 4M (ISIKAWA, 1982). Para identificar estas causas, Isikawa (1982) propõe o uso da ferramenta conhecida como Diagrama Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado.

2.3 PERDAS DE TRANSPORTE

Como já mencionado, Ohno (1997) considera perdas por transporte todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e que não adicionam valor. Segundo o referido autor, para atacar as causas fundamentais das perdas por transporte, dois tipos de ações são necessários: a eliminação do transporte por meio de melhorias do “layout” permitiria aumentar a eficiência do processo, bem como a mecanização dos trabalhos de transporte, quando já realizadas as melhorias no “layout” ou em caso de não existirem possibilidades de melhorias.

Para Formoso *et al.* (1996) as perdas por transportes estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente. De modo que, segundo os referidos autores, as perdas são decorrentes do uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Bolviken, Rooke e Koskela (2014) corroboram com esta afirmação entendendo como perda o transporte desnecessário.

Para Bolviken, Rooke e Koskela (2014) as perdas por transporte são geradoras de perdas de tempo nos fluxos. Estas perdas podem ser encontradas nos fluxos de trabalho, formando as perdas por movimentação desnecessária de pessoas, ou nos fluxos de produto sendo estas produzidas pelos transportes desnecessários de materiais.

Bolviken, Rooke e Koskela (2014) entendem as perdas de tempo ocasionadas por movimentação desnecessária de pessoas de maneira diferente a como foi apresentada por Ohno (1997). Para os referidos autores, o movimento na construção deve ser visto desde uma perspectiva “macro”, se trata do movimento dos trabalhadores dentro do canteiro de obra.

Soibleman (1993) realizou uma pesquisa identificando algumas das principais causas de perdas relacionadas aos sistemas de transporte e armazenamento. Essa pesquisa enfocou somente o aço, o concreto pré-misturado, o cimento, a areia, a argamassa e os tijolos cerâmicos. Os resultados obtidos mostram que os principais motivos de perdas nas atividades de transporte e armazenamento são recebimento, estocagem e transporte interno (SOIBELMAN, 1993).

As principais causas de perdas nas atividades de transporte encontradas por Soibelman (1993) foram: a falta de operários disponíveis para realizar do transporte, o transporte excessivo ou duplo manuseio, as mas condições dos percursos, o uso de equipamentos inapropriados para o transporte, layout impróprio, forma de empacotamento, falta de espaço para o transporte e a falta de preparação para o recebimento dos materiais.

Outros autores, como Rocha *et al.* 2004 a partir da realização de um estudo de caso no processo de reboco de teto num empreendimento, na cidade de Fortaleza, entenderam as perdas por transporte como o desperdício de material no transporte ou tempos de deslocamento excessivos. Neste estudo, Rocha *et al.* 2004 apontam como principais medidas, no sentido de diminuir perdas nas atividades de transporte, o uso de equipamentos apropriados , tais como: o carro-plataforma ou de carro porta-pallet.

Desse modo, observa-se o ininteresse em contextualizar as perdas por transporte na construção, entendendo que apesar das atividades de transportes serem atividades que não agregam valor e que haja esforço na busca da sua eliminação e redução, dificilmente os transportes serão erradicados na construção. Por entender a necessidade de certos transportes para garantir a eficiência global do processo, considera-se que as perdas de transporte são decorrentes das tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão da literatura sobre as perdas na indústria da manufatura e da construção civil, foi possível identificar as origens e consequências das perdas apontados por alguns autores. Ainda foi possível a identificação das principais categorias de perdas estudadas na literatura.

As fontes geradoras das perdas por transporte, assim como de outras perdas na cadeia de valor podem ser identificadas por meio do estudo do fluxo (ROTHER e SHOOK, 1998).

Para os referidos autores o estudo do fluxo pode ser conduzido através do mapeamento do fluxo de valor, através do qual analisa-se toda a cadeia de valor e não apenas pontos isolados. Ao se utilizar essas abordagens, pode-se visualizar toda a cadeia produtiva e identificar quais os passos e partes que necessitam ser revistos, para que permitam um fluxo contínuo. Assim, sendo destacado a importância de que se tenha um fluxo contínuo para a identificação das perdas o seguinte capítulo apresentará os diferentes fluxos existentes na literatura.

3 GESTÃO DOS FLUXOS NA CONSTRUÇÃO

Dada a importância da gestão dos fluxos para o controle e melhoria do empreendimento e de sua operacionalidade para a identificação das perdas, o presente capítulo aprofunda na discussão dos diferentes entendimentos do termo “fluxo” identificados na literatura do ponto de vista da logística e da *Lean Construction*, com destaque nos fluxos de produto, de trabalho e físicos. Este capítulo apresenta ainda um conjunto de métodos utilizados para mensuração dos fluxos visando identificação das perdas, com ênfase nas perdas por transporte.

3.1 GESTÃO DOS FLUXOS NA LOGÍSTICA

A logística vem ganhando destaque nos grupos de pesquisa de construção que adotaram construção enxuta como a nova filosofia de produção, que pode ser entendida como um processo formado pelos fluxos de matérias primas, produtos em processo, produtos acabados, fluxos de bens e serviços (CRUZ, 2002). Segundo Ballou (1999), o objetivo de um sistema logístico é “colocar as mercadorias ou os serviços certos no lugar e no instante correto e na condição desejada, ao menor custo possível”.

Para Bowersox e Closs (1996), “o gerenciamento logístico inclui o desenho e administração de sistemas de controle do fluxo de material, produtos em processos e estoques de produtos acabados para dar suporte à estratégia competitiva da empresa. A meta global da logística é o equilíbrio entre o nível de serviço desejado pelo cliente aos menores custos totais”.

Na gestão logística no canteiro deve ser dada uma atenção especial às questões de arranjo físico de equipamentos, armazenagem de materiais, vias de circulação e, também, a sequência da movimentação dos postos de trabalho na análise da logística do sistema de movimentação e armazenamento (SANTOS, 1995). A eficácia do gerenciamento de materiais está intimamente ligada com a programação de entrega de materiais, projeto de *layout* e sistema de controle de perdas (SANTOS, 1995). Dessa forma, uma das principais ações gerenciais no canteiro para a redução das perdas é a elaboração de um bom projeto de layout, sendo importante uma análise crítica de suas condições no diagnóstico (SANTOS, 1995).

Do ponto de vista logístico, existem três tipos de fluxos: (a) fluxo de material, (b) fluxo de informações e (c) fluxo financeiro. A gestão sistêmica destes fluxos e das atividades

da empresa ligadas a eles são ações que agregam valor ao produto final. Estes três fluxos são apresentados de forma sucinta a seguir (BOWERSOX; CLOSS, 1996):

- Fluxo de Material: a gestão operacional de logística está preocupada com a movimentação e armazenagem de materiais e de produtos acabados. Operações logísticas começam com o carregamento inicial de materiais ou componentes do fornecedor e terminam quando um produto acabado ou um produto semi-fabricado é entregue a um cliente. Para entender melhor o fluxo de material, o mesmo é dividido em três áreas: distribuição física, produção e suprimentos.
- Fluxo de informação: identifica e especifica requisitos diferentes em um sistema de logística. O principal objetivo do desenvolvimento e especificação de requisitos é planejar e executar as operações de logística integrada. O fluxo de informação se desenvolve de forma paralela ao fluxo de material existente desde o suprimento, passando pela produção, indo até a distribuição física do produto. O adequado gerenciamento do fluxo de informações conduz ao melhor desempenho dos demais fluxos.

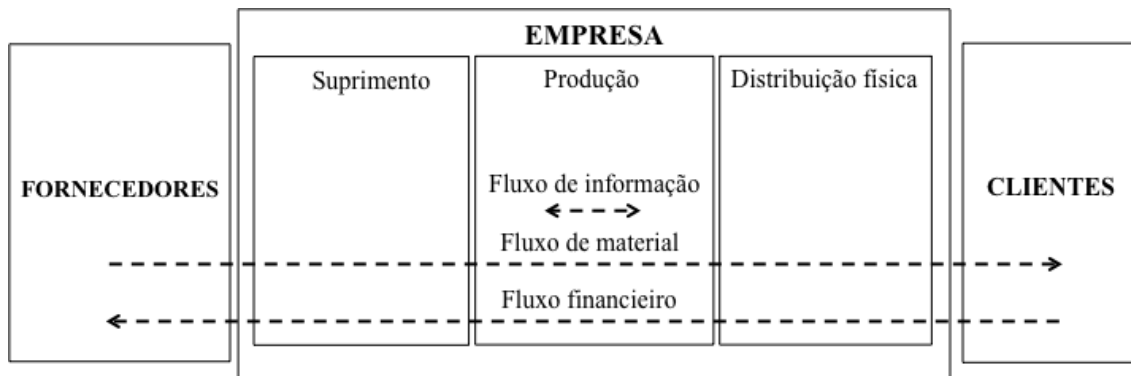
Para Cruz (2002), é a partir do fluxo de informações que o processo é iniciado. Por exemplo, é a informação que revela a necessidade da execução da alvenaria em um determinado pavimento tipo da edificação em um tempo pré-estabelecido (fluxo de informações). A informação de tempo e local está contida no cronograma físico da edificação, que por sua vez, contribui no estabelecimento de informações sobre materiais, homens e equipamentos que precisam estar disponíveis, no pavimento tipo correto, no tempo exato, nas condições adequadas e nas quantidades corretas, atendendo os custos previstos no orçamento do projeto. O fluxo de informações na construção precisa ser gerenciado com precisão, pois percorre um longo caminho, como por exemplo, partindo da solicitação de um material do projeto de construção, passando pelo escritório da empresa, indo até o fornecedor, dando início ao fluxo material do fornecedor até o canteiro de obras e, finalmente, ao ponto final de aplicação na edificação.

- Fluxo financeiro: um dos aspectos importantes para gerenciar o sistema de logística é a análise do custo total; significando que em um determinado nível de serviço ao cliente, a gerência deve minimizar o custo logístico total ao invés de

tentar minimizar somente o custo das atividades individuais. O gerenciamento do fluxo financeiro deve acompanhar e apoiar os custos, envolvendo decisões relacionadas às atividades de logística da empresa ou de um contrato particular.

A Figura 1 ilustra os fluxos logísticos apresentados acima.

Figura 1: Fluxos logísticos (Fonte: TABOADA; RODRIGUEZ, 1999)



Diferentes autores, como Ballou (1999), Bowersox (1996), Christopher (1999), Fleury (1999) e Dornier (2000), apresentam distintas abordagens para os fluxos logísticos, alguns apenas considerando os fluxos de informações e os fluxos físicos, outros considerando os fluxos físicos e financeiros e outros considerando os três fluxos. É importante destacar, que os referidos autores consideram o fluxo de informações como sendo bi-direcional. De maneira que, o fluxo de informações é o único que passa duas vezes por todos os setores, tais como clientes, empresa e fornecedores, num ciclo contínuo visando a geração de valor para o cliente e conseqüente melhoria da posição competitiva da empresa no mercado.

O conhecimento dos fluxos logísticos dos projetos e organizações é de fundamental importância, pois à medida que se consegue controlar adequadamente estes fluxos, existe a possibilidade de redução dos prazos envolvidos nas diferentes atividades logísticas, gerando, conseqüentemente, maiores vantagens competitivas, conforme é discutido a seguir.

Silva e Cardoso (1998) conceituam a logística na construção civil como sendo um processo multidisciplinar aplicado a uma determinada obra que visa garantir o abastecimento, a armazenagem, o processamento e a disponibilização dos recursos materiais nas frentes de trabalho, bem como o dimensionamento das equipes de produção e a gestão dos fluxos físicos de produção. Tal processo se dá por meio de

atividades de planejamento, organização, direção e controle, tendo como principal suporte o fluxo de informações. (SILVA; CARDOSO, 1998).

Cardoso (1996) apresenta uma subdivisão para a logística aplicável às empresas da construção civil classificando quanto ao seu alcance em: logística de suprimentos (externa) e logística de canteiro (interna). Esta subdivisão permite identificar as principais atividades associadas a logística em uma obra. A seguir serão abordados temas referentes a logística interna.

3.1.1 SISTEMA LOGÍSTICO NO CANTEIRO DE OBRA

O objetivo do sistema de logística no canteiro de obras pode ser resumido da seguinte forma: alcançar o mais conveniente nível de serviço para clientes externos (consumidores) e clientes internos (empresas e trabalhadores envolvidos), considerando os menores custos totais (CRUZ, 2002).

Para Silva e Cardoso (1998), a logística de canteiro trata da gestão dos fluxos físicos e dos fluxos de informações associados à execução de atividades no canteiro. As atividades mais importantes da logística de canteiro são: gestão dos fluxos físicos ligados à execução (planejamento detalhado dos fluxos de execução dos serviços e dos mecanismos de controle destes); a gestão da interface entre agentes que interagem no processo de produção de uma edificação (informações necessárias para que estes exerçam suas atividades dentro de padrões pré-estabelecidos; resolução de interferências entre os serviços); gestão física do local de trabalho (implantação do canteiro, movimentação interna, zonas de estocagem, zonas de pré-fabricação, atendimento aos requisitos de segurança).

De acordo com Cruz (2002), o fluxo de materiais, por si só, não agrega valor a clientes externos ou internos, porém o correto gerenciamento deste fluxo (gerenciamento logístico) agrega valor a clientes internos, possibilitando a disponibilização dos produtos corretos, nos locais corretos e no tempo correto.

Segundo um estudo realizado por Silva e Cardoso (1998), os principais problemas que surgiram com os fluxos físicos no canteiro estavam relacionados com os fluxos de materiais e produtos processados. Estes problemas, na maioria das vezes, eram decorrentes da falta de planejamento e de erros no processo de tomada de decisão.

Silva e Cardoso (1998) concluíram que o abastecimento, a armazenagem, o processamento de materiais, a alocação de recursos humanos, os fluxos físicos, os fluxos de informações são inerentes ao processo produtivo, porém, não há uma visão integrada destas atividades nas obras. Isto significa na prática a ausência de um enfoque logístico nos sistemas de produção dos edifícios.

Em muitas ocasiões, a eficiência logística global do canteiro é comprometida por soluções improvisadas na descarga, movimentação e armazenamento dos materiais (SAURIN, 1997). Por outra parte, o layout do canteiro estabelece restrições para estas soluções, além de constituir um dos principais determinantes da eficiência ou das dificuldades das atividades de movimentação e armazenamento dos materiais (SAURIN, 1997). Segundo o referido autor, é inevitável que ocorram, ao longo da execução da obra, alterações em relação ao plano de layout original, em maior ou menor grau.

Tommelein (1995) lista várias razões que podem levar o layout real a diferir do layout planejado, tais como: (a) os planos de layout podem ser mal interpretados; (b) cargas de materiais que não são entregues na localização exata, apenas em uma localização próxima a especificada; (c) cargas que ocupem mais ou menos espaço do que o planejado; (d) cargas divididas e distribuídas em diferentes locais, não atendendo ao que foi planejado; (e) materiais relocados, sem que esta realocação tenha sido relatada ou planejada; (f) excessos de materiais poder ser colocados fora, estes excessos podem ser ocasionados por vários motivos, como por exemplo, estimativas errôneas ou arredondamentos em função de dimensões de embalagem; (g) materiais danificados ou defeituosos, sendo, então, tratados como inutilizáveis.

Segundo Saurin (1997), a eficiência do Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais (SMAM) afeta diretamente a produtividade e, por consequência, o nível de perdas da obra. Apesar desta importância, as operações logísticas no canteiro muitas vezes são altamente ineficientes em termo de onde e como os materiais são armazenados e movimentados (SAURIN, 1997). Por tanto, segundo Tommelein (1995) o gerenciamento dos materiais no canteiro deve ser tratado em tempo real, ou, em termos práticos, ao menos em uma base diária.

A literatura aponta alguns métodos para medir a forma como os fluxos são executados em tempo real destacando-se a amostragem de trabalho recomendada por Barnes (1977), e a aplicação do estudo de tempo, como a planilha de Meia-Hora utilizada por

Cruz (2002). Estes dois métodos dentre outros serão discutidos no item 3.3.2 neste capítulo.

Além do uso de métodos, o desenvolvimento de indicadores para avaliar o conjunto de atividades do componente também é fundamental para o sucesso do planejamento, implementação e controle do sistema da logística. As informações fornecidas pelos indicadores apoiarão o processo de tomada de decisão no nível gerencial. Alguns destes indicadores devem refletir os níveis de produtividade do trabalho ligadas à logística interna em locais de construção, tais como produtividade (total de horas homens por unidade produzida) ou (dinheiro por unidade produzida).

Oliveira *et al.* (1995) desenvolveram vários indicadores com o objetivo propor alguns parâmetros para avaliação do desempenho de canteiros, estes indicadores permitem mensurar o nível de perdas de materiais, produtividade por serviços (alvenaria, reboco, armação e fôrmas), produtividade global da obra, tempos produtivos, improdutivos e auxiliares, taxa de gravidade de acidentes e taxa de frequência de acidentes.

A seleção de indicadores deve se definir segundo a finalidade para a qual se deseja executar a medição de desempenho e, principalmente, os critérios de desempenho (LANTELME, 1994). Lantelme (1994) destaca a seletividade, representatividade, simplicidade e validação como critérios básicos que qualquer indicador deve atender.

Saurin (1997) propõe o uso de vários indicadores relacionados à logística e ao layout do canteiro. Alguns dos indicadores propostos por Saurin (1997) foram: cruzamento de fluxo, momento de transporte do posto de produção de argamassa, limpeza do canteiro e desperdício de homens-hora no transporte de tijolos e blocos.

3.2 GESTÃO DOS FLUXOS NA FILOSOFIA LEAN

A partir do estudo dos conceitos e princípios da *Lean Construction* apresentado inicialmente por Koskela (1992), observa-se a importância dos fluxos para o controle e melhoria do empreendimento. Sob esta perspectiva, Koskela (1992) redefine o conceito de produção como um fluxo de material ou informação a partir da matéria prima até o produto final, ao invés de considerar a produção apenas como a conversão de materiais primas em produtos finais.

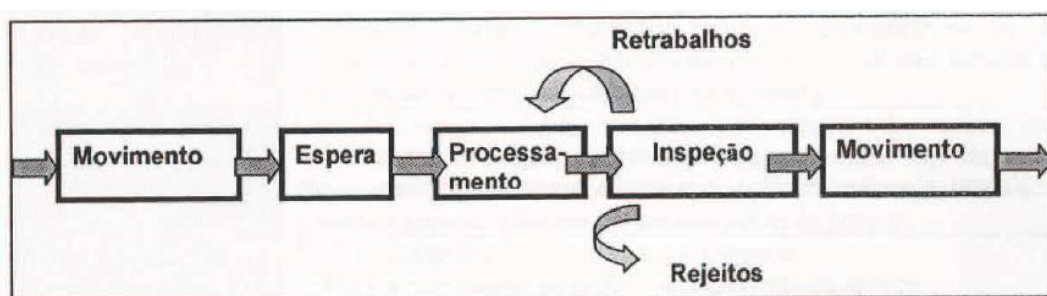
3.2.1 RECONCEITUAÇÃO DA PRODUÇÃO SOB A PERSPECTIVA DE FLUXO

Womack e Jones (2004) consideraram que qualquer atividade na produção é realizada por meio de um fluxo. Segundo Womack e Jones (1998), o fluxo de valor deve permear toda a cadeia produtiva. As atividades devem fluir gerando valor de uma etapa para outra (fluxo contínuo) e não ficar paradas e ligadas ao conceito dos lotes, segundo o qual uma atividade só é iniciada quando se tem um grande número de peças a serem processadas, impedindo que o fluxo seja contínuo. Womack e Jones (1998) também indicam abordagens a serem consideradas no estudo do fluxo de valor, quais sejam:

- focalizar o produto do início ao fim do processo (após a definição de valor e da cadeia de valor);
- ignorar as fronteiras tradicionais, tais como divisões entre departamentos/empresas e atribuições funcionais, eliminando os obstáculos ao fluxo contínuo;
- repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas (eliminar retrofluxos, sucata e paralisações de todos os tipos).

Na construção, Koskela (1992) define o processo como um fluxo de materiais ou informações, como consequência, esta visão da produção implica o entendimento da produção como atividades de conversão e atividades de fluxo (Figura 2). A eficiência total da produção é atribuída à eficiência do desempenho das atividades de conversão e também a soma das eficiências das atividades de fluxo por meio das quais as atividades de conversão estão conectadas (KOSKELA, 1992). Também para Koskela (1992), apenas as atividades de processamento agregam valor, assim deve-se reduzir ou eliminar todas aquelas atividades de fluxos que não agreguem valor.

Figura 2: Visão da produção como um fluxo de processo (Fonte: KOSKELA, 2000)



A partir da abordagem de Koskela (1992), é possível compreender a origem das perdas e melhorar os processos, visando à redução das atividades que não agregam valor. O estudo de Koskela (1992) serviu de base para a identificar os pontos de melhoria dos fluxos do processo. Assim o referido autor descreve onze princípios para o projeto, controle e melhoria do fluxo, dentre os quais destacam-se:

- redução da parcela das atividades que não agregam valor;
- aumento do valor de saída através de consideração sistemática dos requisitos dos clientes,
- redução da variabilidade;
- redução do tempo de ciclo,
- simplificação através de redução do número de passos, partes e ligações,
- aumento da flexibilidade de saída;
- aumento da transparência de processo;
- foco no controle no processo como um todo;
- construção da melhoria continua no processo.;
- balanceamento de melhorias nos fluxos e nas conversões;
- realização de *benchmarking*.

Para Koskela (2000) um primeiro passo no sentido da integração é conceituar a produção simultaneamente a partir de três pontos de vista: de Transformação (T), de Fluxo (F) e de Valor (V). Koskela (2000) destaca três formas de como intervir na produção: equilibrar as precondições desde os três pontos de vista; cuidar das interações entre os fenômenos abrangidos pelos três pontos de vista; e utilizar os três pontos de vista sucessivamente (BERTELSEN; KOSKELA, 2002).

Reinterpretando a teoria TFV, Koskela *et al.* (2007) sugerem que, para alcançar um alinhamento interno entre as subteorias (Transformação-Fluxo-Valor), dois entendimentos diferentes devem ser distinguidos: baseado no produto metafísico (TFV)_t e baseado no processo metafísico (TFV)_p.

Do ponto de vista do entendimento baseado no produto (TFV)_t, Koskela *et al.* (2007) entendem que os três modelos de produção são integrados em um único processo:

- um conjunto de atividades, com entradas e saídas, como sugerido pelo modelo de transformação (T);
- temporais, ou seja, atividades no tempo, como sugerido pelo modelo de fluxo (F);
- agregação de valor para os clientes, como sugerido pelo modelo de geração de valor (V).

Koskela *et al.* (2007) sugerem substituir o conceito de transformação pelo conceito de trabalho. Assim, a interpretação orientada do processo identifica três pontos de vista da produção, apresentados a seguir:

- desde o ponto de vista do trabalho, olhando para a interação dos recursos (homens e máquinas) com os materiais;
- desde o ponto de vista do fluxo, olhando para os movimentos espaciais e temporais de materiais (ou informações) - tradicionalmente chamado logística;
- desde o ponto de vista da geração de valor, olhando para o processo de desenhar e fabricar produtos para atender as necessidades do cliente.

Este entendimento reconhece que existem três entidades essenciais na produção: trabalhadores (recursos em geral), materiais e clientes, assim como os processos relacionados a cada um deles, os quais têm que ser abrangidos para alcançar, ou pelo menos, se aproximar, de uma conceituação completa da produção (KOSKELA *et al.*, 2007).

Com base nos conceitos apresentados, a gestão dos fluxos visa à eliminação ou redução das perdas inerentes a estes, focando os esforços no melhoramento das obstruções dos fluxos. Por este motivo, torna-se necessário a visibilidade dos fluxos, conseguindo expor os seus problemas e limitações de modo que os mesmos possam ser identificados e solucionados (KOSKELA, 1992). Segundo o referido autor, por meio da observação dos processos e operações, pode ser possível:

- (a) a identificação da parcela de atividades que não agregam valor ao produto final;
- (b) a identificação dos requisitos dos trabalhadores para a sua realização das atividades (os clientes internos devem ter suas necessidades analisadas para que possam executar suas atividades da melhor forma possível);

(c) a análise da variabilidade existente no processo.

(d) Possibilidade de minimização de passos nos processos e operações.

Dessa maneira, a observação dos fluxos físicos e sua gestão em canteiros de obra, não devem ser realizadas de forma isolada, devem estar vinculadas a um processo maior. A gestão dos fluxos físicos deve ser integrada com o planejamento da produção e controle da produção, de maneira a abranger todo o sistema de controle de produção. Por tanto, a gestão dos fluxos físicos traz como consequência a estabilidade e previsibilidade do processo de construção.

Entretanto, a forma como os fluxos dos processos deve ser gerenciados ainda é pouco compreendida, apesar dos estudos já realizadas e das boas práticas identificadas na literatura (KOSKELA *et al.*, 2007). A seguir, busca-se explorar as definições sobre fluxos sob a perspectiva *lean*, contribuindo para um maior entendimento sobre o tema.

3.2.2 ENTENDIMENTO DO FLUXO NA *LEAN CONSTRUCTION*

Na tentativa de explicitar como fluxo tem sido entendido na filosofia *Lean*, a partir de artigos publicados entre 1999 e 2001 na conferência do IGLC, Kraemer *et al.* (2012) realizaram uma revisão destes estudos, identificando 207 trabalhos dos quais 99 papéis mencionavam o fluxo de acordo com cinco definições apresentados a seguir:

- (a) **Atividades que agregam e não agregam valor:** nesta definição a produção é vista como um fluxo composto por atividades que adicionam valor (transformação) e atividades não adicionam valor (espera, inspeção e movimento) (KOSKELA, 2000). A proporção de documentos que mencionavam fluxo a partir desta definição tal foi de 48% (KRAEMER *et al.*, 2012).
- (b) **Fluxo Contínuo:** refere-se ao nivelamento da produção com as capacidades das equipes visando a um processo de produção contínuo. A técnica de programação linear mais popular na construção é Linha de Balanço. A porcentagem de artigos que faziam referência ao fluxo a partir desta definição foi de 9% (KRAEMER *et al.*, 2012).
- (c) **Variabilidade:** refere-se como a variabilidade influencia no processo de produção. São identificados diferentes causas da variabilidade, tais como: falhas, ajustes, etc. A partir da identificação das causas é possível a redução da variabilidade. As principais consequências da variabilidade são: (a) aumento do

tempo de ciclo; e (b) aumento da variabilidade dos fluxos subsequentes, e portanto, aumento, também, do tempo de ciclo de estes fluxos (HOPP; SPEARMAN, 2001), sendo que 30% dos artigos tratavam fluxo do ponto de vista da variabilidade (KRAEMER *et al.*, 2012)

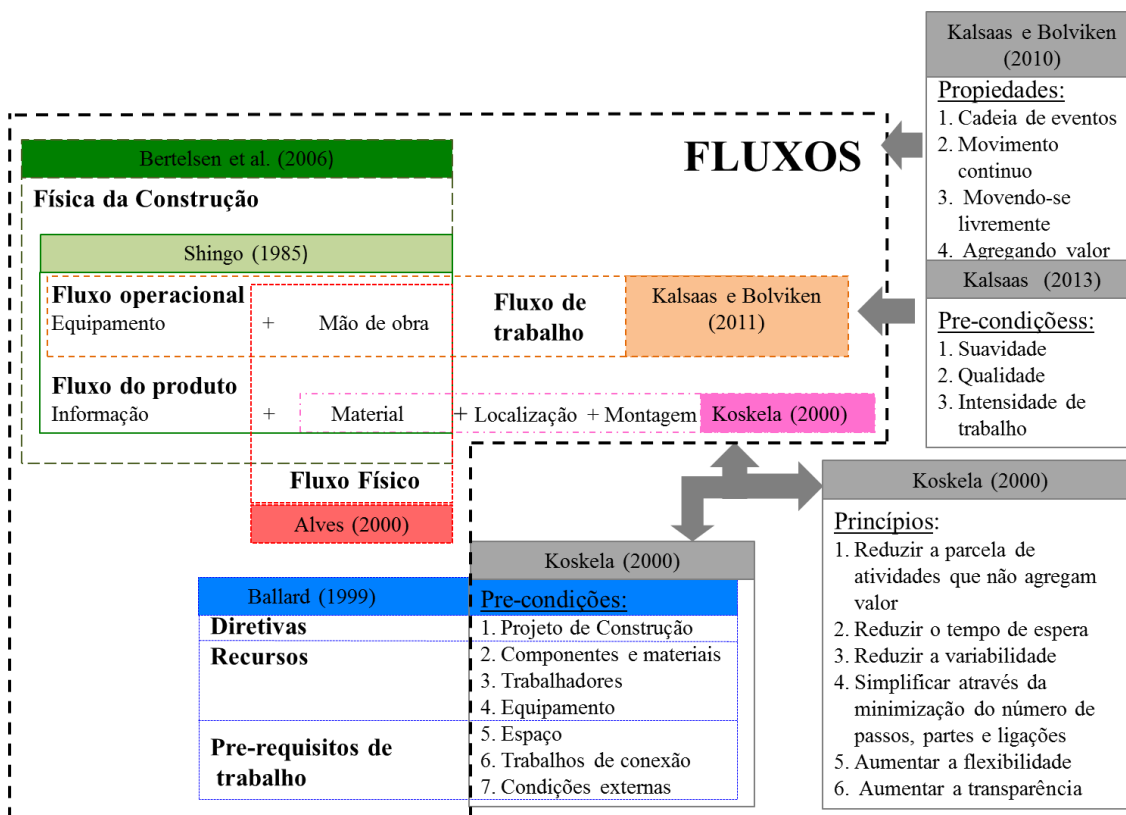
- (d) **Sete pré-condições:** fluxo está relacionado ao número de pré-requisitos para iniciar qualquer atividade na construção civil, sendo que a falta de algum deles propiciará a aparição de uma perda por *making-do* (Koskela, 2004a). As sete pré-condições definidas por Koskela (2000) são: (1) projeto de construção (informações); (2) componentes e materiais; (3) trabalhadores; (4) equipamento; (5) espaço; (6) serviços interdependentes; (7) condições externas (clima, leis, licenças). No levantamento de Kraemer *et al.*, (2012) apenas um artigo utilizava este ponto de vista, de modo que 1% dos artigos tratavam o fluxo a partir deste entendimento.
- (e) **Fluxo de valor:** referindo-se que as atividades essenciais de qualquer serviço ou produto em processamento seja de forma contínua e sem interrupções (WOMACK; JONES, 2004). A porcentagem de artigos que tratavam sob esta perspectiva era do 12% (KRAEMER *et al.*, 2012).

A partir dos resultados de Kraemer *et al.* (2012), percebe-se que quase metade dos artigos que mencionam o termo fluxo se baseiam principalmente na teoria TFV de produção, e conseqüentemente no conceito de atividades que agregam e não agregam valor. Isto significa que a outra metade dos artigos entendem fluxo como pertencentes aos outros quatro conceitos, quais sejam fluxo contínuo, variabilidade, sete pré-condições ou fluxo de valor. Em sua grande maioria, estes quatro conceitos não são muito adequados para a construção, devido a ser conceitos originários da indústria da produção (KRAEMER *et al.*, 2012). Assim, segundo Kraemer *et al.* (2012) é preciso criar uma clara conceptualização para o termo fluxo que permita uma fundamentação teórica mais robusta.

Analisando a literatura sobre fluxos, é possível identificar a existência de fluxos (fluxos principais) e de subfluxos (fluxos secundários), neste último caso, um conjunto de dois ou mais subfluxos formariam um fluxo. É possível ainda identificar três principais fluxos, quais sejam: (1) **fluxo de produto:** formado pelos fluxos secundários de materiais e de informação; (2) fluxo operacional ou **fluxo de trabalho:** formado pelos fluxos de equipamentos e dos trabalhadores e (3) **fluxo físico:** formado pelos fluxos de

materiais e dos trabalhadores. Estes fluxos e as suas sobreposições de acordo com os diferentes autores são apresentados na Figura 3 e discutidos a seguir.

Figura 3: Resumo das principais definições de fluxo (Fonte: O autor)



O **fluxo de produto** é entendido como uma cadeia de eventos, distinguindo processos e operações (SHINGO, 1985). Para o referido autor, o fluxo de produto refere-se ao fluxo contínuo que os materiais percorrem para ser convertidos em bens.

Os subfluxos de materiais e de informação, que formam parte do fluxo de produto requerem especial atenção, pois estes formam parte das atividades de transporte essenciais para a realização dos produtos (CHOO; TOMMELEIN, 1999). Segundo os referidos autores, estes fluxos devem ser predefinidos, variando para cada material e para cada produto.

O subfluxo de informação é comparável em natureza ao fluxo de produção segundo Tribelskey e Sacks (2010), desde que os insumos são transformados em saídas. Para os referidos autores o fluxo de informação envolve transformação, valor, e fluxo de forma semelhante à teoria do TFV (KOSKELA, 2000). Apesar da evidente importância da gestão dos fluxos de informação, são poucos trabalhos com este foco.

Koskela (2000) identifica três subfluxos com parte do fluxo de produto, sendo estes: materiais, localização (espaço) e montagem (tarefas antecessoras).

O **fluxo de trabalho ou fluxo operacional** é entendido por Shingo (1985) como todas aquelas atividades realizadas pelos homens, máquinas ou equipamentos sobre as matérias primas, para obter os produtos finais. Desta maneira, os subfluxos de equipamentos e mão de obra formam o fluxo de trabalho.

O fluxo de trabalho foi definido pelo Instituto de *Lean Construction* (1999) como o transporte de informação e materiais por meio de uma rede de unidades de produção, cada um dos quais processa antes de libertar o produto para as atividades sucessórias.

O fluxo de trabalho na construção é definido por Kalsaas (2013) como todo tipo de trabalho realizado dentro de horas de trabalho disponíveis - exceto as ineficiências, tais como o tempo de inatividade, retrabalho e outras formas de perdas.

Kalsaas (2013) apresenta as pré-condições que o fluxo de trabalho deve ter para ser entendido como tal, quais sejam: (a) *smoothness* tende a ser expressa por meio da ausência de tempo de inatividade; (b) qualidade por meio da ausência de retrabalho; e (c) intensidade de trabalho, é assumida constante por um período de medição de aproximadamente uma semana, conforme Figura 3

O **fluxo físico** refere-se aos subfluxos de materiais e mão de obra dentro do ambiente de produção de acordo com Alves (2000). Para a referida autora, a gestão dos fluxos físicos é entendida como o planejamento e controle desses fluxos associados à realização das tarefas de produção, a partir da verificação da necessidade do planejamento da aquisição, alocação temporal e espacial, e distribuição/movimentação dos materiais no canteiro e nos postos de trabalho, bem como o controle da sua utilização dentro de cada processo

Com relação ao subfluxo de materiais, Alves (2000) verifica a necessidade do planejamento da aquisição, alocação temporal e espacial, e distribuição/ movimentação dos materiais no canteiro e nos postos de trabalho, bem como o controle da sua utilização dentro de cada processo.

Do mesmo modo, a gestão do subfluxo de mão de obra engloba, além da designação das tarefas para as equipes, a consideração da melhor sequência de execução do processo, respeitando os requisitos técnicos, a continuidade do processo, a capacidade produtiva das equipes, a carga de trabalho a ser designada para as mesmas e o efeito aprendido.

Também, são consideradas na gestão do fluxo de mão de obra, as restrições de tempo e espaço, bem como o controle do desenvolvimento das tarefas, as quais devem ser comparadas com os ritmos (quociente entre unidade de produção e unidade de tempo) especificados para cada processo (ALVES, 2000).

Conforme é apresentado na Figura 3 para Bertelsen *et al.* (2006), a soma de todos os tipos de fluxos apresentados por Shingo (1985) formam o conceito dos **Construction Physics** (BERTELSEN *et al.*, 2006), pois para o referido autor existem os fluxos físicos, no sentido tradicional, que compreendem o fluxo de materiais e equipamentos, mas também existem os fluxos, tais como o fluxo de informações, da equipe, espaço e condições externas (tempo, aprovações dos gerentes, etc). *Construction Physics* lida com o fluxo de todos os pré-requisitos que fazem com que o processo flua, baseado na teoria do Transformação-Fluxo-Valor (TFV) e têm como objetivo identificar e agir sobre o fluxo, ou a combinação dos fluxos, que contêm baixas taxas de produtividade, descontinuidades, limitações e dificuldades em todo o processo, em definitiva, identificar os fluxos que são chamados *Critical Flows*¹⁰ (BERTELSEN *et al.*, 2006).

Por fim, na Figura 3 são apresentados alguns princípios, propriedades e precondições que o fluxo deve ter para ser entendido como tal, propostos por diferentes autores. Para Koskela (2000), os princípios que devem ser perseguidos para conseguir entender o termo fluxo na construção são: (a) reduzir a parcela das atividades que não agregam valor; (b) reduzir o *lead time* dos processos; (c) reduzir a variabilidade; (d) simplificação dos processos; (e) aumentar a flexibilidade de saída dos processos; e (f) aumentar a transparência de processos. Para Kalsaas e Bolviken (2010), as propriedades dos fluxos envolvem os mesmos serem visto como uma (a) cadeia de eventos; (b) movimentação contínua e livre; e (d) agregação de valor. Ainda podem ser citadas as sete precondições introduzidas por Koskela (2000).

Ballard *et al.* (2002) apresentam uma visão geral do fluxo, baseada na natureza do mesmo, podendo ser definidos como de diretrizes, de pré-requisitos ou de recursos. Esta abordagem é diferente da visão de Koskela (2000), pois para Ballard *et al.* (2002), as diretrizes fornecem orientações que definem como o produto deve ser produzido ou avaliado. Exemplos disso são as atribuições, os critérios de projeto e as especificações. Os trabalhos de pré-requisitos são a base sobre o qual é realizado ou adicionado trabalho. Exemplos incluem materiais, seja "bruto" ou trabalho em progresso, a

¹⁰ Fluxos críticos.

informação que é a entrada para a tomada de decisões, etc. Recursos, por sua vez, são tanto de trabalho, como instrumentos de trabalho, ou as condições em que o trabalho é exercido. Os recursos podem suportar carga e têm capacidades limitadas. Conseqüentemente, o trabalho, as ferramentas, os equipamentos e o espaço são recursos (BALLARD *et al.* 2002).

No entanto, para a presente autora, os três fluxos identificados, baseados na natureza, propostos por Ballard (1999) não são fluxos em si mesmos, sendo estes equivalentes às sete precondições propostas por Koskela (2000). Desse modo, o fluxo de precondições equivaleria ao projeto de construção; o fluxo de recursos equivaleria às pre-condições de componentes e materiais, trabalhadores e equipamentos e o último fluxo de Ballard (1999) de pré-requisitos de trabalhos seriam as precondições de espaço, serviços interdependentes e condições externas de Koskela (2000).

3.3 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS

A importância do processo de medição reside no fato de que se não é possível medir o processo, o mesmo não poderá ser controlado e, por tanto, não poderá ser gerenciado e aperfeiçoado (HARRINGTON, 1993).

Desta forma, faz-se necessária a identificação de métodos para a medição dos três principais fluxos encontrados na literatura *Lean Construction*, conforme apresentado anteriormente, quais sejam: (1) fluxo de produto; (2) fluxo de trabalho e (3) fluxo físico. É importante destacar, que os métodos selecionados para discussão foram aqueles identificados na literatura como potenciais para medição das perdas ao longo dos fluxos, com ênfase nas perdas de transporte.

Para tanto, Koskela (2000) defende o tempo como a melhor ferramenta para mensurar o fluxo, considerando que é a melhor alternativa para medir os custos e qualidade. Porém, existem na literatura vários métodos para a mensuração de cada um dos fluxos identificados que são apresentados a seguir.

3.3.1 MÉTODOS PARA MENSURAÇÃO DOS FLUXOS DE PRODUTO

Neste item é apresentado um dos métodos mais utilizados na gestão dos fluxos de produto e amplamente estudado na Literatura *Lean*, trata-se do *Value Stream Mapping*¹¹, em português Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).

O MFV é uma ferramenta de lápis e papel, que ajuda a ver e compreender o fluxo de material e de informação do percurso do produto por meio do fluxo de valor. De acordo com Rother e Shook (1998), o principal objetivo da MFV é identificar a ocorrência de perdas e tentar eliminá-las por meio de um projeto do sistema de produção, ou de um estado futuro deste sistema, em que o fluxo contínuo e o conceito de puxar a produção são adotados.

O MFV funciona como uma fotografia, que ilustra como os estoques, as demandas, o tempo do ciclo, o tempo *takt* entre outras variáveis encontram-se em um dado instante. Assim, deve ser redesenhado em momentos diferentes, a fim de revelar novas oportunidades de melhoria (ROTHER; SHOOK, 1999).

De acordo com Jones e Womack (2004), o MFV é um processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho. Por tanto, observa-se que o principal objetivo do MFV é conseguir uma visualização clara dos processos de manufatura e de algumas de suas perdas, bem como medidas eficazes de análise que auxiliem no projeto de otimização do fluxo e eliminação das perdas (JONES; WOMACK, 2004).

O MFV traz, além da eliminação das perdas e otimização do fluxo do processo de manufatura, uma série de outros benefícios que facilitam para a alta administração das empresas, o conhecimento e o controle do processo produtivo. A seguir estão citadas algumas dessas vantagens encontradas por Rother e Shook (1999):

- real capacidade produtiva da fábrica;
- real *lead time*;
- capacidade de produção real da empresa;
- viabilização de recursos (matéria prima e mão de obra);
- visualização da atual situação da empresa;


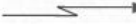









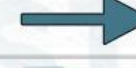





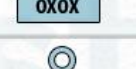


¹¹ Mapeamento do Fluxo de Valor

- elaboração de metas de melhorias do processo; e
- otimização do uso de equipamentos.

Segundo Rother e Shook (1999), o mapeamento ainda ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *Lean*, tais como: células para criar verdadeiro fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, setup rápido, TPM, gestão visual e além de possibilitar enxergar melhor a integração entre estas diferentes ferramentas.

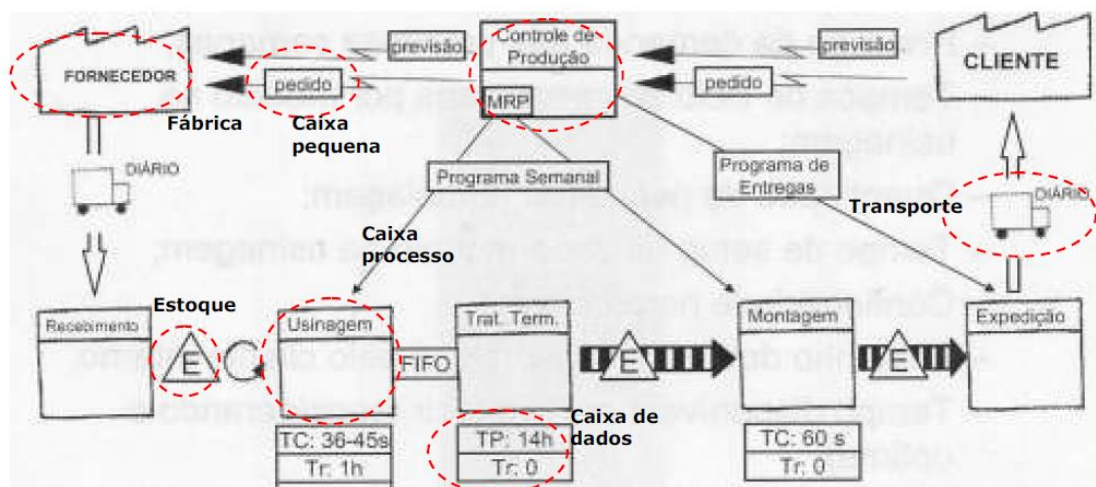
O desenho do Mapeamento de Fluxo de Valor deve ser simples, usando um conjunto padronizado de símbolos ou ícones, que foram propostos por Rother e Shook (1999) conforme são apresentados na Figura 4.

Figura 4: Símbolos utilizados pelo MFV (Fonte: SILVEIRA, 2013)

	- Fonte Externa		- Fluxo de informação eletrônica
	- Caixa de Dados		- Fluxo de informação manual
	- Caixa de Processos		- Sistema puxado
	- Caixa de Processos		- Sistema FIFO (Primeiro que entra, primeiro que sai)
	- Operadores (múltiplos)		- Caixa de informação
	- In-Box (Fila de Informação)		- Fluxo de entrega
	- Inventário e WIP (Work In Progress)		- Caminhão de entrega
	- Linha do tempo segmentada		- Kanban
	- Fim de linha do tempo		- Sistema de carga e descarga
			- Sistema sequenciado pull ball
			- Atividade de Melhoria

De acordo com Rother e Shook (1999), o primeiro passo é escolher um determinado produto ou família de produtos, bem como a meta de melhoria. O passo seguinte é desenhar um mapa do estado atual (Figura 5), que é essencialmente uma captura instantânea de como as atividades estão sendo realizadas. Esta captura é realizada por meio do mapeamento ao longo do processo real, fornecendo uma base para analisar o sistema e identificar seus pontos fracos.

Figura 5: Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor do estado atual (Fonte: LIB, 2003)



O terceiro passo na MFV é a criação do mapa do estado futuro, que é uma imagem de como o sistema deve resolver as ineficiências que foram identificadas e que foram removidas. O uso do mapa no estado futuro visa dar resposta a um conjunto de perguntas relacionadas com a eficiência, a implementação técnica e com o uso de ferramentas *Lean*. Este mapa, em seguida, torna-se a base para fazer as mudanças necessárias para o sistema estudado (ROTHER; SHOOK 1999).

Por tanto, a meta do mapa no estado futuro é introduzir um fluxo de valor enxuto, devendo ser observados os seguintes princípios da filosofia *Lean* (QUEIROZ *et al.*, 2004), tais como: produzir de acordo com o *takt time*¹², desenvolver um fluxo contínuo onde for possível, utilizar supermercados para controlar a produção, procurar enviar a programação do cliente somente para um processo de produção, nivelar o mix (variedades) de produção, e nivelar o volume de produção.

3.3.2 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS DE TRABALHO

A maior parte dos trabalhos relacionados com o fluxo de trabalho na construção têm focado esforços em entender a variabilidade do fluxo de trabalho (TOMMELEIN *et al.*, 1999) e em estudar como estabilizar (BALLARD; HOWELL, 1997) ou melhorar o fluxo de trabalho (BERTELSEN, 2004; BOSCHLER 2013; BRODETSKAIA *et al.*, 2012; BALLARD; HAMZECH, 2007, HAMZEH 2009, SIMONSSON *et al.*, 2012; HAMZEH *et al.* 2012). No entanto, os estudos não sugerem como o fluxo de trabalho

¹² Velocidade na qual os clientes solicitam os produtos acabados

deve ser mensurado, em geral, este tema não tem sido muito desenvolvido (PRIVEN *et al.*, 2014).

Segundo Priven *et al.* (2014), um dos atuais motivos da falta de métodos para mensurar o fluxo de trabalho na construção parece ser o fato de não ter um comum entendimento do conceito de fluxo de trabalho.

Dessa maneira, este item pretende contribuir para o entendimento sobre como medir o fluxo de trabalho, de modo que, são apresentados alguns dos principais métodos utilizados para a mensuração do fluxo de trabalho desde o ponto de vista de seus subfluxos, sendo estes o subfluxo de equipamentos e o subfluxo de mão de obra.

3.3.2.1 MÉTODO PARA MENSURAR O FLUXO DE TRABALHO: COM FOCO NO SUBFLUXO DE EQUIPAMENTO

Bolviken e Kalsaas (2011) acreditam que é necessário medir o fluxo de trabalho da forma mais direta possível, seja por meio da utilização de um único indicador ou pela combinação de medidas diretas e indiretas. Desta forma, Bolviken e Kalsaas (2011) apresentam dez estratégias para medir o fluxo de trabalho, três das quais envolvem auto-avaliação e os outros sete envolvem a observação de terceiros.

As estratégias de medição de auto-avaliação apresentadas por Bolviken e Kalsaas (2011) são: (1) a percepção de interrupções de trabalho (extensão e as causas) dos atores; (2) a percepção do grau de fluxo de trabalho e (3) percepção da distribuição entre o fluxo, *making-do* e paradas.

As outras estratégias de medição de observação são: (1) Percentagem de Plano Concluído (PPC); (2) tempo real usada em relação à estimativa; (3) perfeita entrega do trabalho entre trabalhadores; (4) entrega perfeita do trabalho entre comércios; (5) análise detalhada das atividades planejadas e estudos individuais de utilização do tempo (amostragem do trabalho); (6) ganho por peça de trabalho e (7) volume de negócios por pessoa, por unidade de tempo (BOLVIKEN; KALSAAS, 2011).

No entanto, o indicador PPC é a principal e quase a única medida de estabilidade em uso na *Lean Construction*, porém muitas vezes é mal interpretado ou mal utilizado pois este indicador mede a estabilidade do planejamento e não a própria produção. Por tanto, segundo Priven *et al.* (2014), o PPC é um bom indicador para a qualidade do planejamento, mas não para a estabilidade do fluxo de trabalho.

Overall Equipment Effectiveness

Kalsaas (2012; 2013) mostra a importância do desenvolvimento de ferramentas para avaliar como os projetos estão sendo executados a partir da introdução de algumas novas ideias, como o termo *Overall Equipment Effectiveness*¹³ (OEE). O OEE identifica perdas de eficiência causadas pelas atividades que absorvem recursos sem agregar valor, com base na continuidade, qualidade e intensidade do trabalho (JEONG; PHILLIPS, 2001).

OEE é um método para medir a produtividade da produção industrial. Também tem sido proposto como um auxílio para alcançar uma produção com perda zero. O objetivo do OEE é identificar as perdas, que podem ser definidas como atividades que absorvem recursos, mas não cria valor. É, essencialmente, uma abordagem *bottom-up*¹⁴ onde uma força de trabalho integrado se esforça para alcançar OEE, eliminando as seis grandes perdas (NAKAJIMA, 1988).

Nakajima (1988) buscou identificar e classificar as mais importantes causas de perda de eficiência do equipamento, tomando como ponto de partida de três dimensões de eficiência, quais sejam, a disponibilidade (A), o desempenho (P) e de qualidade (Q). Este autor classificou seis tipos de perdas nessas três dimensões: (1) as perdas de tempo de inatividade (perdas de decomposição e *set-up* e ajuste de perdas, (2) as perdas de velocidade (marcha lenta e menores perdas paralisação e perdas reduzidas de velocidade) e (3) perdas de qualidade (defeitos de qualidade e retrabalho e perdas de arranque).

As seis grandes perdas são medidas em termos de OEE, que é uma função da disponibilidade de (A) e de desempenho (P) e velocidade de qualidade (Q), como mostrado na fórmula (1):

$$OEE = A(\%) * P(\%) * Q(\%) \quad (1)$$

De acordo com Nakajima (1988), o OEE mede a "eficácia" do equipamento. O método de medição inclui as perdas de produção que não faziam parte dos parâmetros originais de Nakajima (1988) OEE. As diferenças em termo de perdas para cada empresa torna difícil a utilização OEE como ferramenta de *benchmarking*, quando duas ou mais empresas estão envolvidas. No entanto, ele é de grande utilidade quando é utilizado

¹³Eficiência Total do Equipamento.

¹⁴Abordagem de baixo para cima.

como uma ferramenta no trabalho de melhoria contínua (BOLVIKEN; KALSAAS, 2011).

São vários os trabalhos destes autores focados na mensuração do fluxo de trabalho (KALSAAS 2010, 2011, 2012; KALSAAS; BOLVIKEN, 2010, BOLVIKEN; KALSAAS 2011), que após anos de pesquisa concluíram que o fluxo de trabalho é uma medida de produtividade que pode, por tanto, ser calculada pela seguinte fórmula (2):

$$\frac{(\text{Horas-homem à disposição do empregador} - \text{Perda de tempo})}{(\text{Horas-homem a disposição do empregado})} \quad (2)$$

Kalsaas (2013) conclui que o método é bastante adequado para melhorar o trabalho mais do que para medir a diferença total entre dois pontos no tempo, porque o quadro contextual está sujeito a alterações. Dessa maneira, o método proposto por Kalsaas e Bolviken (2013) pode servir para medir algumas determinadas tarefas, no entanto, não consegue ou não foi testado para o projeto completo e, por tanto, não pode ser usado para o controle do projeto em tempo real.

Lean Workflow Index

Priven *et al.* (2014) propõem o uso de um novo indicador, chamado pelos autores de *Lean Workflow Index* (LWI)¹⁵. Os referidos autores consideram que o rendimento global só pode ser aumentado através do aumento do fluxo por meio da eliminação das restrições, por tanto, a eliminação das restrições fará o processo mais previsível e, dessa maneira, o fluxo de trabalho é mais suave e a produtividade maior.

O ponto de partida do trabalho de Priven *et al.* (2014) foi definir o fluxo de trabalho como "bom" ou estável. Devido a dificuldade de encontrar uma definição absoluta sobre o que possibilita um fluxo estável, os autores realizaram uma pesquisa, na qual, um grupo de especialistas da área *Lean* classificaram o fluxo de trabalho de 12 diferentes projetos a partir dos gráficos das linhas de fluxo (linhas de balanço). Os resultados desta pesquisa foram utilizados para calibrar os valores dos parâmetros na fórmula do LWI usando um algoritmo (PRIVEN *et al.*, 2014).

O indicador LWI proposto por Priven *et al.* (2014) é calculado a partir da fórmula (3):

$$LWI(t) = (7\% * A^2) + (33\% * C^2) + (4\% * D^2) + (31\% * E^2) + (25\% * F^2) \quad (3)$$

Onde os parâmetros da fórmula são:

¹⁵Indicador Enxuto de Fluxo de Trabalho

A = Produto de todos as taxas de Produção

B = Desvio Standard da taxa de Produção

C = Porcentagem de tempo que uma equipe não teve descanso depois de terminar um andar

D = Porcentagem de tempo as equipes estão trabalhando

E = Trabalho em progresso

F = Trabalho fora da sequência

Segundo Priven *et al*, (2014) quando as equipes são mensuradas usando o indicador PPC, eles tendem a melhorar o planejamento. Algumas equipes inclusive tratam de melhorar suas médias de forma artificial contabilizando tarefas que já foram realizadas anteriormente e as quais estão completamente *done-done*¹⁶, ou as vezes planejando menos tarefas. Para os referidos autores, o LWI provavelmente terá qualquer efeito similar: uma vez que for iniciado, a equipe vai tentar melhorar o fluxo de trabalho prestando atenção aos componentes do LWI (interrupções, estabilidade, trabalho sequencial, etc). Para evitar esse problema, LWI e PPC devem ser medidos usando um meio independente para determinar as tarefas que estão *done-done* definindo quantidades mínimas de tarefas necessárias em cada período.

3.3.2.2 MÉTODO PARA MENSURAR O FLUXO DE TRABALHO: COM FOCO NO SUBFLUXO DE MÃO DE OBRA

Neste item são apresentados dois dos métodos mais utilizados para medir o fluxo de trabalho da mão de obra, sendo estes: amostragem do trabalho e planilha media-hora.

Amostragem do trabalho

A Amostragem do Trabalho foi aplicada pela primeira vez no EUA, em 1940, com os nomes de relação de esperas e *work sampling*. A amostragem do trabalho possibilita a coleta de dados em tempo menor e a custos mais baixos do que os outros métodos de medida do trabalho (BARNES, 1977).

A amostragem do trabalho tem três usos principais: (1) relação das esperas, medir atividades e esperas de homens e máquinas, determinando a porcentagem de tempo de um dia na qual um homem trabalha e a porcentagem de tempo na qual não trabalha; (2) amostragem do desempenho, para medir o tempo de trabalho e o tempo de descanso de

¹⁶Realmente feito.

uma pessoa que execute uma tarefa manual e para estabelecer um índice ou nível de desempenho para a mesma pessoa durante seu tempo de trabalho, (3) medição do trabalho sob certas circunstâncias visando medir tarefas manuais, isto é, estabelecer um tempo padrão para uma operação (BARNES, 1977).

Especificamente, a amostragem do trabalho baseia-se nas leis das probabilidades. Uma amostra ocasional, retirada de um grupo maior, tende a ter distribuição igual ao grupo maior ou universo. Se a amostra for suficientemente grande, as características dessa amostra diferirão pouco das características do grupo. Amostra é o termo usado para o subgrupo, e população ou universo é o termo empregado para o grupo maior. A obtenção e análise de apenas uma parte do universo é conhecida como amostragem (BARNES, 1977).

A amostragem do trabalho consiste em se fazer observações instantâneas, intermitentes e espaçadas ao acaso em um certo período (SANTOS, 1995). Obtém-se uma estimativa de proporção de tempo despendido por cada operário, em um dado tipo de atividade, pela relação entre o número de registros desta atividade o número total de observações. De forma a conseguir indícios de quais são as tarefas que apresentam problemas, orientando a implantação de melhorias relacionadas à racionalização do trabalho (SANTOS, 1995).

Para que os resultados sejam consistentes, é necessário estabelecer qual o nível de confiança desejado nos resultados finais da amostragem do trabalho para o cálculo do tamanho da amostra. Para um nível de confiança de 68% é utilizada a fórmula 4 (BARNES, 1977). Para um nível de confiança de 95% é utilizado a fórmula 5 (BARNES, 1977).

$$S * p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (4)$$

$$S * p = 2 \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (5)$$

S = erro relativo

P = porcentagem de ocorrência da atividade de tempos improdutivos, expressa em forma decimal

N = número de observações aleatórias necessárias (tamanho da amostra)

Inicialmente utiliza-se um valor de p estimado ou definido em outro estudo, para calcular o tamanho da amostra. Quando a amostragem do trabalho estiver sendo

realizada e já tiveram sido obtidas em torno de 10% das observações. Faz-se um novo cálculo com o valor real de p para verificar o valor real e N (BARNES, 1977).

As finalidades do estudo indicarão a maneira pela qual as atividades e esperas devem ser subdivididas. Quando se desejar informação de ordem geral, a coleta de poucos elementos é satisfatória. Em outras situações, pode ser essencial uma divisão mais detalhada do objeto a ser estudado, e, conseqüentemente, cada elemento representará uma porcentagem menor do total. Este tipo de análise mais detalhada requer maior número de observações, aumentando o custo da execução do estudo (BARNES, 1977). É importante ressaltar que qualquer que seja o objetivo do estudo ou a natureza das subdivisões, cada elemento a ser medido precisa ser definido cuidadosamente, de forma que não haja erros em sua identificação.

Para facilitar a análise, os tempos no estudo de amostragem podem ser divididos em produtivos, improdutivos e auxiliares (HEINECK, 1983), como é descrito a seguir:

- a) Produtivo: é o tempo que é efetivamente aplicado na execução da tarefa, agregando valor ao produto final. São os que efetivamente contribuem para o crescimento da obra. É também designado de operacional ativo.
- b) Auxiliar: os tempos auxiliares reúnem aquelas atividades que, apesar de não agregarem valor de maneira direta ao produto final, são necessárias para que este seja executado. São também denominados operacionais passivos. Embora os tempos auxiliares sejam necessários e, muitas vezes, essenciais para a correta execução da tarefa é possível reduzi-los.
- c) Improdutivo: os tempos improdutivos podem ser subdivididos em adicionais evitáveis, adicionais inevitáveis e ociosos (ROSSO, 1974).

Os tempos adicionais inevitáveis são aqueles ocasionados por causas externas imprevisíveis, aleatórias ou incontroláveis. Os tempos ociosos são aqueles que se referem à inatividade dos operários. Podem ser intencionais ou resultantes de um estado físico ou de predisposição. Sua incidência está muito relacionado a aspectos motivacionais (ROSSO, 1974).

Para a utilização da amostragem do trabalho, são necessários alguns cuidados importantes a serem tomados, pois os operários podem mudar seus comportamentos ao

perceberem a aproximação do observador para registrar se eles estão inativos ou ativos. Por outro lado, quando um operador é observado continuamente por um dia inteiro é pouco provável que ele siga exatamente sua rotina. Também, quando se estudam vários operários ou máquinas muito distantes entre si, gasta-se uma porção grande do tempo dirigindo-se ao local de trabalho ou andando de um local para outro (BARNES, 1977).

Os principais indicadores obtidos a partir da realização da amostragem do trabalho são a determinação da parcela de tempos produtivos (por exemplo, tempo destinado na aplicação de massa na parede), tempos auxiliares (por exemplo, tempo gasto na movimentação do equipamento) e tempos improdutivo (por exemplo, tempo consumido pela parada de operários para refeições durante o horário de trabalho) (OLIVEIRA *et al.*, 1995). A partir da divisão detalhada das atividades também será possível a determinação do tempo destinado a uma atividade específica (por exemplo, tempo destinado na realização de atividades de transporte.)

Planilha de Media-Hora

Um segundo método para mensuração dos tempos de trabalho é a planilha de Meia-Hora, que objetiva documentar a atuação dos operários (por categoria) envolvidos na realização das atividades do processo construtivo em estudo. Este estudo visa ainda alocar o recurso mão de obra direta (tempo de trabalho do operário) na respectiva atividade que absorve este recurso, e devem ser realizadas observações a cada 30 minutos, durante todas as horas úteis do dia de trabalho, durante todos os dias efetivamente trabalhados na execução do processo construtivo em estudo (CRUZ, 2002).

3.3.3 MÉTODOS PARA MENSURAR OS FLUXOS FÍSICOS

A utilização do Diagrama de Processo e do Mapofluxograma visa documentar o processo por meio da utilização de símbolos gráficos tornando mais fácil a compreensão dos processos (ISHIWATA, 1991), tendo como objetivo ajudar a combater três principais problemas que ocorrem entre as diferentes atividades, quais sejam: perda, atitudes impensadas e inconsistências (ISHIWATA, 1991).





A observação dos processos e operações pode resultar na eliminação das perdas existentes nos fluxos, por meio do melhor planejamento e controle dos mesmos (ALVES, 2000). Isso pode conduzir à redução do tempo de ciclo, bem como ao

balanceamento das melhorias a serem implementadas nos fluxos físicos e conversões, dentro de um processo de melhoria contínua (ALVES, 2000).

O diagrama de processo representa a sequência das diversas atividades que compõem um processo. O diagrama de processo é uma técnica para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar possível uma melhor compreensão e posterior melhoria (BARNES, 1977). É uma ferramenta que apresenta de forma gráfica a movimentação e armazenamento dos materiais de um processo e documenta os fluxos de diversas atividades que compõem o processo de produção. A partir deste diagrama é possível uma visualização sintetizada de todos os fluxos de materiais usados num processo (BARNES, 1977).

A representação gráfica é realizada usando símbolos para indicar o processamento, a inspeção, o transporte e o estoque (BARNES, 1977). Neste trabalho foi adotado a simbologia mostarda na Figura 6.

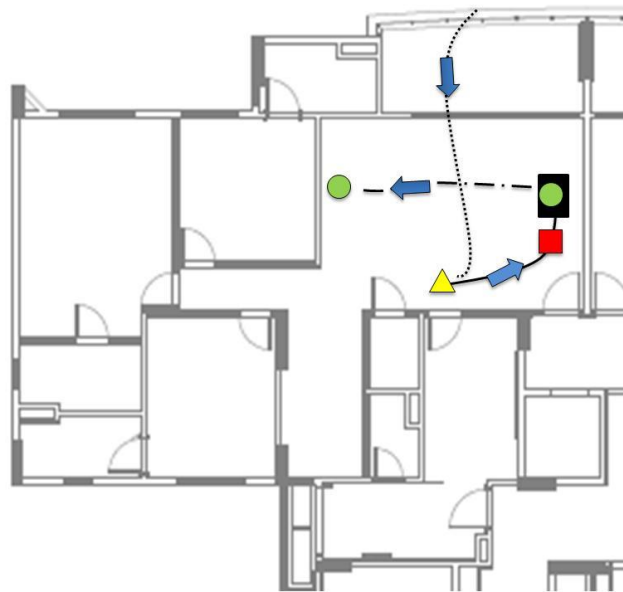
Figura 6: Símbolos utilizados no diagrama de processo (Fonte: O autor)

SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
	Processamento: quando um objeto é alterado em qualquer de suas características
	Transporte: quando um objeto é deslocado de um local para outro
	Inspeção: quando se compara um objeto com um padrão estabelecido
	Estoque: quando um objeto é mantido sob controle

A partir do uso do diagrama de processo é possível calcular o número de atividades de cada tipo de operação, quais sejam, número de atividades de processamento, número de atividades de transporte, número de atividades de inspeção e número de atividades de estoque. Adicionalmente a utilização do diagrama de processo também permite mensurar o número de pessoas envolvidas em cada atividade, assim como as distâncias percorridas em cada atividade transporte.

O mapofluxograma, por sua vez, indica as diferentes atividades desenvolvidas, bem como o local onde eles são realizados, porque os símbolos para a representação são posicionados em um plano, indicando a sua localização (ISHIWATA, 1991). A Figura 7 apresenta um exemplo de mapofluxograma.

Figura 7: Mapofluxograma da movimentação de argamassa ensacada no andar (Fonte: O autor)



A partir da utilização do mapofluxograma é possível coletar os mesmos indicadores que o diagrama de processo, já apresentados, de modo que este serve para verificar os resultados obtidos.

O uso do diagrama de processo e do mapofluxograma possibilitam documentar como os processos estão sendo desenvolvidos no local da construção, com a identificação de possíveis melhorias (ISHIWATA, 1991). O uso dessas ferramentas permite: (1) estudar o processo; (2) encontrar os pontos onde as perdas estão ocorrendo; (3) considerar a possibilidade de redefinir o processo com uma sequência mais eficiente; (4) considerar se os fluxos são contínuos, se houver problemas no transporte e; (5) se as atividades do processo são realmente necessárias.

No entanto, a utilização do diagrama de processo e do mapofluxograma tem limitação, não permitindo a visualização dos seguintes aspectos: (1) analisar se as atividades de processamento estão sendo realmente sendo produtivas; (2) analisar se a produtividade das atividades de tratamento está sendo uniforme; (3) analisar se o volume de produção está ocorrendo como planejado e; (4) descobrir a existência de paradas indesejadas durante as atividades de transporte. Neste sentido, é importante o uso de múltiplos métodos para identificação das informações de acordo com o foco de estudo e objeto de análise.

3.3.4 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A MENSURAÇÃO DOS FLUXOS

Com base na descrição dos métodos para mensuração dos fluxos apresentados na seção anterior, esta seção tem como objetivo apresentar uma comparação entre estes métodos, a fim de identificar as suas principais características para a medição dos fluxos, bem como identificar os potenciais tipos de perdas mensurados por meio de cada um destes métodos. No entanto, a comparação entre os métodos apresentados é complexa, devido aos seus diferentes focos e natureza.

Devido a este trabalho focar nas perdas por transporte a comparação entre os diferentes métodos pretende ajudar na escolha do método, ou das técnicas que melhor consigam identificar, mensurar e caracterizar este tipo de perdas. Cabe ressaltar, que os métodos, técnicas e ferramentas apresentados não são os únicos existentes. Estes foram escolhidos devido ao foco deste trabalho ser as perdas por transporte e se considerar que estes podem ajudar a mensuração destas.

Dessa maneira, o Quadro 2 apresenta um comparativo entre os métodos destacando-se os seguintes aspectos: foco no fluxo, objetivos, indicadores, resultados e perdas mensuradas.

Quadro 2: Comparação entre os diferentes métodos para a mensuração

Aspectos de análise	VSM	OEE	LWI	AMOSTRAGEM DO TRABALHO	DIAGRAMA DE PROCESSO E MAPOFLUXOGRAMA
Foco no fluxo e Subfluxo	Fluxo de produto Subfluxo de informação e de material	Fluxo de trabalho Subfluxo de equipamento	Fluxo de trabalho Subfluxo de equipamento e mão de obra	Fluxo de trabalho Subfluxo de mão de obra	Fluxo físico Subfluxo de material
Objetivo	-Identificar a ocorrência de perdas -Puxar a produção	- Identificar perdas de eficiência causada por atividades que absorvem recursos sem gerar valor	- Mostrar a fluidez e a continuidade das linhas do fluxo em um gráfico em tempo real	- Estimar as proporções de tempos empregados pelos operários na realização de um determinado serviço, classificados em produtivos, improdutivos e auxiliares	- Identificar o número de atividades do processo que não agregam valor
Indicadores	-Tempo de ciclo -Lead Time -Takt time -Número de pessoas -Tempo de negociação -Tamanho dos lotes de produção -Tempo de trabalho disponível	-Tempo a disposição do empregador -Tempo a disposição do empregado -Tempo de operação -Tempo de criação de valor	P=Taxa de produção por andar para cada serviço STD= Desvio standar da Produção ND= Dias de Descanso por tarefa NB= N° de Descanso por tarefa NFP=N° de andares produzidos TFP=soma de todos os andares por todos os serviços T=N° de tarefas consideradas BP=N° de vezes que a tarefa é realizada antes que a sua predecessora BF=N° de vezes que uma equipe trabalha num andar X antes que o andar X-1	- Tempo produtivo - Tempo auxiliar - Tempo improdutivo - Tempo destinado numa atividade específica, por exemplo, em transporte	O número das atividades de: -Transporte(T) -Estoque (E) -Inspeção (I) -Processamento (P)

Aspectos de análise	VSM	OEE	LWI	AMOSTRAGEM DO TRABALHO	DIAGRAMA DE PROCESSO E MAPOFLUXOGRAMA
Resultados	-Mapeamento do estado atual -Mapeamento do estado futuro	Mensuração do desempenho de 6 grandes perdas Ferramenta de Benchmark interno	Mensura: -Porcentagem de tempo que uma equipe não teve descanso depois de terminar um andar -Porcentagem do tempo que as equipes estão trabalhando -Trabalho em progresso -Trabalho fora sequencia -Espaço fora da sequencia	-Porcentagem de tempos produtivos, improdutivos e auxiliares - Permite rever o dimensionamento das equipes - Permite planejar e organizar os fluxos de pessoas - Possibilita a redução dos tempos de deslocamento dos operários	- Estudo dos processos; - Identificação dos pontos onde estão ocorrendo as perdas; - Redefinição do processo com uma sequencia mais eficiente; - Identificação do fluxo contínuo e existência de problemas de transporte - Identificação das atividades do processo são realmente necessárias.
Perdas mensuradas	-Perda de Tempo -Estoque	-Perda de Tempo -Falha do equipamento -Setup e ajustes -Marcha lenta e menor paralisação -Velocidade reduzida -Defeitos no processo -Rendimento reduzido	- Perdas de tempo - Trabalho em progresso - Trabalho fora sequencia - Espaço fora da sequencia	- Perdas de tempo - Perdas numa atividade específica, como por exemplo na atividade de transporte	-N ° de atividades de transporte desnecessárias -N ° de atividades estoques desnecessários -N ° de atividades inspeção desnecessárias -N ° de atividades de processamento desnecessárias -Distancias nas atividades de transporte -N ° de pessoas envolvidas em cada atividade

Fonte: O autor

Conforme apresentado no Quadro 2 e referente ao foco dos métodos apresentado, o VSM foca no fluxo de produto, por tanto, nos subfluxo de informações e de materiais. Os métodos que focam no fluxo de trabalho são OEE, LWI e Amostragem do trabalho, no entanto, apenas o LWI foca nos dois subfluxos que conformam este fluxo, de maneira que, OEE foca no subfluxo de equipamento devido a sua origem na produção industrial e Amostragem do trabalho no subfluxo de mão de obra. Já o Diagrama de Processo e Mapofluxograma focam nos fluxos físicos, especificamente no subfluxo de material.

A principal semelhança entre todos os métodos apresentados no Quadro 2, refere-se ao objetivo, pois, em maior ou menor medida todos objetivam identificar a ocorrência de perdas nos fluxos. Além deste objetivo, cada método apresenta outros objetivos. Desse modo, o VSM visa puxar a produção, o OEE e o Diagrama de Processo e Mapofluxograma visam a identificação das atividades que não agregam valor. O LWI pretende mostrar a fluidez e a continuidade das linhas do fluxo em um gráfico em tempo real. Já a amostragem do trabalho objetiva estimar as proporções de tempos empregados pelos operários na realização de um determinado serviço, classificados em produtivos, improdutivos e auxiliares.

Referente aos indicadores coletados por cada método observa-se no Quadro 2 que o VSM, OEE, LWI e Amostragem do Trabalho focam na medição de tempo, sendo o Diagrama de Processo e Mapofluxograma as únicas ferramentas que não coletam este tipo de indicadores. O VSM visa medir indicadores como: tempo de ciclo, tempo de espera e tempo de aderência. Os indicadores medidos pelo OEE são: tempo de operação e tempo de criação de valor. Já o método LWI e Amostragem do Trabalho mensuram o tempo que os trabalhadores estão efetivamente trabalhando e o tempo que destinaram para cada atividade. Além de coletar esses indicadores a Amostragem do Trabalho permite identificar a parcela de tempo destinada a atividades improdutivas e auxiliares. A diferença dos anteriores o Diagrama de Processo e Mapofluxograma coletam informações referentes a número de atividades de processamento, estoque, transporte e inspeção, não levando em consideração o tempo destinado em cada uma delas.

Considerando os resultados que fornecem cada método, o VSM, OEE, LWI e Amostragem do Trabalho permitem monitorar os fluxos em tempo real, de maneira que as equipes de produção podem estar continuamente informadas de sua produtividade. A diferença dos outros métodos o Diagrama de Processo e Mapofluxograma são incapazes

de analisar a continuidade, qualidade e intensidade do trabalho, pois descrevem a sequencia de atividades do processo de forma estática.

Por fim, no que se refere às perdas mensuradas por cada método observa-se no Quadro 2 que o MFV, OEE, LWI e Amostragem do Trabalho medem perdas de tempo. Além da perda de tempo o VSM mensura as perdas no estoque. O OEE mensura seis grandes perdas utilizadas como ferramenta de benchmarking interno sendo estas: falha do equipamento, setup e ajustes, marcha lenta e menor paralisação, velocidade reduzida, defeitos no processo, rendimento reduzido. O LWI mensura as perdas provocadas por trabalho em progresso, trabalho fora da sequencia e pelo, espaço fora da sequencia. A Amostragem do Trabalho apenas identifica perdas relacionadas com o tempo destinado para cada atividade discriminada. O Diagrama de Processo e Mapofluxograma permitem identificar as perdas relacionadas com o número excessivo de cada tipo de atividade, de maneira que mensura as perdas provocadas pelo número desnecessários de atividades de transporte, estoque, inspeção ou processamento.

Dado que o objetivo deste trabalho é reduzir as perdas por transporte, a comparação dos métodos apresentada permitiu identificar que não existe um único método para mensurar essas perdas, no entanto facilitou a compressão de que o uso de várias ferramentas provenientes de diferentes métodos podem permitir mensurar indicadores de tempo e quantificar o número de atividades envolvidas nos processos. Foi possível identificar que mediante o estudo dos fluxos físicos e uso de diferentes ferramentas, tais como; diagrama de processo, mapofluxograma, amostragem de trabalho e indicadores de tempo será possível a identificação das perdas por transporte nos processos construtivos.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado para a realização do trabalho. O capítulo inicia com a escolha da filosofia e estratégia de pesquisa adotada para o seu desenvolvimento. Posteriormente, são apresentados o delineamento do processo de pesquisa e a descrição das suas etapas, incluindo as fontes de evidencia e ferramentas utilizadas para a coleta de dados, as atividades realizadas durante os estudos de caso e análise final dos dados.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A abordagem metodológica adotada neste trabalho é *Design Science Research* (DSR), se pressupõe a ação do pesquisador em uma determinada realidade, compreendendo um problema, construindo e testando uma possível solução para o problema (HEVNER *et al.*, 2004). O pesquisador não é mais um observador, é um indivíduo que age no contexto pesquisado, buscando compreender uma determinada realidade, em que utiliza o seu potencial criativo para a geração de soluções para problemas ou necessidades reais (HEVNER *et al.*, 2004).

Segundo Wang e Hannafin (2005), a adoção da *Design Science Research* desafia a suposição de que uma pesquisa poderá ser “contaminada” pela influência externa do pesquisador. Ao contrário, nesta abordagem são realizados os processos de pesquisa em colaboração com os participantes, para desenhar e implementar intervenções sistematicamente, refinando e melhorando os projetos iniciais, para, finalmente, avançar o conhecimento e soluções para problemas reais tanto em aspectos pragmáticos quanto teóricos (WANG; HANNAFIN, 2005).

Um dos fundamentos da *Design Science Research* é que o conhecimento e a compreensão de um problema e sua solução são adquiridos na construção e aplicação de um artefato para um contexto de problema específico (HEVNER *et al.*, 2004). O Quadro 3 apresenta as principais características a serem consideradas para a realização e a avaliação da *Design Science Research* (HEVNER *et al.*, 2004).

Quadro 3: Características da *Design Science Research*

Características da <i>Design Science Research</i>	Descrição
Pragmatismo	A <i>Design Research</i> busca aprimorar tanto a teoria quanto a prática. O valor da teoria é avaliado pelo grau em que os seus princípios informam e melhoram a prática.
Relevância do Problema	O objetivo do método é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas importantes e relevantes.
Flexibilidade e interatividade	Os pesquisadores estão envolvidos nos processos de projeto e trabalham em conjunto com os participantes da pesquisa. Os procedimentos de pesquisa são flexíveis. Várias técnicas para a coleta e análise dos dados podem ser aplicadas. Os processos são iterativos entre os ciclos de análise, projeto, implementação e redesenho do artefato.
Avaliação do <i>Design</i>	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser rigorosamente demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados.
Contribuições do <i>Design</i>	A <i>Design Science Research</i> deve promover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, nas fundamentações de <i>design</i> e/ou nas metodologias de <i>design</i> .
Rigor da Pesquisa	A pesquisa baseia-se na aplicação de rigorosos métodos na construção e na avaliação do <i>design</i> do artefato.
<i>Design</i> como um Processo de Pesquisa	A busca por um artefato eficaz exige o uso de meios disponíveis para alcançar os fins desejados, desde que satisfaçam as leis no ambiente de problema.
Contextualização	O processo de pesquisa, os resultados da investigação e as alterações do plano inicial devem ser documentados. Os resultados da pesquisa estão relacionados com o processo de <i>design</i> e configuração e, portanto, a aplicação futura dos princípios gerados demanda explicação.
Comunicação da Pesquisa	A pesquisa deve ser apresentada para o público orientado à tecnologia bem como para os orientados à gestão.

Fonte: Adaptado de Hevner *et al.*, 2004; Vaishnavi e Kuechler, 2004; Wang e Hannafin, 2005

Por tanto, pode-se definir a *Design Science Research* como “um processo de utilização do conhecimento para projetar e criar artefatos úteis, usando diferentes métodos com rigor metodológico para analisar o porquê, ou porque não, um artefato em particular é eficaz. A compreensão adquirida durante a fase de análise realimenta e constrói o corpo de conhecimentos da disciplina (MANSON, 2006, p. 161). Isto significa que a criação de um artefato na *Design Science Research* é o principal meio pelo qual se pode gerar novos conhecimentos baseados em experiências práticas. O artefato em si não é necessariamente o principal resultado da *Design Science Research*. Os resultados da aplicação da *Design Science Research* são diversos, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4: Tipos de resultados da *Design Science Research*

Tipos de resultados	Descrição
Construtos ou Conceitos	Construtos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio e constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar respectivas soluções. Definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas.
Modelos	Modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os construtos. Em atividades de <i>design</i> , os modelos representam situações como problemas e afirmações de soluções. Um modelo pode ser visto simplesmente como uma descrição, isto é, como uma representação de como as coisas são.
Método	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, onde as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe.
<i>Instantiation</i> ¹⁷	A <i>instantiation</i> é a realização de um artefato em seu ambiente. A <i>instantiation</i> operacionaliza construtos, modelos e métodos. Porém, um <i>instantiation</i> pode, na prática, preceder a articulação completa de seus construtos, modelos e métodos. <u>Demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que contemplam.</u>
Melhorias nas teorias	A construção de um artefato de forma análoga à ciência natural experimental.

Fonte: Adaptado de March e Smith, 1995; Hevner *et al.*, 2004; Vaishnavi e Kuechler, 2004

Alguns autores (VENABLE; TRAVIS, 1999; VENABLE, 2006) têm defendido uma versão mais suave da DSR. Os referidos autores argumentaram que poderiam ser usados mais métodos qualitativos, incluído a Pesquisa-Ação (PA), para a avaliação dos resultados da DSR. Dessa maneira, como a Pesquisa-Ação é uma estratégia de pesquisa, e a DSR é entendida como um modo de produção de conhecimento, é possível usar diferentes estratégias de pesquisa, como Pesquisa-Ação, na DSR (HEVNER *et al.*, 2004).

Para Van Aken (2004) existe também a possibilidade do uso do Estudo de Caso na *Design Science Research*, citando o estudo de Womack, Jones e Roos (1990) sobre a indústria automobilística mundial. Nesse trabalho, foi formalizado um conjunto significativo de artefatos (métodos, *instantiation*) tais como: *Kanban*, sincronização da produção, a produção *Just-in-Time*, entre outros. Os Estudos de Caso, por consequência, cumprem dois objetivos: podem avançar o conhecimento teórico na área em pauta (isto é, ampliam o conhecimento de artefatos bem sucedidos diante de determinadas classes de problemas), e permitem formalizar artefatos eficazes que podem ser úteis a outras organizações.

¹⁷ Exemplificação

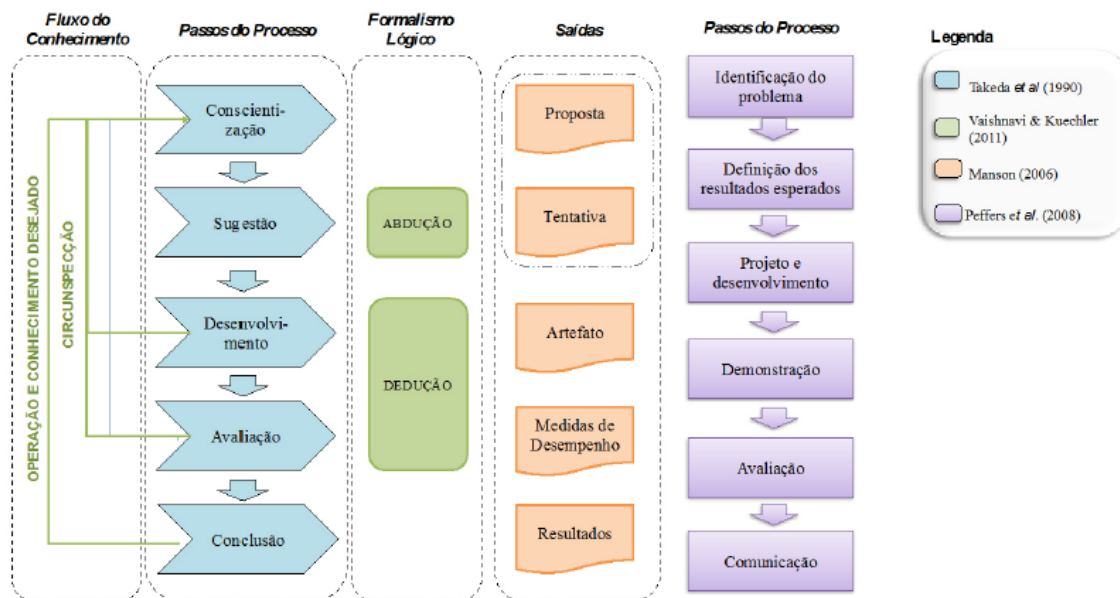
Portanto, Lacerda *et al.* (2013) argumentam em favor da possibilidade de utilização dessas abordagens metodológicas sob a perspectiva da *Design Science Research*, ou seja, de desenvolver conhecimentos que permitam a concepção e construção de artefatos.

O desenvolvimento e a aplicação da metodologia *Design Science Research* estabelece uma sequência de etapas para atingir os objetivos estabelecidos. Para os exemplos usados nesse trabalho, adotou-se o modelo proposto por Takeda *et al.* (1990) (Figura 8), o qual foi refinado e aperfeiçoado por Vaishnavi e Kuechler (2004). Com base nesses autores, Manson (2006) realizou algumas contribuições, indicando os resultados de cada etapa do processo, que são: proposta, tentativa de modelos (modelos provisórios), artefato, medidas de desempenho e o resultado final, que é o produto final e refere-se a um tipo de artefato. Segundo Manson (2006), a de *Design Science Research* compreende as etapas:

- a) **Entendimento ou Conscientização do Problema:** o processo de investigação começa quando o pesquisador toma conhecimento de um problema ou oportunidade de pesquisa.
- b) **Sugestões:** durante a etapa de sugestão, elabora um ou mais modelos de tentativa para a resolução do problema. Os projetos preliminares estão ligados a uma proposta formal que inclui, normalmente, um projeto experimental. Esta etapa é totalmente criativa, e é nesta fase que diferentes pesquisadores irão chegar a diferentes modelos experimentais. Observa-se que as sugestões para o problema são delineadas a partir da existência de conhecimento/teoria de base sobre o problema (VAISHNAVI; KUECHLER, 2004).
- c) **Desenvolvimento:** nesta etapa, o pesquisador construirá um ou mais artefatos. As técnicas utilizadas variam dependendo do artefato a ser construído.
- d) **Avaliação:** uma vez construído, o artefato deve ser avaliado em função dos critérios que estão implícitos ou implicitamente contidos na proposta. Quaisquer desvios de expectativas devem ser relatados pelos pesquisadores. Antes e durante a construção, os pesquisadores formulam hipóteses sobre como será o comportamento do artefato. Na *Design Science Research* raramente as hipóteses iniciais são descartadas; porém, os desvios de comportamento esperados do artefato forçam os pesquisadores a redefinir e buscar novas sugestões.

- e) **Conclusões:** Nesta fase são consolidados e registrados os resultados da pesquisa.

Figura 8: Metodologia Geral da Estratégia de *Design Science Research* (Fonte: Adaptado de Takeda et. al., 1990; Vaishnavi e Kuechler , 2004; Manson, 2006)



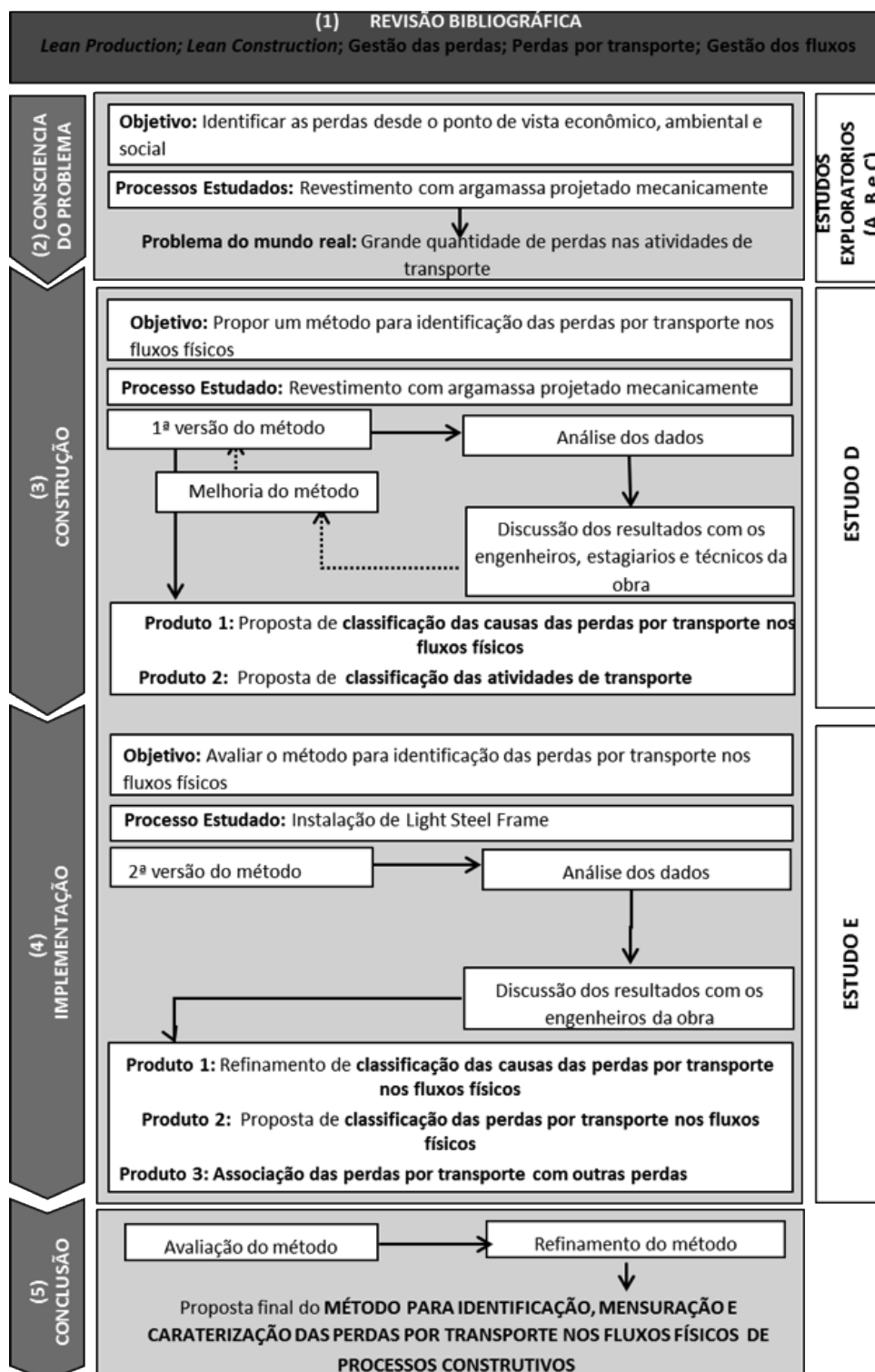
A adoção de *Design Science Research* no presente trabalho justifica-se pelo fato do objeto de análise deste trabalho ser um problema do mundo real, pois a presente autora por meio de anteriores estudos identificou as perdas de transporte como uma das mais recorrentes perdas nos processos construtivos. Por tanto, é necessária a criação de um artefato que permita identificar, mensurar e caracterizar as perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos. Desse modo, entende-se que a *Design Science Research* é adequada para definir um método para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos, considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas. Como estratégia principal de pesquisa, adotou-se o estudo de caso, sendo a unidade de análise as perdas de transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é apresentado na Figura 9. O presente trabalho envolve cinco etapas: (a) Revisão bibliográfica (Etapa 1); (b) Consciência do problema por meio de estudos exploratórios (Etapa 2); (c) Construção do Artefato por meio da proposição

do método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos (Etapa 3); (d) Implementação e validação do Artefato por meio de estudos de caso (Etapa 4) e (e) Conclusão por meio da avaliação do método proposto (Etapa 5).

Figura 9: Delineamento da pesquisa (Fonte: O autor)



A **primeira etapa**, denominada de revisão bibliográfica, foi inicialmente realizada com a finalidade de conhecer o que já foi desenvolvido por outros pesquisadores na área de estudo, contribuindo para a identificação da lacuna do conhecimento do tema estudado e a definição dos objetivos e no planejamento da pesquisa. Esta etapa visou levantar o estado da arte nos seguintes temas: *Lean Production* e *Lean Construction*, gestão das perdas na construção, perdas por transporte e gestão dos fluxos.

Na **segunda etapa** foram realizados três estudos exploratórios com o objetivo inicial de compreender o processo de revestimento de argamassa aplicado manualmente e por projeção, identificando seus impactos ambientais, econômicos e sociais, principalmente, relacionadas às perdas. Estes estudos foram realizados no período de setembro de 2012 a abril de 2013, sendo que os dois primeiros (Estudo A e B) foram realizados em paralelo ao longo de um período de 5 meses em duas obras (Obra A e B) das empresas (Empresa I e II). Em seguida, foi realizado um terceiro estudo exploratório (Estudo C), na Obra C da Empresa III durante um período de 2 meses.

Estes primeiros estudos focaram no processo de revestimento com argamassa devido ao fato da presente autora deste trabalho fazer parte do Projeto Tecnologias para Canteiros de Obra Sustentável em Habitação de Interesse Social - Projeto CANTECHIS, apoiado pela FINEP e executada pela UFSCar, USP, UFRGS e UFBA. Especificamente por fazer parte do subprojeto “Desenvolvimento de Tecnologias de Execução Relacionadas a Métodos e Sistemas Construtivos Inovadores” (SPTEC). Desse modo, estes estudos permitiram a identificação de grande quantidade de perdas no processo de revestimento com argamassa, em especial as perdas de transporte. Com base nestes resultados e pela necessidade de estabelecimento de uma contribuição mais específica, optou-se em focar a pesquisa em perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.

A **terceira e quarta etapas** foram desenvolvidas de forma superposta nos Estudos D e E. O Estudo D ocorreu na Obra D da Empresa IV e teve como objetivo a construção e a primeira implantação de um método para a identificação, mensuração e quantificação das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos. O processo estudado foi o sistema de revestimento com argamassa aplicado por projeção, devido ao fato da autora deste trabalho já ter um prévio conhecimento do processo. O método foi inicialmente desenvolvido a partir da revisão bibliográfica anteriormente apresentada nos capítulos 2 e 3 do presente trabalho. A implantação inicial deste método foi realizada no período de maio a setembro de 2014. Ao longo do estudo, as ferramentas e

os indicadores propostos no método foram ajustados e melhorados, sendo também identificada uma classificação com as principais causas das perdas por transportes.

A segunda implantação do método ocorreu no Estudo E, na Obra E da Empresa V com o objetivo de aperfeiçoar e validar o método. Este estudo ocorreu no período de novembro a dezembro de 2014. A obra estudada utilizava tecnologia construtiva de *Light Steel Frame* (LSF)¹⁸, tendo sido estudados os seguintes processos: (a) instalação da estrutura metálica; (b) instalação das placas de OSB; (c) realização do telhado; e (d) realização da fachada). A escolha desta obra e tecnologia foi devido ao interesse de aplicação do método em um sistema construtivo mais industrializado que o processo de revestimento com argamassa projetada e, com a proposição de que sistemas mais industrializados poderiam produzir menos perdas. Por tanto, esta escolha permitiu a implantação e validação do método proposto em um contexto diferente.

Por fim, na **quinta etapa** os dados obtidos durante a pesquisa foram consolidados e analisados, possibilitando uma reflexão sobre as contribuições do estudo. Nesta etapa, foi realizada ainda uma avaliação do método para identificar, mensurar e caracterizar as perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos. Nesta etapa também foram avaliadas as contribuições do método proposto, como será detalhado em seções posteriores.

4.2.1 FONTES DE EVIDÊNCIA

Várias fontes de evidência foram utilizadas ao longo da pesquisa para obter as informações necessárias. De acordo com Yin (2005), além da necessidade de estar familiarizado com os procedimentos de coleta de dados, é preciso abordar os princípios básicos de: validade do constructo, validade interna, validade externa e a confiabilidade. Para alcançar esses princípios se deve, por tanto adotar: (a) o uso de múltiplas fontes de evidencia, não apenas uma; (b) a criação de um banco de dado do estudo de caso; e (c) a manutenção de um encadeamento de evidencias. A seguir são apresentadas as fontes de evidencia adotadas no presente trabalho.

¹⁸ Estrutura de Aço Leve

4.2.1.1 ANÁLISE DE DOCUMENTOS

Para Yin (2005), o estudo de documentos tais como: relatórios, minutas de reunião e avaliações podem servir para fornecer detalhes específicos para corroborar informações obtidas através de outras fontes.

Ao longo do trabalho os documentos analisados foram fornecidos pelos estagiários das obras, técnicos ou engenheiros, que incluíam projeto arquitetônico, projeto de paginação, planejamento semanal, layout do canteiro, controle diário da produtividade, e informações referentes ao consumo e chegada do material ao canteiro.

4.2.1.2 OBSERVAÇÃO DIRETA E ANOTAÇÕES DE CAMPO

Segundo Yin (2001), as observações diretas podem ser feitas informalmente, ao longo de visitas de campo, incluindo as ocasiões durante as quais estão sendo coletadas outras evidências. As anotações são úteis para fornecer informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado, sendo muito valiosa em combinação com registros fotográficos (YIN, 2001). O referido autor revela que as observações diretas podem consumir muito tempo, porém enriquecem as informações por se tratar de acontecimentos em tempo real.

As observações diretas no presente trabalho foram realizadas pela equipe de pesquisa, descritas no Diário de Obra, sempre que era realizada uma visita ao canteiro.

4.2.1.3 ENTREVISTAS E PERCEPÇÕES DAS PESSOAS ENVOLVIDAS

Segundo Yin (2001), as entrevistas são realizadas com as pessoas cuja percepção se deseja conhecer, facilitando a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados. O referido autor afirma que as entrevistas possuem pontos positivos por enfocarem diretamente o tópico em estudo e por serem perceptivas, mas alerta que os pesquisadores deve ter cuidado com as respostas tendenciosas.

Foram realizadas entrevistas informais com os engenheiros, encarregados e estagiários envolvidos nos processos estudados, a fim de levantar informações referente ao processo. Do mesmo modo, as conversas informais com outros colaboradores, como operários, mestres de obra e empreiteiros também eram muito frequentes. As entrevistas eram realizadas de acordo com a necessidade a autora para entender os processos estudados.

Durante as reuniões de apresentação de resultados com as pessoas das obras estudadas, foram coletadas percepções sobre a utilidade e facilidade uso do método proposto e dos resultados obtidos.

Na etapa final do estudo foram realizadas entrevistas semi-estruturadas seguindo um conjunto de perguntas originadas do protocolo do estudo (YIN, 2001). Durante estas entrevistas pretendeu-se avaliar o método a partir da percepção de alguns dos engenheiros e estagiários das obras nas quais foi implantado o método.

4.2.1.4 DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

Segundo Yin (1994) as imagens aumentam o poder de comunicação das informações além de, constituir um importante registro das características do estudo de caso.

Com o uso de uma máquina fotográfica digital e do celular foram realizadas imagens dos processos estudados visando primeiramente identificar os fluxos físicos dos processos estudados, conseguindo documentar a forma e o lugar de todas as atividades as pessoas envolvidas nos processos. O registro fotográfico também permitiu documentar qualquer ocorrência de perda durante as visitas ao canteiro.

4.2.1.5 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

De forma adicional, no Estudo E a autora deste trabalho foi observadora participante de das reuniões de planejamento semanal, bem como nas reuniões com a equipe da obra para apresentação de resultados parciais e finais.

4.2.1.6 FERRAMENTAS E INDICADORES UTILIZADOS NA COLETA DE DADOS

Um conjunto de ferramentas foram definidas pela autora deste trabalho para fazer parte do método para identificação das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos a partir da revisão da literatura apresentada no item 3.3.3. As ferramentas utilizadas foram: diagrama de processo, mapofluxograma, amostragem de trabalho e planilha com registro fotográfico. As três primeiras ferramentas já foram apresentadas na revisão da literatura. A planilha com registro fotográfico será descrita no detalhamento dos estudos posteriormente. O uso destas ferramentas e dos indicadores coletados também permitiu a coleta de informações que foram usadas como fontes de evidências no estudo.

4.2.2 DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS

Neste item serão apresentadas as cinco empresas nas quais foram realizados os estudos de caso.

4.2.2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA I

A Empresa I é uma empresa de grande porte, que atua no mercado da construção de Salvador desde 1976. A empresa já participou de programas institucionais de treinamento para qualidade, como Empresa Consultora, PGQP, Senai e Sinduscon e projetos de melhoria já desenvolvidos na empresa, como alfabetização, ISO 9001, entre outros. Nos últimos dois anos, a empresa realizou atividades de incorporação e construção de edificações residenciais, obras residenciais para clientes privados e obras comerciais para clientes privados.

A empresa nunca havia participado em pesquisas acadêmicas. Durante o período de estudo, a empresa contava com três estagiários responsáveis de fornecer as informações ao grupo de pesquisa.

4.2.2.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA II

A Empresa II atua no perímetro urbano de Salvador, preferencialmente em bairros nobres, desde 1996, atuando em construção de prédios residenciais, construção de prédios comerciais, construção de condomínios fechados, recuperação de estruturas e construção de conjuntos residenciais.

Dentre as atividades realizadas pela empresa nos últimos dois anos estão incorporação e construção de edificações residenciais, obras residenciais para clientes privados e obras comerciais para clientes privados. Além disso, a empresa já participou de programas institucionais de treinamento para qualidade, como SENAI e SINDUSCON.

Além desses programas a empresa já havia participado de outras pesquisas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa Gestão e Tecnologia da Construção (GETEC) / UFBA. Se tratava de uma empresa conhecida pelo uso de argamassa projetada via úmida com armazenamento em silo em todos seus empreendimentos.

4.2.2.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA III

A Empresa III fundada em 1961 é uma empresa de grande porte, atuante no mercado da construção de Salvador na realização de empreendimentos residenciais, empresariais e industriais. Assim como as outras duas empresas, a já participou de programas institucionais de treinamento para qualidade, ISO 9001 e padronização de processos.

Um dos grandes diferenciais construtivos da empresa está na adoção de práticas da filosofia *Lean Construction* desde a fase de projeto. A empresa já havia participado de outras pesquisas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa Gestão e Tecnologia da Construção (GETEC) / UFBA. Esta empresa investe nos mais diversos segmentos do setor da construção. Além da construtora, o grupo é formado também pela Empresa III empreendimentos (incorporações e locações), pela Empresa III industrial, que inclui uma pedreira e a recém-criada Empresa III Pré-Moldados.

4.2.2.4 DESCRIÇÃO DA EMPRESA IV

A Empresa IV fundada em 1944 é uma empresa de grande porte, atuante em todo o Brasil, assim como em outros 21 países do mundo. Trata-se da maior das 5 empresas apresentadas neste trabalho. A Empresa IV atua em vários setores como engenharia, construção, produtos petroquímicos e químicos. Esta empresa possui vários certificados como o ISO 9001, TS 29001 e OHSAS 18001. Além desses programas a empresa já havia participado de outras pesquisas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa Gestão e Tecnologia da Construção (GETEC) / UFBA.

4.2.2.5 DESCRIÇÃO DA EMPRESA V

A Empresa V fundada em 1993 é uma empresa das maiores incorporadoras do Rio Grande do Sul. É certificada ISO 9001 desde 2001 e classificada com nível A pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) sendo, atualmente, referência em Recursos Humanos na construção civil e líder em imóveis de alto padrão no mercado gaúcho. Esta empresa é parceria em estudos acadêmicos do Núcleo Orientado para Inovação da Edificação (NORIE) da UFRGS.

4.2.3 DESCRIÇÃO DAS OBRAS

Foi acompanhado o processo de revestimento com argamassa de quatro obras, denominadas neste estudo de obras A, B, C e D as quais são descritas neste item. Estas quatro obras se encontravam na região metropolitana de Salvador. Na quinta obra, denominada de E foram estudados quatro processos na implantação da tecnologia LSF, obra localizada na região metropolitana de Porto Alegre.

4.2.3.1 DESCRIÇÃO DA OBRA A

A Obra A se tratava de um empreendimento de caráter residencial de médio padrão, possuía duas torres com 17 pavimentos tipo, mais quatro pavimentos de garagem e o térreo. Em cada pavimento tipo existiam seis apartamentos, totalizando 204 unidades.

Esta obra foi escolhida por se encontrar na fase de revestimento externo. A Figura 10 mostra uma das fachadas estudadas da Obra A.

Figura 10: Fachada estudada da Obra A (Fonte: O autor)



4.2.3.2 DESCRIÇÃO DA OBRA B

A Obra B consistia num empreendimento de carácter residencial de alto padrão, possuindo somente uma torre com 20 pavimentos tipo, mais dois pavimentos correspondentes a área de lazer e ao térreo. Cada pavimento tipo possuía seis apartamentos, exceto no segundo pavimento, que não possui o apartamento 01, totalizando então 119 unidades. Esta obra foi escolhida por se encontrar na fase de acabamento interno e por utilizar o sistema de armazenamento em silo. A

Figura 11 mostra a fachada principal do empreendimento e o silo situado próximo do edifício

Figura 11: Empreendimento da Obra B (Fonte: O autor)



4.2.3.3 DESCRIÇÃO DA OBRA C

A Obra C se tratava de um empreendimento de carácter comercial de alto padrão formado duas torres, uma das torres com 15 pavimentos e a outra com 24 pavimentos,

porém o elemento estudado pelo grupo de pesquisa foi a fachada cega que envolvia as garagens. Assim como as outras obras esta foi escolhida por se encontrar na fase de revestimento. A Figura 12 mostra área estudada.

Figura 12: Fachada acompanhada na obra C (Fonte: O autor)



4.2.3.4 DESCRIÇÃO DA OBRA D

A Obra D trata-se de um empreendimento com 8 torres com 16 pavimentos cada uma delas (Figura 13), com 4 apartamentos por andar, localizado no Bairro de Pituáçu, na região metropolitana de Salvador. O empreendimento é implantado em uma área de 32.780m², sendo a área construída de 108.543m².

Figura 13: Vista do Canteiro da Obra D (Fonte: O autor)

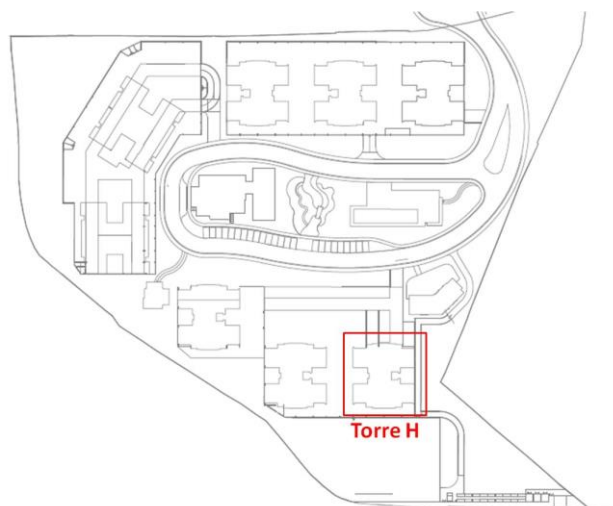


Esta obra foi escolhida por se encontrar na fase de revestimento interno e externo, o que permitiria realizar o estudo do processo em diferentes torres. Além de estar na fase de revestimento, o revestimento estava sendo realizado com argamassa projetada, sistema

já estudado nos estudos exploratórios, facilitando o entendimento do processo. A coleta de dados deste estudo está foi realizada na torre H como é apresentado na

Figura 14.

Figura 14: Mapa de implantação da Torre H (Fonte: O autor)



4.2.3.5 DESCRIÇÃO DA OBRA E

A Obra E trata-se de um empreendimento localizado na cidade de Canoas/ RS, região metropolitana de Porto Alegre. O empreendimento está localizado em um terreno de 33.130,61 m², com área de construção de 32.453,07 m² tendo implantação com área de lazer, 2 torres em alvenaria estrutural totalizando 160 apartamentos e 178 casas de *steel frame*, as casas são divididas em 2 tamanhos: grande (3 dorm. / 110 m²) e pequena (2 dorm. / 70 m²). Além disto independentemente do tamanho, a casa pode ser classificada como casa de meio ou de ponta. Das 178 casas do empreendimento, 108 são do tipo grande e 70 do tipo pequena,

O foco do estudo nesta obra foram as casas conforme apresentado Figura 15. Esta obra foi escolhida por se tratar de um processo relativamente novo no Brasil e por ser um processo mais industrializado que os anteriores o que permitiria estudar as perdas por transporte num sistema construtivo diferentes, possibilitando a comparação entre as perdas encontradas em sistemas mais tradicionais com um processo mais industrializado.

Figura 15: Implantação das casas no terreno (Fonte: Empresa V)



4.3 DETALHAMENTO DAS ETAPAS DE PESQUISA

A seguir será apresentado o detalhamento metodológico dos estudos.

4.3.1 ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

Os estudos exploratórios A e B foram realizados simultaneamente entre setembro e dezembro de 2012 e o estudo C foi realizado entre os meses de março e abril de 2013. Neste estudo, a equipe de pesquisa era formada além da presente pesquisadora, de 7 alunos de iniciação científica¹⁹ (IC), sob a coordenação dos professores Dayana Costa e Jardel Gonçalves. O Quadro 5 apresenta um resumo das obras estudadas em cada período assim como número de visitas realizadas.

¹⁹ Ananda Pita, Bruna Coelho, Camila Abreu, Erica Gomes, Luiza Borba, Ticiania Mesquita e Otacisio Gomes.

Quadro 5: Características gerais dos estudos exploratórios

	Empresa	Obra	Período de coleta			Pessoas envolvidas	Sistema Estudado
			Início	Fim	Nº visitas		
Estudo A	I	A	06/09/12	14/12/12	32	Estagiário Engenheiro 3 IC	Sistema de aplicação manual, argamassa ensacada
Estudo B	II	B	01/10/12	12/01/13	25	Técnico Engenheiro 2 IC	Sistema de projeção estacionário por via úmida
Estudo C	III	C	12/03/13	12/04/13	17	Estagiaria Engenheira 3 IC	Sistema de projeção estacionário por via úmida

Fonte: O autor

Em cada uma das obras foi realizada uma reunião no início de cada estudo visando explicar as atividades que seriam realizadas. Nesta reunião participaram os engenheiros de produção e estagiários de cada obra. Em cada uma das obras, a autora deste trabalho realizou visitas ao canteiro para coleta de dados junto com os alunos de iniciação científica. Eram realizadas 3 ou 4 visitas semanais de uma duração variável de 2 a 4 horas. Durante as visitas aos três canteiros de obras, foram coletados dados visando atingir o objetivo inicial de compreender o processo de revestimento de argamassa aplicado manualmente e por projeção, identificando seus impactos econômicos, sociais e ambientais, devido ao fato destes estudos fazerem parte do projeto SPTEC apresentado no item 4.2.

Durante as primeiras semanas de coleta nos estudos exploratórios foram aplicados *checklists* para a caracterização das empresas, caracterização do empreendimento e caracterização dos processos estudados, conforme Apêndice A, B e C. Foram ainda utilizadas as ferramentas diagrama de processo e mapofluxograma para o mapeamento de processo.

A escolha do diagrama de processo e mapofluxogramas foi devido ao fato de proporcionar um aumento da transparência dos processos objeto do estudo, no caso o processo de revestimento de argamassa, permitindo identificar o número de atividades de transportes do processo, inspeção, conversão e estoque. Permitindo, por tanto, a identificação das atividades que agregam e não agregam valor nos processos estudados, dando destaque as atividades de transporte. A equipe de pesquisadores validou a modelagem dos fluxos identificados por meio de novas observações diretas em campo

para confirmação das atividades, bem como pela a apresentação do mapeamento para os encarregados e estagiários da obra. No entanto, estas ferramentas não permitiram analisar outros parâmetros dos processos estudados como a continuidade, qualidade e intensidade do trabalho.

Além disso, as principais fontes de evidencia utilizadas nestes estudos foram: análise de documentos, observação direta, anotações de campo, entrevistas e documentação fotográfica, conforme já apresentadas no item 4.2.1. Além dessas fontes de evidencia foi realizado um Diário de Obra. A utilização do Diário de Obra ajudou a ter todas as observações organizadas por datas, para a posterior análise.

O Quadro 6 apresenta o resumo dos focos de análise estudados nos três estudos exploratórios, assim como as variáveis (dados coletados) que foram estudadas e as ferramentas de coleta e as fontes de evidencia que foram utilizadas. Os focos de análise definidos para caracterizar os impactos econômicos foram as perdas de material, produtividade, prazos de execução e layout do canteiro. Para qualificar os impactos sociais foram analisadas a segurança do trabalhador e ergonomia. Por fim, os impactos ambientais foram analisados por meio nível de ruído, consumo de agua e consumo de energia.

A análise de dados consistiu em avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais do processo de revestimento com argamassa. Porém, devido a este trabalho focar nas perdas de transportes apenas serão apresentados e analisados os dados relacionados a layout do canteiro a partir dos dados coletados com as ferramentas diagrama de processo e mapofluxograma.

Quadro 6: Objetivos, foco da análise, variáveis, ferramentas utilizadas nos estudos exploratórios

Objetivo	Foco de Análise	Crítérios de Análise	Fontes de Evidência	Ferramentas de Coleta
Identificar os Impactos Econômicos	Perdas de material	Consumo de materiais Perda incorporada por espessura do revestimento	Planilha de coleta de perda por consumo de materiais Planilha de perda por espessura de revestimento	
	Produtividade	Eficiência no uso dos recursos (Hh/m ² de revestimento executado)		Planilha de coleta de produtividade
	Prazos de execução	Datas de começo e fim Dias efetivamente trabalhados	Check list processo executivo	

Objetivo	Foco de Análise	Crterios de Análise	Fontes de Evidência	Ferramentas de Coleta
	Projeto	Projeto racionalizado Emprego dos materiais adequados Dosagem adequada das argamassas Espessura de revestimentos Especificação do desempenho do revestimento	Análise de documentos: traços e projeto executivo. <i>Check list</i> de revestimento de argamassa (projeto, planejamento e execução)	
	Layout canteiro	Armazenamento de materiais adequados Vias de circulação definidas Distribuição dos materiais		Mapofluxograma Diagrama de processo <i>Check list</i> de logística e armazenamento
Identificar os Impactos Sociais	Segurança do trabalhador	Uso adequado de EPI EPCs adequados Organização e limpeza Vias de acesso Sinalização		<i>Check list</i> de segurança
	Ergonomia	Posturas das costas, braços, pernas e esforços.		<i>Check list</i> de ergonomia
Identificar os Impactos Ambientais	Nível de ruído	Decibéis	Observação direta: decibelímetro	
	Consumo de água	M ³ de água utilizado na preparação de argamassa e na limpeza	Observação direta: hidrômetro na tubulação da água	
	Consumo de energia	Kwh (Potencia e tempo de utilização das maquinas)	Análise de documentos da conta de energia	

Fonte: O autor

4.3.2 ESTUDO DE CASO D

No Estudo de Caso D foi construída e implantada a proposta inicial do método para a identificação, medição e quantificação das perdas por transporte nos fluxos físicos, sendo realizado na Empresa IV apresentada no item 4.2.2.4, na Obra D apresentada no item 4.2.3.4.

Da mesma forma que nos estudos exploratórios, foi realizada inicialmente uma reunião no dia 30 de abril de 2014 com os engenheiros da obra IV visando explicar as atividades que seriam realizadas. Nesta reunião além dos engenheiros da obra também estiveram presentes a equipe de pesquisa UFBA, formada por uma aluna de iniciação científica²⁰, a orientadora deste trabalho e a presente autora.

²⁰ Luiza Borba

O Estudo D foi dividido em três etapas: (1) identificação dos fluxos físicos; (2) identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores; e (3) identificação e quantificação das causas das perdas por transporte. Nestas etapas foram realizadas diversas atividades que permitiram a construção e implantação da primeira versão do método. O Quadro 7 apresenta o resumo das atividades, que serão descritas a seguir.

Quadro 7: Delineamento do Estudo D

Objetivo	Período	Etapas do Estudo D	Ferramentas	Fontes de evidência
Construção e implantação da primeira versão do método para a identificação e medição das perdas por transporte nos fluxos físicos	30.04.2014	Reunião apresentação estudo a ser realizado		
	06.05.2014 à 12.05.2014	(1) Identificação dos fluxos físicos	Diagrama de Processo Mapofluxograma	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica
	13.05.2014 à 17.07.2014	(2) Identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores	Amostragem do trabalho	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica Percepção dos engenheiros, estagiários, técnicos e encarregados da obra envolvidas no estudo
	18.07.2014	Seminário apresentação dos resultados iniciais		
	06.08.2014 à 05.09.2014	(3) Identificação e quantificação das causas e origens das perdas por transporte	Planilha com registro fotográfico	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica Percepção dos engenheiros, estagiários, técnicos e encarregados da obra envolvidas no estudo
	12.09.2014	Seminário apresentação final dos resultados		

Fonte: O autor

As fontes de evidencia do Estudo D foram as mesmas utilizadas nos estudos exploratórios apresentadas no item 4.2.1, sendo estas: análise de documentos, observação direta, anotações de campo, entrevistas e reuniões para apresentação de resultados e documentação fotográfica.

Neste estudo, o registro fotográfico foi utilizado para documentar a sequência de atividades envolvidas no processo no canteiro, sendo possível identificar os fluxos de atividades. A utilização da documentação gráfica também permitiu registrar a ocorrência de perdas durante as atividades de transporte. Com relação as observações diretas, estas foram realizadas visando identificar alguma ocorrência de perda durante as atividades de transporte, ao invés da simples observação do processo para o entendimento do mesmo como foi realizado nos anteriores estudos exploratórios. A realização do Diário de Obra permitiu organizar todas as informações coletadas durante as visitas ao canteiro para a posterior análise das observações realizadas.

4.3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

As visitas ao canteiro da primeira etapa começaram no dia 6 de maio. Durante a primeira semana do estudo foi realizada a identificação dos fluxos físicos do processo estudado. As informações resultantes da coleta de dados para caracterizar o processo eram discutidas pela equipe de pesquisadores UFBA, à medida em que eram coletadas. Durante esta semana as visitas ao canteiro eram realizadas de forma diária com uma duração aproximadamente de 6 horas por dia. As horas de coletada no canteiro eram divididas entre o turno da manhã realizado pela autora e o turno da tarde realizado pela aluna de IC.

Nesta etapa do método, as principais ferramentas utilizadas para a identificação dos fluxos físicos foram o diagrama de processo e mapofluxograma utilizadas nos estudos exploratórios e apresentadas na revisão da literatura.

4.3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES

Na segunda etapa do estudo foi realizada a identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos com o processo de argamassa projetada por meio da ferramenta da amostragem do trabalho.

Amostragem do trabalho

A amostragem do trabalho foi adotada neste trabalho, pois permite determinar como o operário utiliza seu tempo, obtendo-se uma descrição objetiva do trabalho no canteiro, auxiliando na identificação de problemas e dos pontos a serem melhorados (SANTOS, 1995).

A amostragem do trabalho ocorreu do período do 13 de Maio até 17 de Julho de 2014 e focou nas atividades de revestimento de argamassa projetada interna dos pavimentos 7 e 11 de torre H da obra, com o objetivo de identificar a porcentagem de tempo destinado a cada atividade deste processo, em especial as atividades de transporte.

Na amostragem do trabalho, os tempos no estudo foram divididos em tempos produtivos, auxiliares e improdutivos, conforme definido por Santos *et al.* (1996). A folha utilizada para o registro de observações foi individualmente desenhada para o estudo, em função das atividades levantadas no diagrama do processo e mapofluxograma, dando destaque as atividades de transporte, por meio de subdivisões destas atividades, devido ao foco do trabalho. Um exemplo desta subdivisão realizada neste estudo refere-se ao transporte dos sacos no carrinho de mão, que foi dividido em

transporte manual dos sacos até o carrinho, transporte dos sacos no carrinho e transporte manual dos sacos desde o carrinho até o estoque. Esta discriminação possibilitou a identificação das atividades de transporte e a sua correta classificação.

Ao longo da modelagem dos fluxos, foram identificadas atividades de transportes que podiam ser consideradas necessárias, evitáveis e desnecessárias. Desta forma, a fim de identificar estas atividades e mensurar a perda de tempo, tomou-se como base as definições de Santos *et al.* (1996), e adaptou-se para as atividades de transporte, conforme a seguir:

- a) **Transportes Necessários:** transportes que precisavam ocorrer para que o processo fluísse. Estes transportes foram classificados nas atividades auxiliares.
- b) **Transportes Evitáveis:** transportes ineficientes que provocam perdas de tempo, ocasionados, algumas vezes, por falta de domínio do processo, podendo ser facilmente reduzíveis. Ocorrem devido a falhas de planejamento, dimensionamento inadequado das equipes, falhas de suprimentos ou equipamentos, omissões ou erros de projeto, retrabalhos, etc. Estas atividades de transportes geram obstruções do fluxo. Estas atividades de transportes também foram identificadas nos tempos auxiliares.
- c) **Transportes Desnecessário ou Ocioso:** referem-se a atividades de transporte desnecessárias que provocam perdas de tempo ou total inatividade dos operários relativa a alguma atividade de transporte, podendo ser intencional ou resultantes de um estado físico de predisposição (por exemplo, necessidade de descanso após um esforço excessivo). Estas atividades foram identificadas nos tempos improdutivos.

Para o cálculo do número de observações foi adotado um nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5%. Foram realizadas 2314 observações, envolvendo todas as pessoas que participavam no processo de argamassa projetada, tanto a equipe terceirizada que participava de forma direta na realização do revestimento interno que ficava no andar como a equipe que participava de forma indireta pertencentes a logística da obra realizando as atividades de transporte e estoque no térreo e na garagem.

O Quadro 8 apresenta as pessoas envolvidas na amostragem de trabalho. As observações foram instantâneas em relação a equipe de trabalho em um intervalo de tempo aleatório. Em geral foram realizadas aproximadamente umas 200 observações por dia. Devido ao

fato da equipe andar ter mais interferência no processo de revestimento, foram realizadas um total de 1383 observações da equipe andar e 931 observações da equipe garagem, totalizando 2314 observações.

Quadro 8: Trabalhadores envolvidos na amostragem do trabalho

Equipe direta no processo	Equipe indireta no processo
1 responsável pela produção de argamassa 5 pedreiros 2 serventes	1 motorista de caminhão 2 operadores da carregadeira 3 operadores de macaco hidráulico 1 operador de elevador cremalheira 1 pedreiro na aplicação das taliscas

Fonte: O autor

A partir das atividades identificadas durante a modelagem dos fluxos físicos foi desenvolvida a planilha utilizada na amostragem, nesta planilha são discriminadas todas as atividades realizadas pelas equipes para a realização do processo em estudo. O Quadro 9 apresenta as atividades produtivas, auxiliares e improdutivas identificadas no estudo. A planilha completa encontra-se no Apêndice D.

Quadro 9: Descrição de todas as atividades produtivas, auxiliares e improdutivas identificadas

Atividades Produtivas		Atividades Auxiliares		Atividades improdutivas	
101	Produz Argamassa	201	Transporte do caminhão desde a entrada até o estacionamento interno	301	Parado sem motivo
102	Projeta	202	Transporte do caminhão desde o estacionamento até próximo a garagem	302	Parado:espera atividade
103)	Sarrafeia	203	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	303	Parado:espera equip
104	Alisa	204	Transporte via macaco hidráulico até perto da cremalheira	304	Parado: descanso
105	Desempena	205	Transporte via macaco hidráulico até dentro da cremalheira	305	Parado: problema equip
106	Faz arremate	206	Transporte pela cremalheira até o local da aplicação	306	Desloca:horizontal
107	Talisa	207	Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	307	Desloca:vertical
		208	Transporte manual até perto da argamassadeira	308	Necessidades pessoais
		209	Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	309	Retrabalho
		210	Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira	310	Executa outro serviço
		211	Transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira	311	Não encontrado
		212	Transporte manual do estoque para a jericá	312	Parado: espera material
		213	Transporte via jericá até perto da argamassadeira		
		214	Transporte manual da jericá para o estoque perto da argamassadeira		
		215	Transporte manual até argamassadeira		
		216	Transporte de água em balde desde a toneis até argamassadeira		
		217	Transporta equipamento		
		218	Transporta equipamento carinho/girica vazio		
		219	Transporta sacos vazios		
		220	Transporta entulho		
		221	Desloca para transportar material		
		222	Inspeção		
		223	Troca informações		
		224	Ajusta/coloca/tira EPI		
		225	Conserta equipamento		
		226	Desentupe mangote		
		227	Aguarda tempo puxar		
		228	Limpeza		
		229	Arruma estoque		
		230	Inspeção: conferencia do material		
		231	Inspeção: Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira		
		232	Inspeção: Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira		
		233	Inspeção: da projeção		
		234	Inspeção: do sarrafeamento		
		235	Transporte de sacos um pallet para outro		
		236	Transporte de um estoque terciario para um quaternario		

Fonte: O autor

A partir do 18 de julho a coleta de dados foi realizada apenas pela autora deste trabalho de forma diária com uma duração variável de 4 a 6 horas distribuídas ao longo do dia, devido a finalização da bolsa de IC da aluna.

Ao final do ciclo de coleta dos dados da amostragem, as informações resultantes foram discutidas com os engenheiros, estagiários e técnicos da obra durante um seminário realizado no dia 18 de julho.

4.3.2.3 IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Para a caracterização das perdas por transporte foram definidos três constructos baseados nos dados obtidos nas etapas anteriores, conforme a seguir:

- a) **Causa:** é definida como a origem de um determinado evento de perda de transporte em uma determinada situação.
- b) **Evento de Perda de Transporte:** é definido como um fenômeno imprevisto que acontece na atividade de transporte, tratando-se de um fato observável e registrável num determinado local e num determinado momento que afeta aos fluxos físicos, provocando a execução de tarefas não planejadas, produzindo ineficiências ao processo.
- c) **Consequência:** é definida como o efeito ou o resultado de um determinado evento de perda de transporte ou constatação de fato.

No Estudo D apenas foram analisados os constructos evento de perda por transporte e causa.

Para a organização dos eventos de perdas identificados foi utilizada a planilha com registro fotográficos, baseada na planilha proposta por Sommer (2010) visando armazenar em um banco de dados as imagens referentes aos eventos de perdas de transporte. Esta etapa ocorreu de 6 de agosto até o 5 de setembro e foram coletados as informações referentes as perdas de transporte ocorridas nos 11º e 14º andar da Torre estudada.

Planilha com registros fotográficos


Cada vez que era identificado um evento de perda por transporte, este era registrado por meio de foto e armazenado na planilha, junto com todas as informações que caracterizavam o evento de perda por transporte. Após coleta inicial, constatou-se que várias perdas identificadas ocorriam de forma repetitiva no canteiro, buscou-se então agrupar essas perdas segundo a sua causa. Foi acrescentada a coluna causa da perda e

tempo de perda, por ter sido observado a importância de coletar o tempo de duração dessa perda (Quadro 10).

Dessa maneira, a planilha com registro fotográfico adotada foi dividida em colunas, sendo coletadas as seguintes informações:

- a) **Foto:** foto do evento de perda.
- b) **Data:** data na qual foi registrado o evento de perda por transporte.
- c) **Número de registro:** referente ao número ordinal de registro. De maneira que, o primeiro evento de perda identificado teria o 1, o segundo teria 2, e assim sucessivamente.
- d) **Número caso/dia:** número de vezes que esse evento de perda por transporte foi identificado na mesma data.
- e) **Pessoas envolvidas no transporte:** número de trabalhadores que estavam realizando a atividade transporte na qual foi identificado o evento.
- f) **Tipo de transporte:** descrição da atividade transporte na qual foi identificado o evento, este tipo corresponde à discriminação de cada transporte realizada para a amostragem de trabalho.
- g) **Caso recorrente:** refere-se se o evento tinha sido identificado em outra data anteriormente.
- h) **Descrição da perda:** breve descrição do evento de perda por transporte.
- i) **Causa da perda:** a origem de um determinado evento de perda de transporte em uma determinada situação.
- j) **Tempo de perda:** para o cálculo do tempo foram cronometrados os tempos de cada atividade de transporte identificadas na amostragem em várias ocasiões, obtendo-se o de tempo médio de cada atividade. Dessa forma, cada vez que era identificada uma perda, era cronometrado o tempo usado para realizar a atividade de transporte, sendo depois subtraído o tempo médio de realização desta atividade, obtendo-se o tempo real destinado na atividade com perda.

Quadro 10: Exemplo de Planilha com registros fotográficos

(a) Foto	(b) Data	(c) N° de Registro	(d) N° de casos/dia	(e) Pessoas envolvidas no transporte	(f) Tipo de transporte	(g) Caso Recorrente	(h) Descrição da perda	(i) Causa da perda	(j) Tempo da perda
	21.08	17	1	5	Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	Sim	O pallet estava quebrado o que fez que 5 colaboradores tiveram que ajudar para tirar o pallet do elevador	Equipamento	00:06:30

Fonte: O autor

Ao final do estudo foi realizado o último seminário no canteiro, no dia 19 de Setembro, em que participaram apenas engenheiros da obra e a presente autora para apresentação final dos resultados obtidos durante todo o estudo. A realização dos seminários com a empresa foi fundamental para validar o método, uma vez que nestes seminários foi possível entender melhor as causas das perdas por transporte.

4.3.3 ESTUDO DE CASO E

O estudo de Caso E foi realizado na Empresa V apresentada no item 4.2.2.4, na Obra E apresentada no item 4.2.3.5. Neste estudo foi implantado e validado o método para identificação das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos, considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas.

Este estudo teve uma duração de 6 semanas, de 3 de novembro a 15 de dezembro de 2014, tendo sido realizadas 25 visitas ao canteiro de obra com cerca de 4 a 6 horas de duração cada. A coleta de dados foi realizada apenas pela presente autora deste trabalho, no entanto, o estudo contou com a contribuição de uma aluna de doutorado e de um

aluno de IC²¹, do NORIE/UFRGS que ajudaram no fornecimento de informações prévias do estudo, bem como na etapa de análise de dados. O Estudo E foi dividido em três etapas, de forma similar ao Estudo D apresentado no item 4.3.2.1. Estas etapas foram: (1) identificação dos fluxos físicos; (2) identificação e quantificação das causas e origens e consequências das perdas por transporte; e (3) identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores. O Quadro 11 resume objetivos, período, etapas, ferramentas e fontes de evidência utilizadas.

Quadro 11: Delineamento do Estudo E

Objetivo	Período	Etapas do Estudo E	Ferramentas	Fontes de evidência
Implantação e validação do método para a identificação e medição das perdas por transporte nos fluxos físicos	03.11.2014	Reunião apresentação estudo a ser realizado		
	03.11.2014 à 07.11.2014	(1) Identificação dos fluxos físicos	Diagrama de Processo Mapofluxogram a	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica Observação participante nas reuniões de planejamento
	10.11.2014 à 21.11.2014	(2) Identificação e quantificação das causas e origens e consequências das perdas por transporte	Planilha com registro fotográfico	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica Observação participante nas reuniões de planejamento
	24.11.2014 a 12.12.2014	(3) Identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores	Amostragem do trabalho	Observação direta Anotações de campo Documentação fotográfica Observação participante nas reuniões de planejamento Percepção das pessoas da obra envolvidas no estudo
	15.12.2014	Seminário apresentação final dos resultados		

Fonte: O autor

Foram utilizadas as mesmas fontes de evidência que nos estudos exploratórios e que no Estudo D, sendo estas: análise de documentos, observação direta, anotações de campo, entrevistas e reuniões para apresentação de resultados e documentação fotográfica. Além das mesmas, a autora deste trabalho participou das reuniões de planejamento semanal, bem como teve acesso a documentos e informações geradas nestas reuniões, como o planejamento de curto prazo da obra, os indicadores Percentual de Pacotes de Trabalho Completos e Causas do Não cumprimento dos Pacotes de Trabalho.

4.3.3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

No dia 3 de novembro a presente autora participou de uma reunião com um dos engenheiros da obra com a finalidade de apresentar o estudo que seria realizado. Em

²¹ Germano

seguida, nesse mesmo dia foi iniciada a coleta de dados da primeira etapa do método, visando a identificação dos fluxos físicos dos processos estudados, utilizando para tanto as ferramentas diagrama de processo e mapofluxograma, já apresentadas e aplicadas nos estudos anteriores.

Durante o mapeamento dos processos estudados com o uso do Diagrama do Processo e Mapofluxograma, ficou clara a complexidade e os problemas de planejamento logístico no canteiro, principalmente quanto à estocagem e transporte devido ao fato da Empresa V estar implantando a tecnologia de *Light Steel Frame* pela primeira vez. Deste modo, a falta de experiência da Empresa V na implantação desta tecnologia provocava a contínua mudança na realização das atividades. Buscou-se realizar um mapofluxograma que mostrasse o local, da forma mais aproximada, onde as atividades eram realizadas no canteiro. Porém, em função dos inúmeros estoques encontrados na área, não foi possível realizar um único mapoxuflograma que refletisse a realidade do canteiro. Foi encontrado problema semelhante durante a realização dos diagramas de processos, devido à contínua mudança na sequência, na forma de execução e no local onde as atividades eram realizadas. Pelos motivos expostos, estas ferramentas não se mostraram adequadas neste estudo para representar o dinamismo da obra e a falta de padrão na execução das atividades.

4.3.3.2 IDENTIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES

Por meio da ferramenta da amostragem do trabalho foi realizada a identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos com os quatro processos estudados.

Amostragem do trabalho

A amostragem do trabalho ocorreu do período do 24 de novembro até 13 de dezembro de 2014 e focou nos processos (a) instalação da estrutura metálica; (b) instalação das placas de OSB; (c) realização do telhado; e (d) realização da fachada. Com objetivo de identificar a porcentagem de tempo destinado a cada atividade dos processos, em especial as atividades de transporte.

Para o cálculo do número de observações foi adotado um nível de confiança de 94% e um erro relativo de 6%. Foram realizadas 1873 observações, envolvendo todas as pessoas que participavam diretamente nos processos estudados, não considerando a

equipe de logística da obra encarregada da realização das atividades de transporte e descarga dos materiais desde a entrada do canteiro até o armazém, e do armazém até a área de estoque perto do destino final. O Quadro 12 apresenta as pessoas envolvidas na amostragem do trabalho.

Quadro 12: Trabalhadores envolvidos na amostragem do trabalho

Equipe direta nos quatro processos estudados	
4	montadores da estrutura metálica
4	montadores das placas de OSB
4	montadores do telhado
4	montadores da fachada

Fonte: O autor

Para a realização da amostragem foi desenvolvida, a partir das atividades identificadas no mapeamento dos fluxos físicos, uma planilha identificando as principais atividades realizadas nos processos estudados, entre estas foram discriminadas as atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias, conforme realizado no Estudo D. O Quadro 13 a descrição das atividades produtivas, auxiliares e improdutivas do Estudo. As atividades de transporte também foram analisadas de acordo com transportes necessários, evitáveis e desnecessários.

Quadro 13: Descrição das atividades produtivas, auxiliares e improdutivas

Atividades Produtivas		Atividades auxiliares		Atividades Improdutivas	
101	Instalação guias térreos	201	Marcação paredes térreo	301	Parado sem motivo
102	Instalação Estrutura paredes térreo	202	Corta placa OSB	302	Parado:espera atividade
103	Instalação Estrutura laje	203	Corta telha	303	Parado:espera equip
104	Instalação Estrutura paredes 2ºpavimento	204	Corta tubulação	304	Parado: descanso
105	Instalação Estrutura telhado	205	Corta lâ	305	Parado: problema equipe
106	Instalação OSB Externo 1ºpavimento	206	Corta tela/papel	306	Parado: espera material
107	Instalação OSB Interno 1ºpavimento	207	Corta foam	307	Desloca:horizontal
108	Instalação OSB laje	208	Corta gesso	308	Desloca:vertical
109	Instalação OSB Externo 2ºpavimento	209	Colocando parafuso	309	Necessidades pessoais
110	Instalação OSB Interno 2ºpavimento	210	Conecta/Desconeta na tomada parafusador	310	Retrabalho
111	Instalação OSB telhado	211	Montagem/desmontagem andaime	311	Executa outro serviço
112	Telhamento	212	Transporta banco/escada	312	Não encontrado
113	Instalação hidráulica e elétrica	213	Transporta equipamento/andaime		
114	Instalação lâ de vidro	214	Transporta equipamento vazio		
115	Instalação gesso acartonado	215	Transporta entulho		

Atividades Produtivas		Atividades auxiliares		Atividades Improdutivas
116	Chumbando	216	Transporta estrutura	
117	Parafusando	217	Transporta OSB	
118	Instalação esquadrias de cimento	218	Transporta telhas	
	Instalação telas isolamento externo nas juntas	219	Transporta tubulações	
120	Aplicação pintura isolamento amarela	220	Transporta lã	
121	Instalação foam	221	Transporta tela	
122	Lixamento foam	222	Transporta foam	
123	Instalação telas isolamento sobre foam	223	Transporta cimento/pintura	
124	Aplicação cimento	224	Transporta gesso	
125	Realização de fixos	225	Desloca para transportar material	
126	Aplicação pintura externa	226	Troca informações	
127	Instalação janelas	227	Ajusta/coloca/tira EPI	
128	Instalação papel juntas interno	228	Conserta equipamento/andaime	
129	Aplicação de massa para rejunte interno	229	Limpeza	
130	Instalação molduras	230	Arruma estoque	
		231	Inspeção: conferencia do material	
		232	Inspeção: mede com trena	
		233	Inspeção: utiliza nível	
		234	Inspeção: da instalação da estrutura	
		235	Inspeção: instalação OSB	
		236	Inspeção: telhamento	
		237	Inspeção: hidráulica e elétrica	
		238	Inspeção:gesso acartonado	
		239	Inspeção: planta	
		240	Inspeção: revestimento	
		241	Inspeção: tira linha	
		242	Inspeção: planta	
		243	Realiza mistura de cimento/aplica cimento	
		244	Escoramento/Descoramento	
		245	Transporte material de um estoque secundário para um terciário	
		246	Transporte de um estoque terciário para um quaternário	

Fonte: O autor

4.3.3.3 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE

Por meio da planilha com registros fotográficos foi realizada a identificação dos eventos de perdas por transporte a partir de suas causas e suas consequências. Este estudo

pretendeu validar as causas das perdas por transporte identificadas no Estudo D e apresentadas no item 4.3.3.3.

Planilha com registros fotográficos

A planilha com registro fotográfico utilizada no Estudo E foi a mesma planilha utilizada no Estudo D, porém, neste estudo foi acrescentada a coluna Consequência dessa perda (Quadro 14), visando identificar os principais impactos decorrentes das perdas por transporte.

Quadro 14: Exemplo de Planilha com registros fotográficos

(a) Foto	(b) Data	(c) N° de Registro	(d) N° de casos/dia	(e) Pessoas envolvidas no transporte	(f) Tipo de transporte	(g) Caso Recorrente	(h) Descrição da perda	(i) Causa da perda	(j) Tempo da perda	(j) Consequência Impacto

Fonte: O autor

Os dados coletados relativos aos eventos de transporte eram analisados e discutidos com a aluna de doutorado da UFRGS, à medida que eram coletados, visando identificar as principais consequências de cada evento de perda coletado.

Observação participante nas reuniões de planejamento

Nesta etapa, também foram acompanhadas seis reuniões de planejamento de curto prazo que aconteciam semanalmente às segundas-feira. Participavam dessas reuniões em média 20 pessoas entre elas: a equipe de gestão da obra (três engenheiros da obra, estagiários e encarregados), os sub-empregados, a aluna de doutorado²² da UFRGS e durante a presente autora durante o estudo. Dentre as informações coletadas durante estas reuniões destacam-se: a Porcentagem de Pacotes Concluídos (PPC) e as causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho.

Por último, no dia 15 de dezembro foi realizado um seminário para apresentação final dos resultados, em que participaram três engenheiros da obra, o engenheiro gerente do

²² Lucila Sommer

projeto, a aluna de doutorado e seu orientador²³ e a presente autora deste trabalho. Neste seminário a aluna de doutorado também apresentou os resultados referente a sua pesquisa. A Figura 16 ilustra a apresentação dos resultados durante o seminário.

Figura 16: Apresentação dos resultados durante o seminário (Fonte: O autor)



4.3.4 ETAPA DE ANÁLISE DOS DADOS

Neste item é apresentado primeiramente a forma como foi realizada a análise individual nos Estudo D e E, por último é apresentado como foi realizada a análise cruzada entre estes estudos, envolvendo a análise dos indicadores e ferramentas, assim como a análise das classificações propostas.

4.3.4.1 ANÁLISE INDIVIDUAL DOS DADOS

No **Estudo D** a análise dos eventos de perdas identificados foi realizada levando em consideração as causas das referidas perdas, assim como sua incidência e o tempo destinado as perdas identificadas. Ao longo do Estudo D, foi criada uma classificação com as causas das perdas por transporte. À medida que uma nova causa era identificada, a mesma era acrescentada a esta classificação de “causas das perdas” (coluna i da

²³ Prof. Carlos Formoso

Quadro 10). Esta classificação foi modificada ao longo do estudo e refinada após a finalização da coleta de dados. O Quadro 15 apresenta a classificação das principais causas identificadas baseado na natureza da cada evento de perda.

Quadro 15: Classificação das causas das perdas por transporte

Causa	Definição
Acesso/mobilidade	Relaciona-se ao espaço/acesso que dificulta a mobilidade e o transporte.
Armazenamento	Refere-se a estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento. Ou a estoque armazenado de forma errada em lugares apropriados.
Equipamento	Relaciona-se a equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado ao transporte gerando a necessidade de adaptação de outro equipamento para o transporte. Ou equipamento apto para o uso, porém utilizado de forma errada.
Equipe	Refere-se ao número insuficiente de trabalhadores disponíveis que atenda às necessidades do transporte.
Embalagem do material	Refere-se às mas condições de embalagem ou empacotamento do material a ser transportado, dificultando o transporte do mesmo.
Informação	Refere-se a escassa, errada ou ausência de informação fornecida ao trabalhador, criando um evento de perda

Fonte: O autor

A partir dos dados coletados durante o Estudo D foi possível o cálculo de 7 indicadores, sendo estes. Por meio do diagrama de processo e mapofluxograma foi possível o cálculo do indicador (1) percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado. Os resultados obtidos a partir da amostragem de trabalho permitiram o cálculo dos indicadores (2) percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total; (3) percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total; e (4) percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total.

A análise dos dados referentes a incidência de perdas foi realizada a partir da identificação dos eventos de perdas com o uso da planilha com registro fotográfico e mapofluxograma. Após a finalização da coleta de dados, foram quantificados os eventos de perdas que correspondiam a cada categoria da classificação das causas definidas. Esta análise permitiu calcular os indicadores (5) principais causas das perdas por transporte e (7) locais com maior ocorrência de perdas por transporte.

Por fim, o estudo dos tempos destinados às perdas foi realizado a partir da coleta de todos os tempos de perdas coletados ao longo do estudo (coluna j do Quadro 14) da planilha com registros fotográficos. Foram agrupados os tempos por categoria da

classificação das causas das perdas por transporte, permitindo o cálculo do indicador (8D) tempo total consumido pelos eventos de perdas.

Já no **Estudo E** as perdas encontradas ao longo do estudo foram analisadas a partir da reunião de todas as informações geradas através das visitas ao canteiro e da participação das reuniões de planejamento. A discussão com a aluna de doutorado do NORIE, Lucila Sommer, permitiu realizar uma análise mais detalhada das perdas identificadas. Estas discussões conduziram ao refinamento da classificação das perdas segundo sua origem, a definição/refinamento das suas consequências/impactos e sua associação com outras perdas.

As categorias das causas das perdas foram as mesmas já identificadas e definidas no Estudo D. Porém, durante o Estudo E foi necessário a redefinição de algumas destas categorias com a finalidade de ajustar a definição ao processo estudado e a qualquer outro processo. O Quadro 15 apresentou esta classificação já refinada.

Da mesma forma que aconteceu no Estudo D, ao longo deste estudo, foi criada uma classificação com as consequências das perdas por transporte. À medida que uma nova consequência era identificada, a mesma era acrescentada a esta classificação de “consequência das perdas” (coluna i do Quadro 14). Esta classificação foi modificada ao longo do estudo e refinada após a finalização da coleta de dados. O Quadro 16 apresenta a classificação das principais consequências identificadas de cada evento de perda. Como cada evento de perda poderia gerar vários impactos, optou-se por limitar esta análise a três consequências como máximo, utilizando como referência a delimitação utilizada por Sommer (2010) em seu estudo.

Quadro 16: Classificação das consequências das perdas por transporte

Consequências	Definição
Danificação do material	Provoca a danificação ou deterioração do material durante o transporte.
Redução das condições de segurança	Produz uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte.
Criação de um novo transporte	Provoca um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior.
Criação de maior percurso	Gera um transporte com uma distância maior do que a planejada.
Problema ergonômico	Provoca um problema ergonômico durante execução da atividade de transporte.

Fonte: O autor

Por fim, a análise segundo sua associação com outras perdas foi delimitada para as perdas por *making-do*, retrabalho, trabalho inacabado e trabalho em progresso por se tratar as perdas já estudadas pela aluna de doutorado pesquisadora parceira deste estudo, durante suas visitas ao canteiro, e por se considerar que estas perdas desencadeiam consequências similares, como a redução das condições de segurança de trabalho, desperdício de materiais e aumento da participação de não-valor acrescentando atividades.

A partir dos dados coletados durante o Estudo E foi possível o cálculo de alguns dos indicadores já coletado no Estudo D, tais como: (1) percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado; (2) percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total; (3) percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total; (4) percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total; (5) principais causas das perdas por transporte, (6) principais consequências das perdas por transporte e (7) locais com maior ocorrência de perdas por transporte. O cálculo destes indicadores foi realizado do mesmo modo que no Estudo D, apresentado no item 4.3.2.3.

Neste estudo não foi possível o cálculo do indicador (8D) tempo total consumido pelos eventos de perdas. Devido às dificuldades encontradas na coleta de tempos das atividades, provocado pela falta de padronização dos processos. Dificultando, dessa maneira, o cálculo de um tempo médio padrão para cada atividade, e por tanto, não podendo diminuir o tempo do evento de perda. Desse modo, o indicador (8D) não será analisado na análise cruzada dos dados e não será inserido no método proposto.

Foram calculados dois novos indicadores, sendo estes: (8) pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte; e (9) outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte. Esses dois indicadores foram coletados neste estudo junto com a aluna de doutorado, por ela se encontrar coletando informações referentes aos pacotes de trabalho e a estarem coletando outras perdas. De maneira, que se considerou interessante estudar a possível relação das perdas por transportes com esses aspectos.

O cálculo do indicador (8) pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte, foi realizado a partir da observação direta realizada durante as

visitas, da partição das reuniões de PPC e da planilha com registro fotográfico. Dessa maneira, foram observados os pacotes de trabalho formais (concluídos e não concluídos) e os pacotes de trabalhos informais. Os pacotes de trabalhos informais são definidos como pacotes que não foram planejados nas reuniões de planejamento semanal, mas acabaram acontecendo durante a semana. Estes foram classificados segundo sua natureza (trabalho inacabado ou novo pacote), tal como foi sugerido por Fireman et al. (2013). A métrica utilizada para mensurar a incidência dos pacotes informais de trabalho foi realizando a porcentagem de pacotes informais em relação ao número total de pacotes de trabalho. Estes pacotes de trabalho foram categorizados em: (a) pacote formal de trabalho completo; (b) pacote formal de trabalho incompleto; e (c) pacote informal de trabalho. Dessa maneira, cada evento de perda por transporte identificado tentou-se relacionar com um dos pacotes de trabalho anteriormente apresentados, sendo estes o pacote formal de trabalho completo, pacote formal de trabalho incompleto ou pacote informal. Caso o evento de perda não estivesse relacionado com nenhum desses eventos, este foi associado com as atividades logística ou armazenamento, a depender da natureza do evento.

Por fim, o cálculo do indicador (9) outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte, foi realizado a partir da análise da planilha com registro fotográfico e da observação direta. Dessa maneira, durante a análise de cada evento de perda por transporte tentou-se relacionar com outras possíveis perdas que aconteciam no mesmo tempo, tais como *making-do*, *rework*, *unfinished work* e *working-in-progres*. Para depois calcular qual das anteriores perdas foi a mais vezes encontrada durante a identificação das perdas por transporte.

4.3.4.2 ANÁLISE CRUZADA DOS DADOS

Neste item é realizada a análise cruzada dos resultados obtidos nos Estudo D e E. A análise cruzada envolve a análise dos indicadores coletados a partir da utilização das quatro ferramentas apresentadas no item 4.2.1.6. São também apresentadas as classificações das principais causas e consequências das perdas por transporte, assim como a associação com as outras categorias de perdas.

4.3.5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Este item apresenta a etapa de avaliação do método proposto, visando aumentar a confiabilidade nos resultados da pesquisa. Para isto, precisa-se de um conjunto de cuidados e procedimentos rigorosos que minimizem o viés nos resultados obtidos e/ou nas soluções geradas (LACERDA *et al.*, 2013)

Conforme Tremblay, Hevner e Berndt (2010), a pesquisa posicionada *Design Science Research* não visa apenas o desenvolvimento do artefato em si, devendo ser expostas evidências de que o artefato, efetivamente, pode ser utilizado para resolver problemas reais. Além disso, a avaliação das implementações da DSR deve considerar a eficiência e a eficácia do artefato, seus impactos no ambiente e seus usuários (MARCH; SMITH, 1995). Para Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), uma pesquisa construtiva bem sucedida deve satisfazer os requisitos básicos das ciências aplicadas, que são relevância, simplicidade e facilidade de uso e para isso, deve-se avaliar se a solução realmente funciona. Nesta pesquisa a avaliação ocorreu a partir da análise cruzada dos estudos de caso realizados, além de entrevistas semi-estruturadas com os engenheiros e estagiários das Obras D e E.

Foram propostos os constructos **utilidade** e **facilidade de uso** para avaliar o método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.

Utilidade

O constructo utilidade está relacionado com as contribuições do método para a gestão da obra, dessa maneira as contribuições do método podem ser analisadas a partir percepção da necessidade tanto da identificação, como da mensuração as perdas por transporte nos fluxos físicos.

Referente às contribuições do método segundo a percepção da **necessidade da identificação das perdas por transporte nos fluxos físicos**, estas podem ser devido à compreensão das principais causas das perdas por transporte, das principais consequências das perdas por transporte ou da relação entre as perdas por transporte com outras perdas.

As contribuições do método para a percepção da **necessidade da mensuração das perdas por transporte nos fluxos físicos** podem ser analisadas a partir da necessidade

de mensurar as perdas segundo sua incidência ou o tempo consumido, a partir dos indicadores coletados no método.

Para avaliar a utilidade do método foi realizado um questionário com o uso da escala Likert, que foi aplicado em um engenheiro e um estagiário das obras nas quais foi implantado o método, Estudo D e E. O questionário é composto por afirmações com a utilização da escala Likert de 1 a 7 pontos. De acordo com Sampieri, Colado e Lucio (2006) a escala Likert consiste em um conjunto de itens apresentados em forma de afirmações ou juízos, perante a qual se mede a reação dos indivíduos. O questionário utilizado na pesquisa encontra-se no Apêndice F.

No questionário são apresentadas as definições de todas as causas e consequências das perdas por transporte identificadas no método, assim como, os indicadores coletados, conforme apresentado no Quadro 17.

Para avaliar o constructo utilidade de uso foi realizado um questionário, do mesmo modo e aplicado nos mesmos entrevistados como foi realizado para avaliar o constructo utilidade, apresentado no Apêndice F. Neste questionário foram realizadas afirmações aos entrevistados referentes ao entendimento, a utilização das ferramentas e à facilidade de implantação do método, e estes tinham que responder segundo o grau de concordância com estas afirmações, conforme apresentado no Quadro 18. Além dos resultados do questionário, foram consideradas para avaliação as conversas informais da pesquisadora com as equipes de gerencia das obras ao longo da implantação do método.

Facilidade de uso

Já o constructo facilidade de uso está relacionado com a aplicação do método, sendo avaliada segundo **facilidade do entendimento** (referente ao entendimento dos conceitos e ferramentas utilizados no método); **facilidade de implantação** (Referente à utilização das ferramentas do método na obra); e com a **aplicabilidade** em qualquer processo (referente à facilidade de utilização independente do processo estudado). O desdobramento do constructo facilidade de uso é apresentado no Quadro 18.

Para avaliar o constructo facilidade de uso foi realizado um questionário, do mesmo modo e aplicado nos mesmos entrevistados como foi realizado para avaliar o constructo utilidade, apresentado no Apêndice F. Neste questionário foram realizadas afirmações aos entrevistados referentes ao entendimento, a utilização das ferramentas e à facilidade

de implantação do método, e estes tinham que respondem segundo o grau de concordância com estas afirmações, conforme apresentado no Quadro 18. Além dos resultados do questionário, foram consideradas para avaliação as conversas informais da pesquisadora com as equipes de gerencia das obras ao longo da implantação do método.

Quadro 17: Constructos utilizados na avaliação do método segundo sua utilidade

Constructo	Critérios de Avaliação		Afirmações
Utilidade (Contribuições do método)	Percepção da necessidade da identificação das perdas por transporte nos fluxos físicos	Compreensão das principais causas e origens das perdas por transporte	Definição de todas as causas das perdas por transporte:
		Compreensão das principais consequências das perdas por transporte	Definição de todas as consequências das perdas por transporte
		Compreensão da relação entre as perdas por transporte com outras perdas	-Alguns dos eventos de perdas por transporte podem estar associados com outras perdas, tais como: perda por improvisação, perda por retrabalho, perda por trabalho inacabado ou perda por trabalho em progresso, em alguns momentos como causa e em outros como consequência.
	Percepção da necessidade da mensuração das perdas por transporte nos fluxos físicos	Percepção da necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando sua incidência	-Existe a necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando sua incidência. (1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado. (5) Principais causas das perdas por transporte. (6) Principais causas das perdas por transporte. (7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte.
		Percepção da necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando o tempo consumido pelas perdas	-Existe a necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando o tempo consumido pelas perdas. (2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total. (3) Percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total (4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total.

Fonte: O autor

Quadro 18: Constructos utilizados na avaliação do método segundo sua facilidade de uso

Constructo	Critérios de Avaliação		Afirmações
Facilidade de uso (aplicação do método)	Facilidade de entendimento	Referente ao entendimento dos conceitos e ferramentas utilizados no método	-Entendo todos os conceitos apresentados no método -O método utiliza ferramentas que já conhecia
	Facilidade de implantação	Referente à utilização das ferramentas do método na obra	-O método utiliza ferramentas de fácil aplicabilidade -Considero fácil a implantação do método proposto no canteiro de obra
	Aplicabilidade em qualquer processo	Referente à facilidade de utilização independente do processo estudado	-Considero fácil a aplicação do método proposto em qualquer processo construtivo

Fonte: O autor

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os principais resultados dos estudos conduzidos, durante a pesquisa. Primeiramente, abordam-se os estudos exploratórios (Estudos A, B e C), que foram acompanhados durante a realização dos trabalhos relacionados ao projeto SPTEC apresentado no item 4.2. Em seguida, apresentam-se análises individuais e cruzadas dos estudos de caso D e E, bem como a validação do método. Ao final deste capítulo é apresentado o método para a identificação as perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos, considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas.

5.1 ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

Neste item são apresentados de forma conjunta os resultados dos três estudos exploratórios.

DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS ESTUDADOS

As principais características dos processos de revestimento estudados nos Estudos A, B e C são apresentadas no Quadro 19.

Quadro 19: Descrição dos processos estudados no Estudos A, B e C

	Estudo A	Estudo B	Estudo C
Tipo de revestimento	Revestimento externo.	Revestimento interno.	Revestimento externo.
Forma de aplicação	Aplicação manual.	Projetada mecanicamente de forma contínua por via úmida.	Projetada mecanicamente de forma contínua por via úmida.
Tipo de argamassa	Argamassa industrializada em sacos de 50 Kg.	Argamassa industrializada armazenada a granel em silo.	Argamassa industrializada armazenada a granel em silo.
Equipe	Equipe da própria Empresa I: 18 pedreiros, 18 serventes, 3 operadores da central misturadora.	Mistura e projeção: 3 trabalhadores de uma empresa terceirizada. Sarrafeamento: 15 serventes da Empresa II.	Mistura e projeção: 3 trabalhadores de uma empresa terceirizada. Sarrafeamento: 6 serventes da Empresa III.

Fonte: O autor

No **Estudo A** para a realização das misturas da argamassa foram instaladas três argamassadeiras (Figura 17) na cobertura do edifício. aproveitando também esse espaço para armazenamento dos sacos de argamassa, o reservatório da água (Figura 18) e os depósitos secundários da água.

Figura 17: Argamassadeira, depósito de água junto à argamassadeiras e sacos de argamassa na cobertura (Fonte: O autor)



Figura 18: Reservatório de água situado na cobertura (Fonte: O autor)

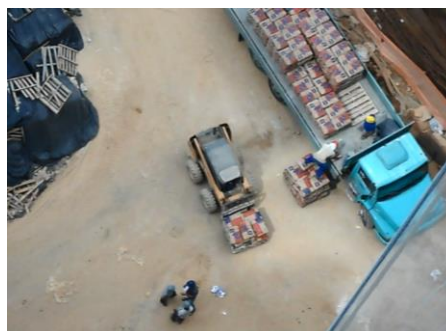


O transporte horizontal dos sacos até canteiro era realizado por um caminhão, o descarregamento dos sacos do caminhão era realizado de forma manual (Figura 19). Para o transporte horizontal desde o caminhão até a área final de estocagem no térreo era utilizada uma paleteira (Figura 20).

Figura 19: Descarregamento manual do caminhão (Fonte: O autor)



Figura 20: Transporte em paleteira até a área de estocagem no térreo (Fonte: O autor)



A área final de estocagem dos sacos térreo encontrava-se perto do elevador cremalheira (Figura 21). Para o transporte vertical dos sacos até a cobertura a empresa utilizava um elevador cremalheira (Figura 21) ou a grua guincho (Figura 22), a subida de material era

realizada com uma frequência diária segundo a necessidade da equipe de produção de argamassa, não existia um controle da quantidade de sacos subidos.

Figura 21: Armazenagem dos sacos perto do elevador cremalheira no térreo (Fonte: O autor)



Figura 22: Transporte vertical dos sacos por meio da grua (Fonte: O autor)



O transporte horizontal dos sacos desde os estoques na cobertura até a argamassadeira era realizado de forma manual. O transporte horizontal da água desde os reservatórios até os depósitos da água perto da argamassadeira era por meio de uma mangueira. O transporte horizontal da água desde os depósitos até a argamassadeira era realizado por meio de um balde não graduado (Figura 23). O transporte da argamassa pronta pela cobertura era realizado no carrinho de mão (Figura 24).

Figura 23: Transporte da água desde o depósito até argamassadeira por meio de balde (Fonte: O autor)



Figura 24: Descarregamento da argamassa pronta desde o carrinho de mão para o caixote de madeira (Fonte: O autor)



A argamassa pronta era estocada pronta num caixote de plástico (Figura 25). O transporte vertical desde a cobertura até o balancim era realizado por meio do funil (Figura 26)

Figura 25: Transporte da argamassa pronta desde o caixote até o funil (Fonte: O autor)



Figura 26: Transporte vertical da argamassa pronto por meio do funil (Fonte: O autor)



A área do canteiro do **Estudo B** era reduzida, perto da entrada ao canteiro se encontrava a argamassa industrializada armazenada no silo (Figura 27). A bomba de projeção e silo eram situados no térreo (Figura 28).

Figura 27: Entrada ao canteiro (Fonte: O autor)



Figura 28: Mistura da argamassa na boca do silo (Fonte: O autor)



A mistura da argamassa com a água era realizada na boca do silo a mistura final era realizada na argamassadeira mecânica situada abaixo da boca do silo (Figura 28). O silo era enchido via mangueira desde o caminhão (Figura 29).

Figura 29: Enchimento do silo via mangueira desde o caminhão (Fonte: O autor)



O transporte horizontal da argamassa pronta era realizado por meio de uma mangueira flexível e o transporte vertical por meio de uma mangueira rígida emendada na flexível (Figura 30) a mangueira rígida subia através de um furo realizado na laje perto do elevador (Figura 31).

Figura 30: Mangote (Fonte: O autor)



Figura 31: Subida da mangueira através do furo da laje (Fonte: O autor)



A projeção era realizada pelo operador do mangote, denominado neste trabalho como mangoteiro (Figura 32)

Figura 32: Projeção mecânica (Fonte: O autor)



No **Estudo C**, a mistura da argamassa com a água era realizada na boca do silo e a mistura final era realizada na argamassadeira mecânica situada abaixo da boca do silo (Figura 33). O transporte horizontal e vertical da argamassa pronta era realizado por meio de uma mangueira (Figura 34).

Figura 33: Silo e plataformas áreas (Fonte: O autor)



Figura 34: Argamassadeira situada abaixo da boca do silo (Fonte: O autor)

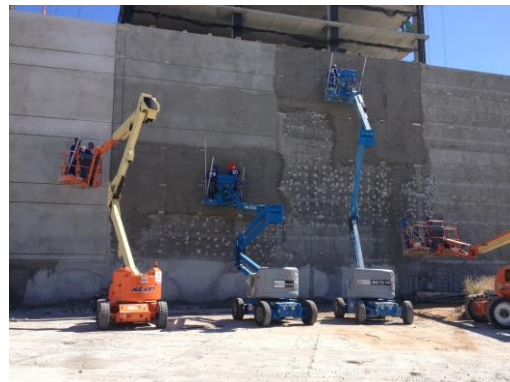


Para o transporte horizontal e vertical dos trabalhadores durante a execução do revestimento eram utilizadas 5 plataformas áreas, 1 grande para a realização da projeção e 4 pequenas para o sarrafeamento (Figura 35). Em cada plataforma área eram movimentados dois trabalhadores (Figura 36).

Figura 35: Mangueira utilizada para o transporte da argamassa pronta (Fonte: O autor)



Figura 36: Plataformas áreas pequenas realizando o sarrafeamento e plataforma grande realizando a projeção (Fonte: O autor)



5.1.1 RESULTADOS DOS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

A realização do Diagrama de Processo e Mapofluxograma nos três estudos exploratórios permitiu identificar a quantidade de atividades de processamento, inspeção, estoque e transporte dos processos estudados. Os diagramas de processos das três obras apresentaram uma grande quantidade de operações de fluxo em função do alto número de atividades de transportes identificadas. A Tabela 1 mostra os resultados dos diagramas de processo. Percebeu-se uma grande parcela de atividades de transporte, principalmente, no Estudo A, por tratar-se do processo menos industrializado em relação aos três casos estudados, com a utilização de argamassa ensacada e aplicação manual. Apesar dos processos das obras B e C serem mais industrializados, a parcela dedicada a atividades de transporte ainda é relativamente grande, em relação com a quantidade de atividades totais, como pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos diagramas de processo

TIPO DE OPERAÇÃO	Estudo A	Estudo B	Estudo C
	Nº de atividades	Nº de atividades	Nº de atividades
Processamento	3 (11,54%)	2 (18%)	2 (18%)
Transporte	11 (42,31%)	4 (36%)	4 (36%)
Estoque	7 (6,92%)	2 (18%)	2 (18%)
Inspeção	5 (19,23%)	3 (27%)	3 (27%)

Fonte: O autor

A elevada incidência de transportes identificada no Estudo A era decorrente do múltiplo manuseio dos sacos de argamassa e do uso inadequado dos equipamentos, por exemplo, a descarga dos sacos do caminhão era realizada de forma manual (Figura 19). Esse excessivo manuseio poderia ter sido reduzido através da utilização de uma palteira. Além disso, o transporte da argamassa pronta desde a argamassadeira até o funil era realizado por meio de um carrinho de mão, sendo que este transporte poderia ter sido otimizado por meio do uso de um mangote desde a boca da argamassadeira até o funil.

Referente aos Estudos B e C, apesar de ambos as obras utilizarem o mesmo sistema para a realização do revestimento e, por tanto, apresentar o mesmo número de atividades de cada tipo de operação, foram identificadas mais ocorrências de perdas no Estudo C. Um dos motivos desta maior incidência pode ter sido pelo fato da atividade estudada ser revestimento externo, o qual apresenta maiores dificuldades na realização das movimentações e transportes que na execução de revestimentos internos. Outro possível motivo pode ser relacionado à escolha da plataforma aérea para a realização das atividades de movimentação dos operadores durante as atividades de projeção e sarrafeamento (Figura 35). O uso desse equipamento apresentou dificuldades durante a movimentação devido ao mau estado do solo, que apresentava grandes buracos, conforme mostra a Figura 37. Essa dificuldade na movimentação poderia ter sido reduzida com o uso de equipamentos com menor interferência com o solo, por exemplo, balancim ou plataforma cremalheira.

Figura 37: Buraco no solo perto da área a revestir (Fonte: O autor)



5.1.2 CONSIDERAÇÕES DOS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

Os estudos exploratórios realizados nas obras A, B e C permitiram a presente autora deste trabalho entender o processo de revestimento com argamassa. Após a avaliação dos resultados destes estudos, foi possível observar que muitos dos problemas que ocorriam no processo de revestimento com argamassa estavam localizados ao longo dos fluxos físicos, devido à grande parcela de atividades de transporte e de estoque. Muitos destes problemas poderiam ser solucionados durante a fase de projeto (localização dos estoques e as rotas dos transportes). Outros poderiam ser resolvidos por meio da aquisição de equipamentos adequados para a realização de transportes e estoques. Por fim, outros problemas poderiam ser solucionados por meio da organização e limpeza do canteiro, principalmente das vias de acesso.

Assim, os resultados dos estudos exploratórios orientaram o foco deste trabalho visando entender as atividades de transporte realizadas em processos construtivos, assim como a identificar as causas originadoras de perdas.

5.2 ESTUDO D

Os resultados apresentados neste item são divididos em três partes: identificação dos fluxos físicos, identificação da distribuição dos tempos dos trabalhadores, identificação e quantificação das causas das perdas por transporte, bem como análise individual dos dados.

5.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

As principais características do processo de execução de revestimento com argamassa do Estudo D são apresentadas no Quadro 20.

Quadro 20: Principais características do processo do Estudo D

Estudo D	
Tipo de revestimento	Revestimento interno.
Forma de aplicação	Projetada mecanicamente de forma contínua
Tipo de argamassa	Argamassa industrializada em sacos de 25 Kg.
Equipe	Equipe terceirizada: 4 pedreiros, 1 operador do mangote, 2 serventes, 1 operadores da central misturadora.

Fonte: O autor

A elaboração do Diagrama de Processo (Figuras 38 e 39) e Mapofluxogramas (Figuras 40 e 41) permitiu o entendimento do processo estudado.

Figura 38: Diagrama de processo para revestimento (Fonte: O autor)

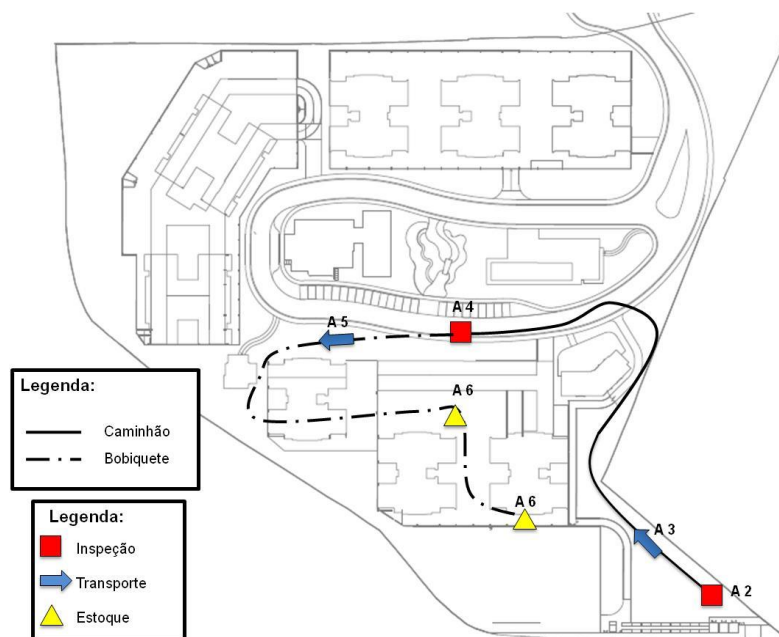
Diagrama de Processo Revestimento Interno - Argamassa			
Material ou componente	Num	Atividades do processo	Descrição
Argamassa industrializada sacos	A1		Chegada dos sacos de argamassa no caminhão e espera para estacionar próximo a G1
	A2		Conferência do material
	A3		Entrada do caminhão até próximo a garagem (G1)
	A4		Conferência do material
	A5		Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira
	A6		Estoque da argamassa na garagem
	A7		Transporte via macaco hidráulico até perto da cremalheira
	A8		Estoque perto da cremalheira
	A9		Transporte via macaco hidráulico até dentro da cremalheira
	A10		Transporte pela cremalheira até o local da aplicação
	A11		Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado
	A12		Armazenamento do material no pavimento de aplicação
	A13		Transporte manual até perto da argamassadeira
	A14		Transporte manual do estoque para o carrinho de mão
	A15		Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira
	A16		Transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira
	A17		Transporte manual do estoque para a jericá
	A18		Transporte via jericá até perto da argamassadeira
	A19		Transporte manual da jericá para o estoque perto da argamassadeira
	A20		Estoquedo lado da argamassadeira
	A21		Transporte manual até argamassadeira
	A22		Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira

Figura 39: Continuação Diagrama de processo para revestimento (Fonte: O autor)

Água	B1	▲		Armazenamento de água na cobertura
	B2	→		Transporte da água pela coluna (pelo elevador)
	B3	→		Transporte de água em mangueira da torneira até tonéis
	B4	▲		Estoque de água em toneis
	B5	→		Transporte de água em balde desde a toneis até argamassadeira
	B6	■		Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira
	C1	●		Mistura na argamassadeira
Argamassa pronta	D1	→		Transporte pelo mangote até a parede
	D2	●		Projeção na alvenaria
	D3	■		Inspeção
	D4	●		Sarrafeamento
	D5	■		Inspeção

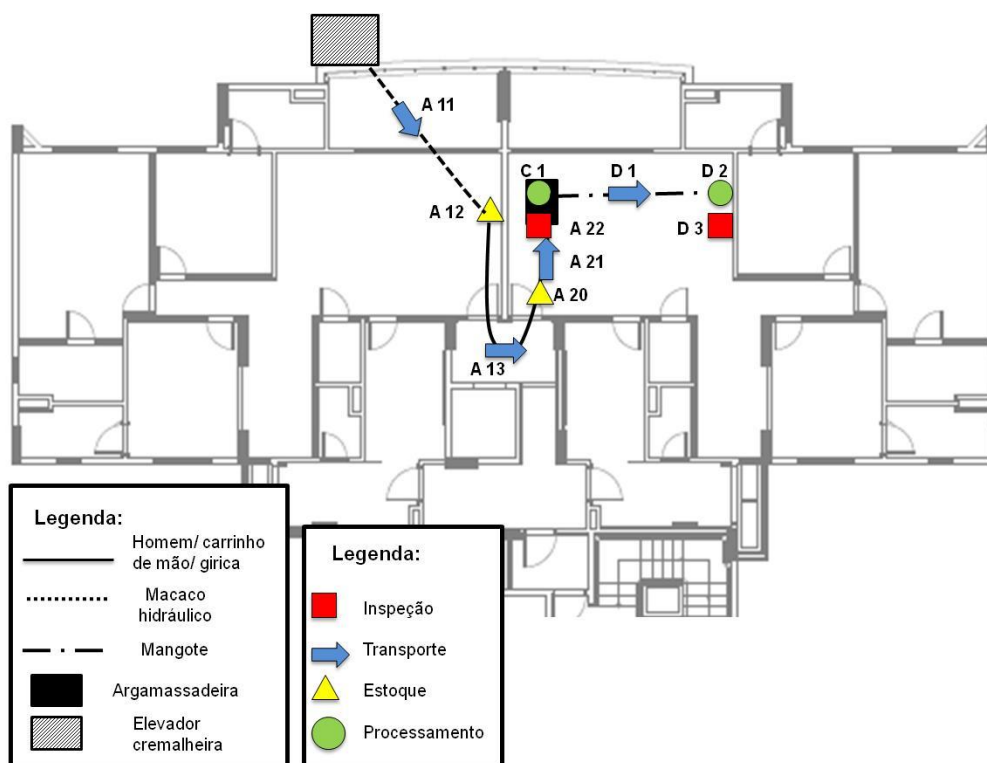
O mapofluxograma representado na Figura 40 apresenta as atividades realizadas no térreo do canteiro.

Figura 40: Mapofluxograma das atividades no térreo (Fonte: O autor)



A Figura 41 representa o mapofluxograma das atividades realizadas no pavimento, após o transporte vertical dos sacos no elevador cremalheira.

Figura 41: Mapofluxograma das atividades no pavimento (Fonte: O autor)



Desse modo, baseando-se no Diagrama de Processo (Figuras 38 e 39) e Mapofluxogramas (Figuras 40 e 41) é apresentada a sequência de execução das atividades no Estudo D.

Primeiramente, era realizada a chegada do caminhão ao canteiro com os sacos de argamassa de 25Kg em pallets (Atividade A1 do Diagrama de Processo e Figura 42), após a chegada do caminhão era realizado a conferencia do material pelo encarregado de logística do canteiro (Atividade A2 do Diagrama de Processo), seguidamente o caminhão transportava o material até uma área situada próxima da garagem (Atividade A3 do Diagrama de Processo e Figura 43), lugar onde era realizado a segunda conferencia do material pelo encarregado de logística da Torre estudada (Atividade A4 do Diagrama de Processo e Figura 44). Após a conferencia era realizado o transporte dos pallets até a garagem via carregadeira (Atividade A5 do Diagrama de Processo e Figura 45). Na garagem eram armazenados os pallets pela equipe de logística da torre (Atividade A6 do Diagrama de Processo e Figura 46) para posteriormente ser transportados via palleteira até perto do elevador cremalheira (Atividade A7 do Diagrama de Processo e Figura 47), local onde ficavam estocados ate a liberação da subida de material (Atividade A8 do Diagrama de Processo e Figura 48). Quando a

subida de material era liberada a equipe de logística da garagem transportava até dentro do elevador o pallet com o uso de uma palleteira (Atividade A9 do Diagrama de Processo e Figura 49). O transporte vertical dos pallets até o andar no qual era realizado o revestimento era realizado no elevador cremalheira (Atividade A10 do Diagrama de Processo e Figura 50). No andar o pallet era transportado com o uso da palleteira (Atividade A11 do Diagrama de Processo e Figura 51) desde o elevador cremalheira até a sala onde eram armazenados os sacos (Atividade A12 do Diagrama de Processo e Figura 52).

Figura 42: Chegada do caminhão e conferência do material na entrada do canteiro (Fonte: O autor)

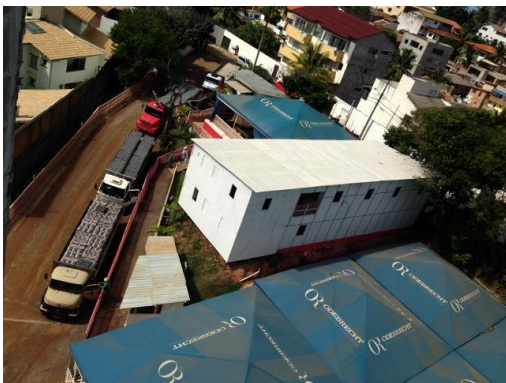


Figura 43: Transporte dos pallets até perto da garagem (Fonte: O autor)



Figura 44: Conferência da argamassa ensacada transportada em pallets (Fonte: O autor)



Figura 45: Transporte dos pallets via carregadeira (Fonte: O autor)



Figura 46: Estoque dos pallets na garagem
(Fonte: O autor)



Figura 47: Transporte via paleteira dos
pallets na garagem (Fonte: O autor)



Figura 48: Estoque perto do elevador
cremalheira até liberação da subida (Fonte:
O autor)



Figura 49: Transporte via paleteira até
dentro do elevador (Fonte: O autor)



Figura 50: Transporte vertical do pallet no
elevador cremalheira (Fonte: O autor)



Figura 51: Transporte via paleteira desde o
elevador até o estoque no andar (Fonte: O
autor)



Figura 52: Estoque dos pallets no andar (Fonte: O autor)



Já no andar o transporte dos sacos era realizado de forma individual, podendo ser este transporte manual (Atividade A13 do Diagrama de Processo e Figura 53), ou com o auxílio de um carrinho de mão ou de uma padiola. Caso o transporte no andar fosse realizado com o uso do carrinho de mão, eram realizados os seguintes transportes: transporte manual do saco desde o pallet até o carrinho de mão (Atividade A14 do Diagrama de Processo Figura 54), transporte via carrinho de mão pelo andar até perto da argamassadeira (Atividade A15 do Diagrama de Processo e Figura 55) e transporte desde o carrinho de mão para o estoque situado próximo a argamassadeira (Atividade A16 do Diagrama de Processo Figura 56). Caso o transporte fosse realizado com o uso de uma padiola, eram realizadas as mesmas atividades descritas anteriormente, para o uso do carrinho de mão (Atividades A17, 18 e 19 do Diagrama de Processo e Figuras 56, 57 e 58). Por fim, os sacos transportados pelo andar de forma individual eram estocados em pilas próximos a argamassadeira (Atividade A20 do Diagrama de Processo e Figura 59) para o posterior transporte até argamassadeira realizado pelo encarregado da produção de argamassa (Atividade A21 do Diagrama de Processo e Figura 60), até colocar a quantidade prevista do material na argamassadeira (Atividade A22 do Diagrama de Processo e Figura 61).

Figura 53: Transporte manual dos sacos
(Fonte: O autor)



Figura 54: Transporte manual dos sacos
desde o pallet para o carrinho de mão
(Fonte: O autor)



Figura 55: Transporte dos sacos em
carrinho de mão desde o estoque na sala até
a argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 56: Transporte manual dos sacos
desde o carrinho de mão até o estoque perto
da argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 57: Transporte manual dos sacos até
a padiola (Fonte: O autor)



Figura 58: transporte dos sacos em padiola
pelo andar (Fonte: O autor)



Figura 59: Estoque dos sacos em pilas junto a argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 60: Transporte manual da pila até argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 61: colocação da quantidade prevista na argamassadeira (Fonte: O autor)



Referente à água utilizada para a realização da mistura esta era armazenada na cobertura da torre (Atividade B1 do Diagrama de Processo e Figura 62), a qual descia por uma coluna de água pelo buraco do elevador (Atividade B2 do Diagrama de Processo e Figura 63) e continuava pelo andar onde era realizado revestimento por meio de uma mangueira (Atividade B3 do Diagrama de Processo e Figura 64) até uns toneis situado junto a argamassadeira (Atividade B4 do Diagrama de Processo e Figura 64). O transporte da água desde os toneis até a argamassadeira era realizado pelo pedreiro encarregado da produção de argamassa com o uso de um balde não graduado (Atividade B5 do Diagrama de Processo e Figura 65) até o a colocação da quantidade prevista na argamassadeira (Atividade B6 do Diagrama de Processo e Figura 66).

Figura 62: Armazenamento da água na cobertura (Fonte: O autor)



Figura 63: Coluna de água situado no buraco do elevador (Fonte: O autor)



Figura 64: Mangueira para transporte de água pelo andar (Fonte: O autor)



Figura 65: Estoque de água em toneis junto a argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 66: Transporte de água em balde desde os toneis até argamassadeira até a colocação da quantidade prevista (Fonte: O autor)



Uma vez colocado a quantidade de argamassa e água recomendada pelo fabricante era realizada a mistura na argamassadeira (Atividade C1 do Diagrama de Processo). Após a argamassa estar pronta esta era bombeada pelo mangote até a parede a ser revestida

(Atividade D1 do Diagrama de Processo e Figura 67) para seu posterior aplicação pelo mangoteiro (Atividade D2 do Diagrama de Processo e Figura 68). Assim que está era aplicada o mangoteiro realizava sua inspeção (Atividade D3 do Diagrama de Processo e Figura 69). Com a argamassa pronta aplicada sobre a parede os serventes realizavam as atividades de sarrafamento (Atividade D4 do Diagrama de Processo e Figura 70) e por último era realizadas as atividades de inspeção (Atividade D5 do Diagrama de Processo).

Figura 67: Mistura da argamassa na argamassadeira (Fonte: O autor)



Figura 68: Transporte da argamassa pelo mangote (Fonte: O autor)



Figura 69: Projeção da argamassa na alvenaria (Fonte: O autor)

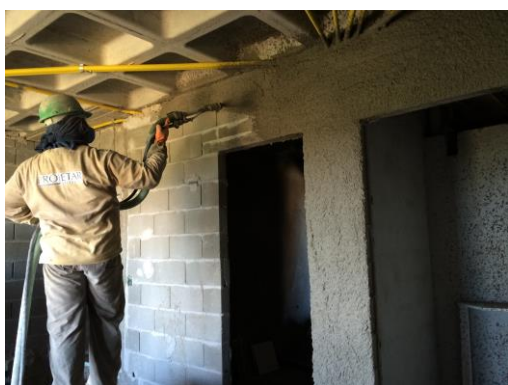


Figura 70: Sarrafamento da argamassa projetada (Fonte: O autor)



Com base no estudo do Diagrama de Processo e mapofluxograma, constatou-se que o número de atividades de transporte no processo de revestimento variava de 13 a 15 das 30 atividades totais que formavam o processo, conforme é apresentado na Tabela 2. Esta variação de 13 a 15 se devia a variação na realização das atividades A9 a A13 conforme mostrado no Diagrama de Processo.

Tabela 2: Resumo das atividades do diagrama de processo

Tipo de operação	Nº de atividades
Processamento	3 (14%).
Transporte	13-15 (46%)
Estoque	6 (20%)
Inspeção	6 (2%)

Fonte: O autor

De acordo com a Tabela 2, pode se verificar o grande número de atividades de fluxo. As atividades de transporte representam em torno de 46% do total, enquanto ao processamento evidencia-se em 14% das atividades. Os resultados do diagrama de processo mostram o elevado número de atividades de transporte realizadas no andar desde um estoque secundário para um terciário, atividades Diagrama de Processo que não agregam valor ao produto final.

Constatou-se, por meio das observações diretas que em muitas ocasiões o transporte dos sacos no andar era realizado de forma manual, devido à falta de um equipamento apropriado, qual seja: carrinho de mão ou jérica. Essa prática aumentava o número de transportes realizados pelo servente para transportar os sacos até próximo à argamassadeira.

Ainda referente ao transporte no andar, observou-se que a argamassadeira era movimentada pelo andar, devido à pequena largura do mangote de projeção que impossibilitava a projeção de áreas situadas no outro extremo do andar. A Figura 71 apresenta de forma esquemática o transporte da argamassadeira e dos sacos no andar, segundo a área que estava sendo revestida. Este transporte da argamassadeira no andar ainda aumentava a distância de transporte dos sacos desde o estoque perto do elevador cremalheira até o estoque perto da argamassadeira. Esta movimentação da argamassadeira poderia ser evitada através da aquisição de um mangote de maior comprimento.

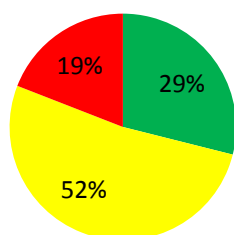
Figura 71: Representação do transporte da argamassadeira e sacos pelo andar (Fonte: O autor)



5.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES

A Figura 72 e Figura 73 apresentam os resultados das observações realizadas da amostragem de trabalho sobre a equipe envolvida de forma direta e indireta respectivamente.

Figura 72: Distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos diretamente (Fonte: O autor)

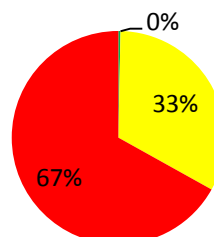


■ Tempo Produtivo

■ Tempo Auxiliar

■ Tempo Improdutivo

Figura 73: Distribuição dos tempos dos trabalhadores envolvidos indiretamente (Fonte: O autor)



Alisando-se primeiramente o resultado da equipe envolvida de forma direta na produção do revestimento interno (Figura 72), tem-se um resultado desequilibrado dos tempos produtivos, improdutos e auxiliares, em que 29% das observações a equipe se encontrava realizando atividades produtivas, 52% das observações a equipe encontrava-se realizando operações auxiliares e 19% das observações realizando atividades improdutivas. Analisando os resultados da equipe envolvida indiretamente (Figura 73)

verifica-se um pior desempenho. De maneira que, 33% das observações a equipe se encontrava realizando atividades auxiliares e 67% das observações atividades improdutivoas. Não foram observados tempos produtivos, pois foi considerado como atividade produtiva aquela que esteve relacionada com o processamento da argamassa. A grande parcela de tempos improdutivoas da equipe envolvida indiretamente decorre das atividades consideradas pela equipe de pesquisa como tempos improdutivoas, ou seja, todas aquelas atividades que não estavam relacionadas com o processo estudado, como por exemplo o transporte de qualquer outro material que não fosse sacos de argamassa.

A Tabela 3 apresenta os resultados da equipe direta, do pedreiro encarregado da produção da argamassa, dos demais pedreiros e dos serventes da equipe direta e da equipe indireta, assim como discrimina as atividades de transporte identificadas nas atividades auxiliares e improdutivoas.

Tabela 3: Resumo dos resultados da amostragem de trabalho

Amostragem do Trabalho		Equipe Direta				Equipe Indireta
		Pedreiro Produção da argamassa	Pedreiro	Servente	Equipe	
Tempos Produtivos		26%	44 %	12 %	29%	0%
Tempos Auxiliares	Transportes necessários	34%	1%	19%	16%	9%
	Transportes evitáveis	10%	7%	31%	15%	3%
	Outras atividades auxiliares	16%	21%	25%	21%	12%
Tempos Improdutivoas	Transportes desnecessários	1%	5%	2%	3%	1%
	Outras atividades improdutivoas	13%	22%	11%	16%	75%
Total de Tempos		100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: O autor

Analisando-se os resultados obtidos para a equipe direta observa-se que 29% dos tempos é destinado em atividades produtivas, auxiliares 52% atividades auxiliares e 19% a atividades improdutivoas. Os resultados individuais do pedreiro encarregado da produção da argamassa, pedreiros e serventes apontam um alto percentual de tempo gasto em atividades auxiliares representando, respectivamente, 60%, 29% e 75% das observações.

Especificamente, analisando-se todos os transportes, observa-se que o pedreiro de produção da argamassa, os pedreiros de execução do revestimento e os serventes utilizam, respectivamente, 45%, 13% e 52% dos seus tempos em transportes. Considerando que os transportes evitáveis e desnecessários provocam perdas de tempo, os mesmos representaram, 11%, 12% e 33%, respectivamente nas atividades do pedreiro de produção argamassa, dos pedreiros de revestimento e dos serventes.

Grande parcela das observações do pedreiro encarregado da produção de argamassa executando atividades auxiliares foi relativa às atividades transporte necessárias, 34%. Este alto percentual deve-se ao fato da principal atividade deste trabalhador ser produzir argamassa e, para isso, o mesmo precisava realizar de forma contínua o transporte de sacos desde um estoque situado perto da argamassadeira e da água em um balde desde o depósito até a argamassadeira, conforme mostra a Figura 74.

Figura 74: Pedreiro encarregado da produção de argamassa transportando balde com água
(Fonte: O autor)



A partir da identificação de todas as atividades de transporte encontradas no estudo apresentadas no Quadro 9, estas foram classificadas em transportes necessários, transportes evitáveis e transportes desnecessários segundo as definições apresentadas no item 4.3.2.2. Esta classificação das atividades é apresentado no Quadro 21.

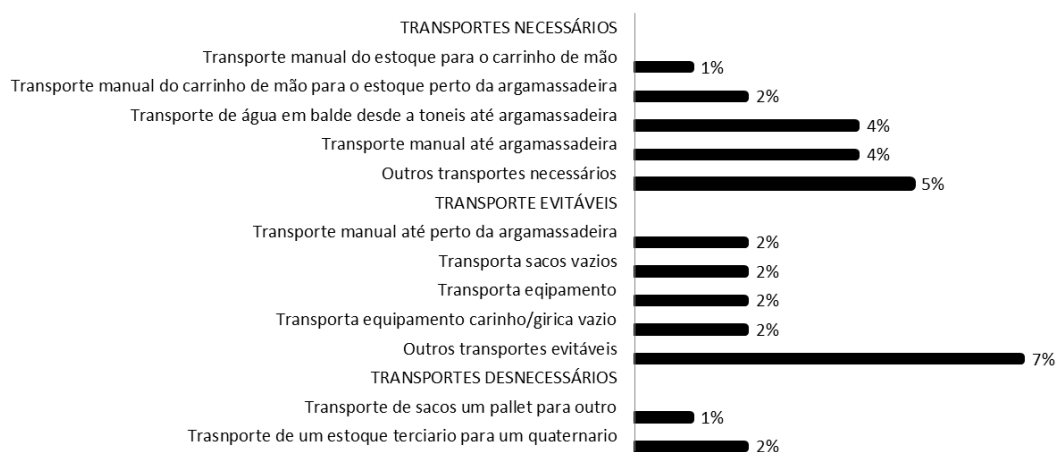
Quadro 21: Classificação dos transportes em Necessários, Evitáveis e Desnecessários

Transportes Necessários	Transportes evitáveis	Transportes Denecessários
Transporte do caminhão desde a entrada até o estacionamento interno	Transporte via macaco hidráulico até perto da cremalheira	Transporte de sacos um pallet para outro
Transporte do caminhão desde o estacionamento até próximo a garagem	Transporte via macaco hidráulico até dentro da cremalheira	Transporte de um estoque terciário para um quaternário
Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	Transporte via jérica até perto da argamassadeira	
Transporte manual da jérica para o estoque perto da argamassadeira	Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira	
Transporte pela cremalheira até o local da aplicação	Transporta entulho	
Transporte manual do estoque para a jérica	Transporte manual até perto da argamassadeira	
Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	Transporta sacos vazios	
Desloca para transportar material	Transporta equipamento	
Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	Transporta equipamento carinho/girica vazio	
Transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira		
Transporte de água em balde desde a toneis até argamassadeira		
Transporte manual até argamassadeira		

Fonte: O autor

A Figura 75 apresenta o percentual de tempo das principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias em relação ao tempo total da equipe direta identificadas no estudo.

Figura 75: Percentagem de tempos destinados às principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias em relação ao tempo total da equipe direta (Fonte: O autor)



O transporte de água em balde desde os toneis até a argamassadeira e o transporte manual até argamassadeira representaram cada um 4% dos tempos destinado em transportes necessários. O tempo destinado a outros transportes necessários, tais como:

transporte do caminhão no canteiro, transporte dos pallets em carregadeira ou transporte pela cremalheira, entre outros, representou um 5% do tempo total. O transporte manual até perto da argamassadeira, o transporte dos sacos vazios, o transporte do equipamento e o transporte do equipamento vazio representaram cada um deles 2% dos tempos destinados a transportes evitáveis. O transporte em equipamento com *pallets* pela garagem e até o elevador cremalheira, assim como o transporte via padiola no andar, entre outros transportes evitáveis representaram todos eles um 7% do tempo total. Por fim, o transporte de um estoque terciário para um quaternário representou 2% do tempo destinado a transporte desnecessários.

5.2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE

Durante o registro fotográfico das perdas de transporte, foram identificados 83 eventos de perdas por transporte, que foram agrupados segundo sua causa, conforme definido no método de pesquisa. Além disso, constatou-se que muitos eventos de perdas eram recorrentes, sendo mensurada a sua incidência, bem como foi considerado relevante o tempo gasto em cada evento de perda, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Eventos de perdas de transporte, sua incidência e tempo da perda

Causa	Evento de perda de transporte	Atividade de transporte relacionada ao evento	Nº de eventos	Tempo (h/min/s)
Acesso/Mobilidade	Presença de obstáculos (trabalhadores, lama, material mau estocado, equipamentos, outros estoques) no percurso do transporte.	Entrada do caminhão até próximo a garagem	2	35 01:23:00
		Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	14	
		Transporte via macaco hidráulico até dentro da cremalheira	2	
		Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	4	
		Transporte manual até perto da argamassadeira	4	
		Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	1	
		Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira	7	
		Transporte via jericá até perto da argamassadeira	1	
Armazenamento	Estoque de outros materiais no local destinado à argamassa	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	4	10 00:23:37
		Queda de sacos durante o transporte, devido ao	3	

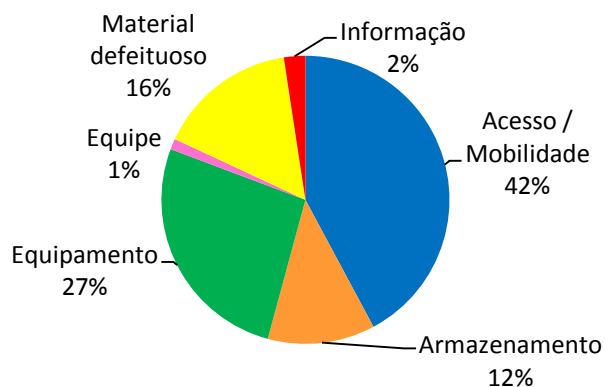
Causa	Evento de perda de transporte	Atividade de transporte relacionada ao evento	Nº de eventos		Tempo (h/min/s)
	armazenamento errado sobre o pallet	Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado no andar	2		
	Outros materiais armazenados sobre os sacos	Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	1		
Equipamento	Queda de sacos devido ao fato do pallets estar quebrado	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	2	22	04:38:23
	Falta de equipamento (carrinho de mão ou padiola) para realizar a atividade transporte	Transporte manual até perto da argamassadeira	2		
		Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	18		
		Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira			
	Transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira				
Equipe	O pedreiro realiza a atividade de transporte, devido à ausência do servente	Transporte manual até argamassadeira	1	1	00:03:00
Embalagem do material	Saco rasgado dificultava o transporte	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	3	13	00:15:31
		Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	1		
		Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	2		
		Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	7		
Informação	O motorista da carregadeira armazena o pallet em local errado	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	2	2	00:01:20
Total				83	06:52:06

Fonte: O autor

Referente ao tempo total destinado a eventos de perdas por transporte foi quantificado em 06h52min06seg, conforme apresenta a quinta coluna da Tabela 4, este valor é obtido a partir da soma de todos os tempos de perda de cada um dos 83 eventos identificados. No que se refere à quantificação das perdas por transporte, observa-se na Tabela 4 que dos 83 eventos de perdas por transporte identificados, 42% (35 eventos) aconteceram por motivos de acesso/mobilidade, 27% (22 eventos) por equipamento, 16% (13 eventos) por embalagem do material, 12% (10 eventos) por armazenamento, e os

demais 3% por outros motivos (informação e equipe), conforme apresentado na Figura 76.

Figura 76: Causa das perdas nas atividades de transporte (Fonte: O autor)



As Figuras 77, 78, 79 e 80 exemplificam quatro eventos de perdas por transporte com causa o acesso/mobilidade.

Figura 77: As mangueiras no chão dificultam o transporte da argamassa com o carrinho de mão (Fonte: O autor)



Figura 78: O pallet de sacos se encontra muito próximo a porta dificultando a entrada ao ambiente (Fonte: O autor)



Figura 79: Um banco situado na via de acesso dificulta o transporte da argamassa com o carrinho de mão (Fonte: O autor)

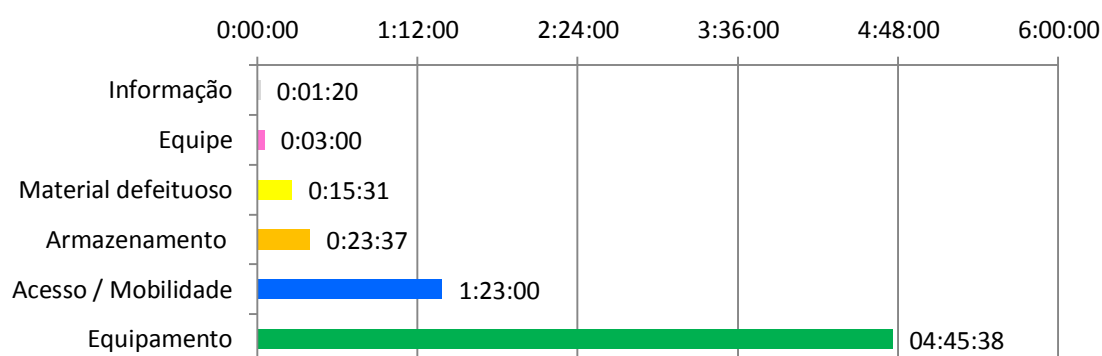


Figura 80: O acesso com lama faz com que a carregadeira demore mais tempo no transporte do pallet com sacos (Fonte: O autor)



De forma complementar, foram registrados os tempos de cada causa das perdas, conforme Figura 81. A perda por transporte devido a equipamento foi aquela que obteve maior perda em tempo. Por tanto, embora a perda por acesso/mobilidade tenha tido maior incidência de observação (42%, 35 vezes), a perda por equipamento ocasiona maior perda de tempo quando é identificada (04:45:38). Dessa maneira, a soma de todos os tempos perdidos em atividades de transporte correspondeu ao tempo de perda de 06:52:02 horas trabalhadas, enquanto o tempo total para revestir os três pavimentos foi de 77 horas trabalhadas.

Figura 81: Duração dos tempos de cada tipo de perda correspondente a 3 pavimentos estudados (Fonte: O autor)



Foram também identificados os locais com maior incidência de perdas a partir da análise da coluna “atividade de transporte relacionado ao evento de perda” da Tabela 4. Todos os transportes identificados foram agrupados segundo o local onde a atividade

era desenvolvida. De maneira que, foram quantificados quatro locais com eventos de perdas por transporte, sendo estes: no térreo; verticais no elevador cremalheira; no andar realizados pelos serventes; e perto da argamassadeira para a produção da mistura.

O transporte no andar representou 63% das perdas por transportes, totalizando 52 eventos dos 83 identificados, o transporte no térreo representou 35% (29 eventos) e o transporte vertical 2% (2 eventos), conforme Figura 82. Não foram identificados eventos de perdas de transporte na produção de argamassa.

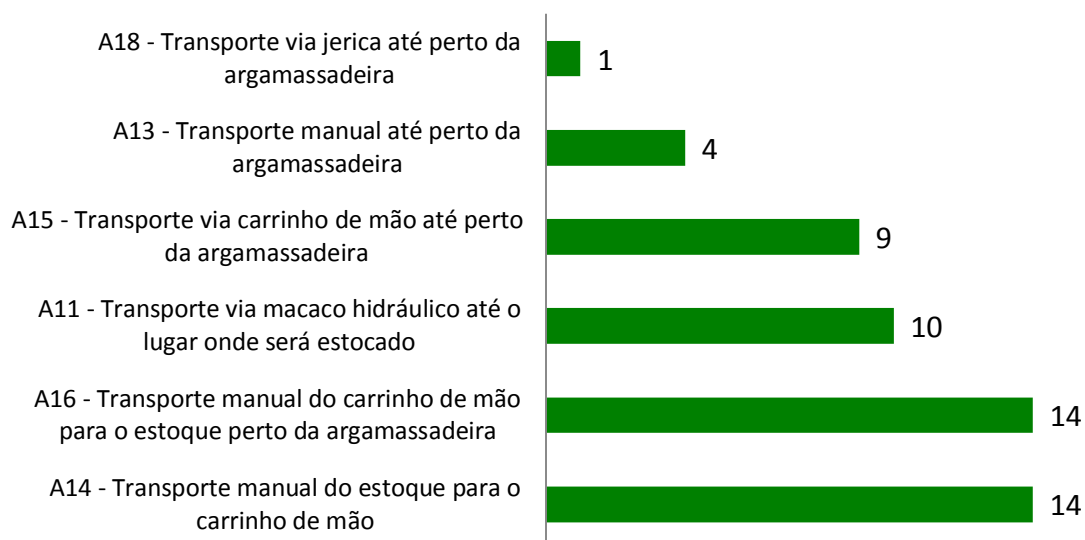
Figura 82: Distribuição dos eventos de perda segundo o local onde foram identificadas (Fonte: O autor)



Dentre as atividades de transporte no andar que apresentaram maior incidência de perdas, destacaram-se o transporte manual do estoque para o carrinho de mão (14 eventos) e o transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira (14 eventos).

Assim, buscou-se então identificar as atividades de transporte no andar que apresentaram maior incidência de perdas, conforme a Figura 83. Entre estas atividades destacam-se o transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira e o transporte manual do estoque para o carrinho de mão movimentação realizada no carrinho de mão.

Figura 83: Número de eventos de perdas por transporte nas atividades de transporte no andar
(Fonte: O autor)



5.2.4 CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO D

Este Estudo D foi fundamental para o entendimento das causas das perdas por transportes no contexto de uma obra. Neste sentido, este estudo foi direcionado para a construção de um método para a identificação e quantificação das causas das perdas por transportes nos fluxos físicos.

Durante os seminários realizados na obra foi percebido interesse por parte dos envolvidos na obra com os dados apresentados, devido ao desconhecimento da grande parcela de tempo que as atividades de transporte ocupavam no processo. Ao longo dos dois seminários, foram discutidos alguns dos eventos de perdas identificados, principalmente aqueles de maiores incidências, sendo compartilhadas possíveis oportunidades de melhorias. Também foi destacado pelos envolvidos na obra a facilidade de uso do método proposto, pois as ferramentas adotadas eram simples e de conhecimento de parte dos estagiários e engenheiros presentes nos seminários.

5.3 ESTUDO E

A seguir são apresentados os resultados das seis semanas do Estudo E realizado na empresa V na obra E.

5.3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

As principais características dos processos estudados na obra E e da tecnologia LSF são apresentadas no Quadro 22.

Quadro 22: Estudo E

Estudo E	
Processos Estudados	Instalação da estrutura metálica Instalação das placas de OSB Realização do telhado Realização da fachada
Tecnologia utilizada	<i>Ligth Steel Frame</i>
Equipe	Equipe terceirizada: 4 montadores da estrutura metálica 4 montadores das placas de OSB 4 montadores do telhado 4 montadores da fachada

Fonte: O autor

As casas são construídas em *steel frame* sobre fundação rasa tipo *radier*. A sequência de execução depois do curado do radier é: (1) montagem dos frames (

Figura 84); (2) instalação Oriented Strando Board (OSB) térreo e da membrana hidrófuga (Figura 86); (3) montagem dos frames superiores e instalação do OSB superior; (4) telhamento (Figura 86); (5) instalações elétricas e hidráulicas; (6) instalação de lã de vidro e do OSB interno; (7) concretagem das lajes; (8) instalação gesso acartonado e das juntas; (9) instalação das placas cimentícias nas esquadrias; (10) retirada da membrana hidrófuga; (11) aplicação de pintura isolante e instalação de telas nas juntas; (12) instalação das placas de isopor; (13) lixamento do isopor; (14) instalação das telas sobre o isopor e aplicação de cimento; (15) instalação das molduras; e (16) pintura da fachada (Figura 87).

Figura 84: Estrutura do térreo (Fonte: O autor)



Figura 85: Telhamento (Fonte: O autor)



Figura 86: OSB do térreo e OSB com a membrana hidrófuga (Fonte: O autor)



Figura 87: Realização da fachada (Fonte: O autor)



Este estudo abrangeu apenas quatro etapas. As Figuras 84, 85, 86 e 87 mostram os quatro processos, nos quais o estudo focou, sendo estes: (a) instalação da estrutura metálica; (2) instalação das placas de OSB; (3) realização do telhado; e (4) realização da fachada (aplicação de pintura isolante e instalação de telas nas juntas, instalação das placas de isopor, lixamento do isopor, instalação das telas sobre o isopor e aplicação de cimento, e pintura da fachada). Ou seja, não foram estudados os processos relativos a instalações elétricas, hidráulicas; de lã de vidro e do OSB interno; concretagem das lajes; instalação gesso acartonado e das juntas; instalação das placas cimentícias nas esquadrias e retirada da membrana hidrófuga.

Como no Estudo D neste estudo tentou-se utilizar as ferramentas Diagrama de Processo e Mapofluxograma para identificar a sequência das atividades e local onde estas eram realizadas. Porém, durante o mapeamento dos processos estudados com o uso do

Diagrama do Processo e Mapofluxograma, ficou clara a complexidade e os problemas de planejamento logístico no canteiro, principalmente quanto à estocagem e transporte.

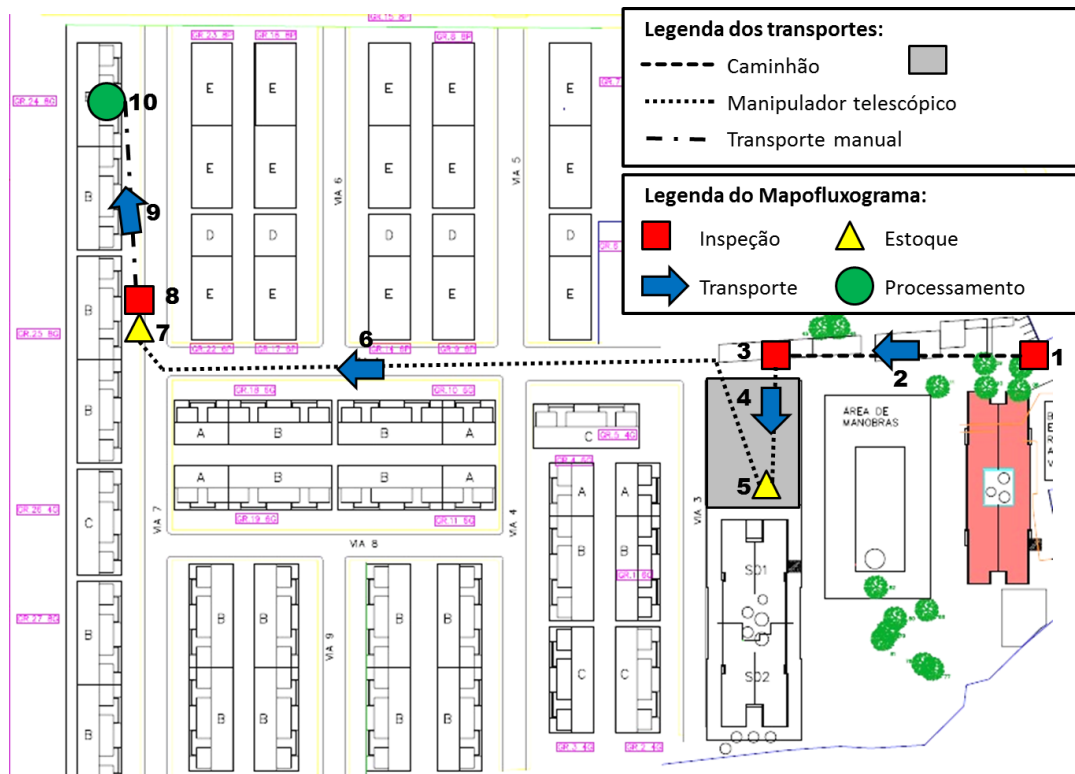
No entanto, buscou-se realizar um Mapofluxograma que mostrasse o local, da forma mais aproximada, onde as atividades eram realizadas no canteiro, porém, em função dos inúmeros estoques encontrados na área não foi possível realizar um único mapoxuflograma que refletisse a realidade do canteiro. Foi encontrado problema semelhante durante a realização dos Diagramas de Processos, devido à contínua mudança na sequência, na forma de execução e no local onde as atividades eram realizadas. Desta forma, devido a ausência de padronização mínima, o mapeamento ficou comprometido

Apesar das dificuldades, buscou-se elaborar um Diagrama de Processo para cada um dos processos estudados que se aproximasse da sequência de execução das atividades de cada processo naquele momento, a fim de estimar os tipos de atividades, visando conduzir a coleta dos dados de amostragem do trabalho. Os resultados dos quatro processos estudados apresentavam uma relação entre as atividades semelhantes, de maneira que apenas será apresentado o Diagrama de processo e Mapofluxograma para a instalação de OSB, conforme apresentam as Figura 88 e 89, levando em consideração um único estoque perto do radier e uma única sequência de execução.

Figura 88: Diagrama de Processo da instalação do OSB (Fonte: O autor)

Diagrama de Processo - LSF			
Material	Num	Atividade do Processo	Descrição
OSB	A1	■	Inspeção na entrada do canteiro
	A2	➡	Transporte horizontal no caminhão
	A3	■	Inspeção na entrada do armazém
	A4	➡	Transporte horizontal desde o caminhão até o estoque pelo manipulador telescópico
	A5	▲	Estoque no armazém
	A6	➡	Transporte horizontal pelo manipulador telescópico
	A7	▲	Estoque perto do radier
	A8	■	Inspeção e selação do material para uso
	A9	➡	Transporte horizontal manual Horizontal Transport by telescopic handler
	A10	●	Instalação do OSB

Figura 89: Mapofluxograma da instalação do OSB (Fonte: O autor)



Desse modo, baseando-se no Diagrama de Processo (Figura 88) e Mapofluxograma (Figura 89) é apresentada a sequência de execução das atividades no Estudo E para o processo de instalação do OSB.

O OSB chegava ao canteiro em caminhão, após a inspeção do material na entrada do canteiro (Atividade A1 do Diagrama de Processo) este transportava o material até a entrada do armazém (Atividade A2 do Diagrama de Processo e Figura 90). Na entrada ao armazém era realizada uma segunda inspeção pelo encarregado da área de estocagem (Atividade A3 do Diagrama de Processo e Figura 91). O material era descarregado do caminhão pela ajuda de um manipulador telescópico (Atividade A4 do Diagrama de Processo e Figura 92), o qual estocava o material no armazém (Atividade A5 do Diagrama de Processo e Figura 93) O transporte desde o estoque o armazém até perto do radier, que iria utilizar o OSB era realizado pelo manipulador telescópico (Atividade A6 do Diagrama de Processo e Figura 94). O OSB ficava estocado em pilas perto do radier (Atividade A7 do Diagrama de Processo Figura 95). Um montador escolhia o material adequado para a instalação que ia ser realizada (Atividade A8 do Diagrama de Processo) e transportava o OSB desde a pila até o local de sua aplicação de forma manual (Atividade A9 do Diagrama de Processo e Figura 96). Já no local de aplicação os montadores realizavam a instalação do OSB (Atividade A10 do Diagrama de Processo e Figura 97).

Figura 90: Entrada do caminhão ao canteiro
(Fonte: O autor)



Figura 91: Inspeção na entrada do armazém
(Fonte: O autor)



Figura 92: Descarregamento do caminhão pelo manipulador telescópico (Fonte: O autor)



Figura 93: Estoque do OSB no armazém (Fonte: O autor)



Figura 94: Transporte até o radier pelo manipulador telescópico (Fonte: O autor)



Figura 95: Estoque do OSB perto do radier (Fonte: O autor)



Figura 96: Transporte vertical pelo montador (Fonte: O autor)



Figura 97: Instalação do OSB no destino final (Fonte: O autor)



Entretanto, este Diagrama de Processo e Mapofluxograma não são representativos, pois a sequência de execução das atividades e o local onde eram realizadas as atividades variou no decorrer do estudo.

A Figura 98 ilustra uma área do canteiro com oito estoques de OSB e a realização do transporte de forma manual pelos colaboradores.

Figura 98: Oito estoques de OSB no canteiro perto do radier no qual será instalado o OSB
(Fonte: O autor)



As Figura 99 e 100 exemplificam as mudanças encontradas referentes ao local onde as atividades eram realizadas. Na Figura 99 a realização das atividades de corte do OSB era realizada no exterior das estruturas da casa. No entanto, a Figura 100 mostra a realização dos cortes no interior da estrutura da casa.

Figura 99: Realização dos cortes do OSB no exterior da casa (Fonte: O autor)



Figura 100: Realização dos cortes do OSB no interior da casa (Fonte: O autor)



Problema semelhante foi encontrado durante a realização do diagrama de processo, devido à contínua mudança na sequência da execução das atividades. A Figura 101 e Figura 102 mostram um exemplo desta mudança na execução das atividades. Inicialmente, a instalação dos *frames* de toda a casa era realizada sem a instalação da membrana hidrófuga (Figura 101). Em uma outra oportunidade, observou-se que a

membrana hidrófuga aparece instalada no andar térreo antes da finalização da montagem dos *frames* superiores .

Figura 101: Instalação dos frames do primeiro andar sem a instalação da membrana hidrófuga no térreo (Fonte: O autor)



Figura 102: Instalação dos frames do primeiro andar após instalação da membrana hidrófuga no térreo (Fonte: O autor)



A Figura 103 e Figura 104 mostram a realização de uma mesma atividade sendo executada de diferente forma e por um número diferente de colaboradores. Na Figura 103 o transporte do *frame* é realizado por apenas dois montadores com a ajuda de uma corda para o transporte, já na Figura 104, observam-se seis montadores realizando o referido transporte.

Figura 103: Transporte vertical de um *frame* ajudado por cordas realizado por dois montadores (Fonte: O autor)



Figura 104: Transporte vertical de um *frame* realizado de forma manual por seis montadores (Fonte: O autor)



Todas estas mudanças apresentadas referentes à localização, forma, número de pessoas e sequência na realização das atividades dificultou o uso das ferramentas Diagrama de Processo e Mapofluxograma no Estudo E, pois, estas ferramentas não conseguem representar o dinamismo da obra e a falta de padrão na execução das atividades.

A partir do Diagrama de Processo realizado para o processo de instalação do OSB, partiu-se para a elaboração dos diagramas de processos e mapofluxogramas dos outros processos estudados. Observaram-se problemas semelhantes aos anteriores mencionados, porém pode se identificar muitas semelhanças na sequência de execução das atividades, de maneira que o diagrama de processo de instalação do OSB (Figura 88) apresenta a mesma sequência que a instalação da estrutura, do telhamento e da execução da fachada. Dessa maneira a partir da Figura 88 foi elaborada a Tabela 5, visando agrupar cada tipo de operação.

Tabela 5: Resumo das atividades do diagrama de processo

Tipo de operação	Nº de atividades
Processamento	1 (10%).
Transporte	4 (40%)
Estoque	3 (30%)
Inspeção	2 (20%)

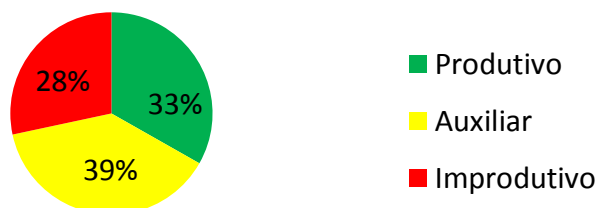
Fonte: O autor

Observa-se na Tabela 5 que 40% das operações efetuadas são de transporte, 30% de estoque, 20% de inspeção e apenas 10% das operações são de conversão, de um total de 10 atividades. Percebeu-se uma grande quantidade de operações de fluxo em função da existência de muitos estoques e transportes desnecessários, principalmente pela falta de planejamento dos estoques perto do radier, que correspondem à atividade A7 do Diagrama de Processo da Figura 88

5.3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES

A taxa de tempos produtivos, auxiliares e improdutivos obtida a partir da amostragem de trabalho pode ser vista na Figura 105.

Figura 105: Distribuição de tempos dos quatro processos estudados (Fonte: O autor)



Observa-se na Figura 105 uma distribuição equilibrada dos tempos, em 33% das observações os montadores encontravam-se realizando atividades produtivas, em 39% das observações encontravam-se realizando atividades auxiliares e 28% das observações atividades improdutivoas. As principais razões para a grande parcela de tempos auxiliares foram: operário transportando material (17% das observações), operário cortando material (7% das observações) operário realizando inspeções (5% das observações) e operário realizando medições com trena (4% das observações). Tabela 6 apresenta a análise individual de cada processo estudado.

Tabela 6: Resumo dos resultados da amostragem de trabalho

Tempo		Instalação da Estrutura	Instalação do OSB	Realização do telhado	Realização da fachada	Geral do LSF
Tempos Produtivos		24%	23%	37%	66%	33%
Tempos Auxiliares	Transportes Necessários	12%	12%	7%	3%	11%
	Transportes Evitáveis	17%	4%	4%	1%	6%
	Outras atividades auxiliares	23%	25%	11%	13%	22%
Tempos Improdutivoas	Transportes Desnecessários	0%	14%	0%	0%	5%
	Outras atividades improdutivoas	24%	22%	41%	17%	23%
Total de Tempos		100%	100%	100%	100%	100%

(Fonte: O autor)

A Tabela 6 apresentada os resultados da amostragem do trabalho. Do ponto de vista dos tempos produtivos, observa-se que a execução da fachada apresenta maior tempo produtivo (66% das observações), seguido da realização do telhado (37%), instalação da estrutura (24%) e instalação de OSB (23%). Um dos possíveis motivos da instalação da estrutura e de OSB apresentar tempos produtivos tão reduzidos foi devido a grande

quantidade de estoques intermediários encontrados no canteiro relativo a estes materiais, o que provocava a realização de mais atividades de transporte.

Analisando todos os tempos de transporte, a amostragem do trabalho revelou que o processo de instalação de OSB foi aquele que mais tempo destinou à realização de atividades de transporte (30% das observações), seguida de instalação da estrutura (29%), realização do telhado (11%) e realização da fachada (4%). Considerando como perdas de tempos os transportes evitáveis e desnecessários, tem-se 17% perda de tempo para instalação de estrutura, 18% perda de tempo para instalação de OSB, 4% perda de tempo para realização de telhado e 1% para realização de fachada.

Do mesmo modo que no Estudo D, todas as atividades de transportes identificadas no Estudo E, apresentadas no Quadro 13, foram classificadas em transportes necessários, evitáveis e desnecessários. O Quadro 23 apresenta esta classificação.

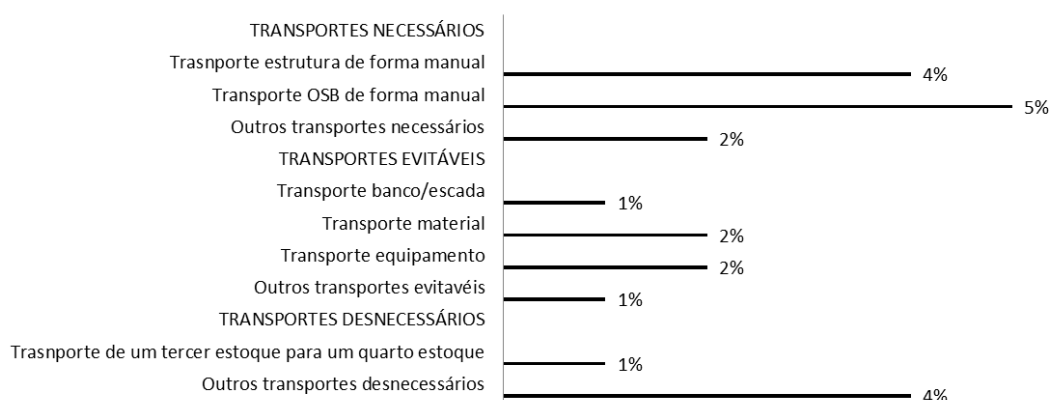
Quadro 23: Classificação dos transportes em Necessários, Evitáveis e Desnecessários

Transportes Necessários	Transportes Evitáveis	Transportes Desnecessários
Transporte estrutura de forma manual	Transporte material de um estoque secundário para um terciário	Transporte de um estoque terciário para um quaternário
Transporte OSB de forma manual	Transporte banco/escada	
Transporta telhas	Transporte equipamento	
Transporta tubulações	Transporta equipamento/andaime	
Transporta lã	Transporta equipamento vazio	
Transporta tela		
Transporta foam		
Transporta cimento/pintura		
Transporta gesso		
Desloca para transportar material		

Fonte: O autor

A Figura 106 apresenta o percentual de tempo das principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias em relação ao tempo total identificadas no estudo.

Figura 106: Percentagem de tempos destinados nas principais atividades de transporte necessárias, evitáveis e desnecessárias (Fonte: O autor)



Observa-se que os transportes mais frequentes são os correspondentes as atividades - Transporte manual de OSB (5% das observações) e da estrutura (4% das observações), sendo estas atividades estritamente necessárias. Dentre os transportes evitáveis destaca-se o transporte de equipamento (2% das observações) e transporte de material de estoque secundario para um terciario (2% das observações). O transporte de um estoque terciario para um estoque quaternario foi observado 1% das vezes, representa o único transporte desnecessario identificado.

5.3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE E ASSOCIAÇÃO COM OUTRAS PERDAS

Durante a identificação dos eventos de perdas por transporte, foram contabilizados 23 eventos de perdas por transporte ao longo do estudo. Este número de eventos coletados foi menor em relação ao primeiro estudo, devido a menor duração do mesmo, mas principalmente pela recorrência sistemática e diária de algumas perdas, que não eram resolvidas pela obra. Neste sentido, optou-se em focar a coleta em novos eventos de perdas. Neste estudo não foi possível mensurar o tempo destinado a perda, também devido a recorrência dos eventos de perda, o que dificultava a determinação do começo da perda para a coleta do tempo.

Como no Estudo D, a Tabela 6 apresenta os eventos de perdas por transporte agrupados segundo sua causa, assim como também é apresentado a atividade na qual foi identificado o evento de perda, sua incidência, as possíveis consequências e associação com outras perdas. Dos eventos identificados, 8 foram causados por falta de

acesso/mobilidade, 9 foram decorrentes de problemas de armazenamento, 5 devido a equipamento e 1 evento devido à equipe. Neste estudo, nenhum dos eventos de perdas foi associado a embalagens dos materiais ou informação.

Como já mencionado, durante identificação das consequências e associação com outras perdas, observou-se que cada evento de perda poderia estar relacionado com uma, duas ou três consequências simultaneamente, não significando que todos os eventos foram relacionados com três consequências, como mostra o número de incidência ocorrida em cada consequência e associação com outras perdas nas colunas 5 e 6 do Quadro 8.

Tabela 7: Eventos de perdas de transporte, sua incidência, consequências e associação com outras perdas

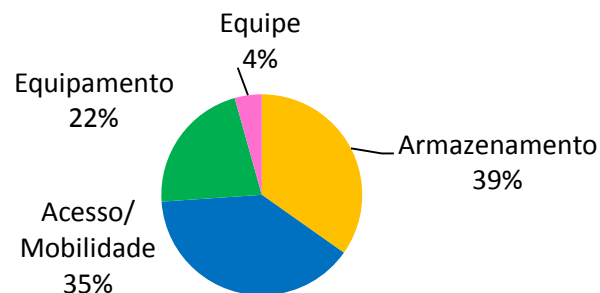
Causa	Evento de perda de transporte	Atividade de transporte com evento de perda	Nº de eventos	Consequência	Associação com outras perdas
Acesso /Mobilidade	Presença de obstáculos (materiais, entulho, buraco da infraestrutura) nas vias de acesso	Transporte horizontal manual da estrutura até o 2º pavimento	6	Necessidade de um novo transporte (4)	<i>Making-do</i> (4)
				Redução das condições de segurança (4)	Retrabalho (1)
				Danificação do material (1)	Trabalho inacabado (1)
		Transporte vertical manual da estrutura até o 2º pavimento	1	Problema ergonômico (1)	Trabalho inacabado (1)
				Necessidade de maior percurso (1)	
	Porta menor que o banco de trabalho	Transporte de banco para instalação OSB	1	Danificação do material (1)	<i>Making-do</i> (1)
Armazenamento	O Motorista da carregadeira tem que descer para retirar outros estoques de forma manual	Transporte em carregadeira até área de estocagem	5	Danificação do material (3)	<i>Making-do</i> (1)
				Redução das condições de segurança (1)	-
		Transporte em carregadeira até o radier	2	Redução das condições de segurança (2)	Trabalho em progresso (1)
				Necessidade de um novo transporte (2)	Retrabalho (1)
	Colaborador improvisa estoque	Descarregamento do OSB até a área de estocagem	2	Necessidade de um novo transporte (2)	<i>Making-do</i> (1)
				Necessidade de maior percurso (1)	-
Equipamento	Falta de uma carregadeira	Transporte manual da estrutura no térreo	2	Redução das condições de segurança (2)	-
				Problema ergonômico (2)	-
	Mangote hidráulico com dificuldade nas manobras	Transporte em carregadeira até área de estocagem	3	Danificação do material (1)	<i>Making-do</i> (1)
				Necessidade de um novo transporte (2)	-
Equipe	Falta de um dos colaboradores no andaime para ajudar no transporte	Transporte vertical manual da estrutura até o 2º pavimento	1	Redução das condições de segurança (1)	<i>Making-do</i> (1)

Fonte: O autor

A partir dos resultados obtidos com o uso da planilha registro fotográficos, foram analisadas as causas dos eventos das perdas por transporte. Dessa maneira, a Figura 107 indica que 39% (9 eventos) dos casos observados foram relacionados a causas de armazenamento, 35% (8 eventos) dos casos por motivos de acesso/mobilidade, 22% (5

eventos) por motivos do equipamento e 4% (1 evento) por falta de uma pessoa da equipe. Neste estudo, nenhum dos eventos de perdas foram associados a embalagens dos materiais ou informação.

Figura 107: Causa das perdas nas atividades de transporte (Fonte: O autor)



Dois exemplos de eventos de perda por transporte relacionado com o armazenamento são apresentados nas Figura 108 e 109. O armazenamento dos materiais no canteiro não era planejado, os estoques eram improvisados pelos montadores na hora da chegada do material e, muitas vezes, o material era estocado nas vias de acesso (Figura 108). Assim como o tamanho dos estoques de armazenamento também não era planejado, o tamanho das pilhas de materiais variava de um estoque a outro. Em outras ocasiões, os montadores criavam novos estoques para pegar os materiais que estavam embaixo da pilha (Figura 109)

Figura 108: Frames estocados nas vias de acesso (Fonte: O autor)



Figura 109: Criação de um novo estoque (Fonte: O autor)



Referente à perda de transporte por acesso/mobilidade a Figura 110 e Figura 111 mostram dois exemplo de perdas originadas por esta causa. A Figura 110 apresenta a dificuldade de um colaborador durante o transporte do frame devido à existência de um

buraco no terreno. Na Figura 111 observa-se um cabo atravessando a via de acesso a uma altura reduzida.

Figura 110: Colaborador transportando frame junto a um buraco no terreno (Fonte: O autor)



Figura 111: Cabo atravessando a via acesso (Fonte: O autor)



As figuras 112 e 113 apresentam um caso referente a perda de transporte devido a equipamento. O manipulador telescópico utilizado para a descarga dos materiais desde o caminhão até o armazém e desde o armazém até os estoques perto de radier era de um tamanho superior ao necessário. Quando necessário o uso do equipamento na área de armazém este não conseguia manobrar com facilidade devido ao seu tamanho, a baixa altura da cobertura do armazém (Figura 112) e ao reduzido espaço do armazém. Por tanto, para cada descarga de material do caminhão, o manipular telescópico devia sair da área de armazenagem para poder virar (Figura 113).

Figura 112: Equipamento impactando na cobertura do armazém para estocar o material (Fonte: O autor)



Figura 113: Manipulador telescópico esperando caminhão sair (Fonte: O autor)



A Figura 114 apresenta a perda relacionada com a equipe. Observa-se um colaborador esperando a chegada de um membro da equipe no andaime para poder realizar o transporte.

Figura 114: Colaborador esperando a um membro da equipe para a realização do transporte
(Fonte: O autor)



Dos 23 eventos de perdas identificados muitos deles eram encontrados de forma repetitiva, considerando estes casos recorrentes e próprios do Estudo E, pois todos os dias que tentou-se realizar a quantificação eram identificados os mesmos casos. Por esse motivo a quantificação das perdas por transporte apenas foi realizada durante duas semanas. Um exemplo de um caso repetitivo encontrado no canteiro e que originava perdas de transportes era devido à presença de valas realizadas durante as atividades de infraestrutura. Estas valas no terreno geravam perdas de transporte do tipo acesso/mobilidade, pois o acesso ficava comprometido dificultando a movimentação dos trabalhadores durante as atividades de transporte, conforme apresentam as Figuras 115 e 116.

Figura 115: Trabalhador se pendurando para evitar a escavação encontrada na área de trabalho (Fonte: O autor)

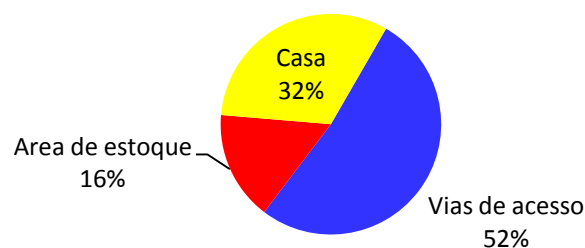


Figura 116: Trabalhador transportando placa de OSB sobre rampas improvisadas sobre as escavações (Fonte: O autor)



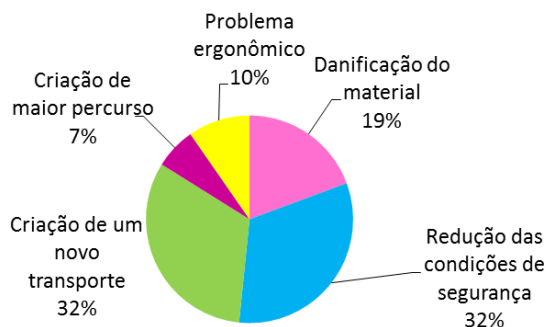
Os resultados referentes ao local com mais perdas identificadas são apresentado na Figura 117. A maior quantidade dos eventos de perdas por transporte, 52% dos eventos (13 eventos) foram encontrados na vias de acesso, 32% (8 eventos) foram identificados dentro da casa, durante a instalação de algum dos processos estudados, e 16% (4 eventos) foram identificados nas áreas de estoque, podendo ser estas na área de estocagem encontrada na entrada ao canteiro, ou nos estoque menores encontrados perto dos radiers.

Figura 117: Distribuição dos ventos de perda segundo o local onde foram identificadas (Fonte: O autor)



No que se refere às consequências das perdas por transporte, a Figura 118 indica que as principais consequência identificadas são a criação de um novo transporte e redução das condições de segurança, sendo ambas relacionadas com 32% dos eventos de perdas por transporte identificados; seguido pela danificação do material, relacionado, com 19% dos eventos de perdas; com problemas ergonômicos, relacionados com 10% dos eventos e a criação de um maior percurso, relacionado, com 7% dos eventos.

Figura 118: Principais consequências das perdas por transporte (Fonte: O autor)



O resultado da relação dos eventos de perdas identificadas com outras perdas, tais como *making-do*, retrabalho, trabalho inacabado e trabalho em progresso é apresentado na Figura 119.

Figura 119: Associação dos eventos de perdas por transporte com outras perdas (Fonte: O autor)



Observa-se que 39% dos eventos de perda por transporte estavam relacionados com as perdas por *making-do*. Entretanto, uma grande percentagem (35%) dos eventos de perda por transporte identificados acontece por outras razões diferentes, que não foram identificadas nestes estudo, sendo denominada de outras categorias de perdas. Dessa maneira, 13% dos eventos estavam relacionado com a categorias de perdas por retrabalho, 9% dos eventos estavam relacionados com trabalhos inacabados e apenas 4% dos eventos estavam relacionados com perdas ocasionados por trabalho em progresso.

A associação com as outras categorias de perdas revelou que alguns dos eventos de perdas por transporte foram identificados como causa, em outros casos, eles foram identificados como consequência, e também em alguns outros casos, foi possível observar que as outras categorias de perdas estudados poderiam ser tanto a causa e as

consequências. Isso significa que a relação com as outras perdas nem sempre é unidirecional, sendo muitas vezes cíclica.

Um exemplo desta relação cíclica é apresentado na Figura 120. A Figura 120 ilustra um evento de perda de transporte, na qual o motorista do manipulador telescópico teve que descer do equipamento para improvisar uma base para o estoque de OSB. De modo que a causa da perda é devido ao armazenamento, devido a este não estar preparado para receber o estoque. Outra causa deste evento de perda poderia estar associada com a perda por trabalho em progresso, devido a que o armazenamento não estava preparado para receber o equipamento devido a buraco do chão criado durante as atividades de infraestrutura. A consequência deste evento de perda é a redução da segurança, pois o trabalhador fica embaixo da carga para arrumar a base. A associação com outras perdas neste evento de perda como possível consequência pode ser realizada com a perda por *making-do*, devido ao motorista improvisar a base. Assim, também pode estar associada com a perda por retrabalho, pois este estoque deverá ser movimentado no futuro para outro local quando as atividades de infraestrutura continuem. De modo que, a Figura 120 exemplifica um evento de perda no qual a associação com as outras categorias de perdas foram identificadas com a causa e também as consequências.

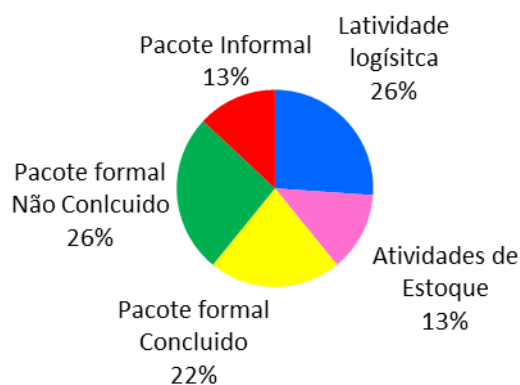
Figura 120: Motorista improvisa base para o estoque durante a atividade de transporte (Fonte: O autor)



Os resultados da associação dos eventos de perdas por transporte com os pacotes de trabalho são apresentados na Figura 121. Estes resultados mostram que 39% dos eventos de perdas transporte não foram relacionados a pacotes de trabalho, devido ao fato de que essas atividades de fluxo, tais como logística (26% do eventos) e inventário (13% dos eventos) não estão incluídos no plano de trabalho semanal como uma atribuição. Além disso, 13% dos eventos foram observados durante o desempenho de pacotes de

trabalho informais, e 48% dos eventos aconteceram durante a execução de um pacote de trabalho formal.

Figura 121: Associação dos eventos de perdas com pacotes de trabalho (Fonte: O autor)



5.3.4 CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO E

Durante a realização deste estudo observou-se que algumas ferramentas do método não podiam ser aplicadas, devido ao contexto da obra e não necessariamente devido ao sistema construtivo. Por exemplo, não foi possível o uso do diagrama de processo para descrever a sequência com que as atividades eram desenvolvidas, devido à contínua mudança na sequência e na forma de execução das atividades na Obra E.

Por outro lado, este Estudo E permitiu a validação e o refinamento das causas das perdas por transportes anteriormente identificadas no Estudo D, permitindo constatar que as causas das perdas por transporte em um processo industrializado, como é no caso da tecnologia LSF são as mesmas que em outros processos menos industrializados, como é no revestimento com argamassa. Proporcionou ainda avanços na construção do método com a identificação das consequências destas perdas e associação das mesmas com outras categorias de perdas como como *making-do*, trabalho inacabado, trabalho em progresso e retrabalho.

No seminário realizado na obra, da mesma forma que no Estudo D, foi percebido interesse por parte dos envolvidos na obra com os dados apresentados. Observou-se que os gerentes de projeto e engenheiros de campo estavam cientes de seus problemas logísticos; no entanto, eles foram surpreendidos com a elevada percentagem de tempo gasto em atividades de transporte, a grande quantidade de eventos de perdas por transporte identificados, e as suas causas e consequências. Para a equipe do projeto, o

seu grande problema logístico estava relacionado com o equipamento; no entanto, os resultados apontaram que a maior quantidade de perdas por transporte veio de causas de armazenamento e acesso / mobilidade, porque, apesar do canteiro ter equipamentos, este era difícil de utilizá-los, porque as rotas de acesso não eram adequadas.

5.4 ANÁLISE CRUZADA DOS DADOS E AVALIAÇÃO DO MÉTODO

Este item apresenta uma análise cruzada dos resultados obtidos nos Estudo D e E, bem como apresenta uma avaliação geral do método para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos.

5.4.1 FERRAMENTAS E INDICADORES

A partir do uso integrado das quatro ferramentas gerenciais já consolidadas na literatura, quais sejam diagrama do processo, mapofluxograma, amostragem do trabalho e registro fotográfico, foram calculados 9 principais indicadores que possibilitam uma análise quantitativas e qualitativas em relação atividades de transportes, as perdas de tempo destas atividades, bem como as principais causas e consequências dos eventos de perdas por transporte nos estudos realizados, conforme Tabela 8. Neste estudo, entendeu-se o tempo como medida essencial de análise, pois a principal consequência das perdas por transporte são as perdas de tempo, alinhado com o entendimento de Bolviken, Rooke e Koskela (2014), que na perspectiva do fluxo, a perda é entendida como perda de tempo.

Tabela 8: Indicadores coletados a partir das ferramentas utilizadas

Ferramenta utilizada	Indicador coletado	Estudo de Caso D	Estudo de Caso E
Diagrama de processo	(1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado	46%	40%
Amostragem de trabalho	(2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total	29%	33%
	(3) Percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total	34%	23%
	(4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total	18%	11%
Planilha com registro fotográfico	(5) Principais causas das perdas por transporte	Acesso (42%) Equipamento (16%)	Acesso (35%) Armazenamento (39%)
	(6) Principais consequências das perdas por transporte	-	Redução das condições de segurança (32%) Criação de novo transporte (32%)
Planilha com registro fotográfico e Mapofluxograma	(7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte	Andar (63%)	Vias de acesso (52%)
Planilha com registro fotográfico e participação nas reuniões de PPC	(8) Pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte	-	Logística (Atividades de transporte e estoque) (39%)
	(9) Outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte	-	<i>Making-do</i> (39%)

Fonte: O autor

A análise comparativa dos resultados entre os dois estudos deve ser realizado com cautela, levando em consideração as diferentes variáveis existentes, tais como os diferentes processos construtivos, tecnologias, configuração das equipes, forma de coleta, entre outras.

Pelo diagrama do processo, foi possível identificar em ambos os estudos um elevado percentual de atividades de transporte em relação às atividades de cada processo estudado, sendo 46% e 40%, respectivamente no estudo de caso 1 e 2. Pela amostragem do trabalho, os resultados apontaram que a equipe direta de revestimento utilizou 33% do seu tempo em atividades em transporte, enquanto que a equipe de Light Steel Frame destinou 23% do seu tempo a estas atividades. Adotando como perdas os tempos de

transportes evitáveis e desnecessários, observa-se uma perda de tempo em atividades de transporte de 18% e 11%, respectivamente em nos Estudos D e E.

A partir das intensas observações realizadas durante coleta de dados para a identificação dos fluxos físicos e durante realização da amostragem do trabalho foi possível definir três conceitos muito importantes para este trabalho, sendo estes: transporte necessário, transporte evitável e transporte desnecessário, conforme apresentado no item 4.3.2.2. A definição destes conceitos permitiu um melhor entendimento do tempo destinado nas atividades de transporte. Desse modo, foi considerado neste estudo como perda de tempo o tempo gasto em atividades de transporte evitáveis e desnecessárias, sendo estritamente necessário o tempo gasto em atividades de transporte necessárias.

Os resultados destes quatro indicadores quantitativos, quais sejam, (1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado, (2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total, (3) Percentagem do tempo de transporte da equipe direta em relação ao tempo total e (4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total, explicitam a elevada quantidade de atividades de transportes e elevado tempo destinado as mesmas, comprovando que as atividades de transporte e suas perdas são atividades relevantes, e que geraram impactos significativos nos fluxos físicos dos dois processos estudados, com impactos no sistema de produção como um todo. Como resultado, mostram a necessidade de promover melhorias para aumentar a eficiência do processo construtivo com reflexos no sistema de produção.

A Tabela 8 apresenta ainda os resultados dos indicadores qualitativos nos Estudos D e E, identificando que em ambos os estudos a principal causa das perdas foi o acesso, além de equipamento no Estudo D e o armazenamento no Estudo E. Dentre as principais consequências das perdas no Estudo E, foi observada a redução das condições de segurança e a criação de um novo transporte, além de uma forte associação com as perdas de *making-do*. Estas consequências devem ser observadas cuidadosamente, pois, principalmente, a redução da segurança afeta não apenas o processo estudado, mas o sistema de produção como um todo, podendo gerar perdas humanas.

Por outro lado, os três indicadores qualitativos, (5) principais causas das perdas por transporte, (6) principais consequências das perdas por transporte e (7) locais com maior ocorrência, contribuem para a gestão das perdas, na medida em indicaram de forma

clara, a existência de problemas no sistema de movimentação de materiais, apontando o local exato, a causa geradora da perda e as principais consequências.

Foi calculado no Estudo E um outro indicador, (8) Pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte, obtendo-se que as atividades de logística, atividades estas não consideradas como pacote de trabalho, pois não entram no planejamento semanal, foram as atividades com maior ocorrência de eventos de perdas por transporte.

Um último indicador foi calculado no Estudo E, (9) Outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte, obtendo-se que a categoria de perda por *making-do* foi a mais identificada durante a coleta dos eventos de perdas por transporte.

Neste sentido, observa-se que a combinação das ferramentas e técnicas adotadas contribuíram para a mensuração quantitativa e qualitativa das perdas por transporte, proporcionando benefícios do ponto de vista de entendimento sistêmico sobre as perdas por transporte, e que a adoção isolada destes indicadores e ferramentas não proporcionaria conseguiriam explicitar estas informações importantes para a gestão e melhoria dos processos estudados.

Ao longo do estudo, buscou-se coletar o indicador tempo perdido durante o evento de perda, que depende da identificação inicial do tempo regular ou ideal para realização da atividade de transporte, e a mensuração de tempos desnecessários utilizados para esta mesma tarefa, entendidos como perda. Apesar da realização da coleta no Estudo D, esta medição se mostrou bastante complexa e subjetiva, principalmente no Estudo E que apresentava continua mudança na forma de execução das atividades de transporte, seja no número de pessoas envolvidas, o equipamento utilizado e o trajeto percorrido. Neste sentido, este indicador depende de um sistema de produção estável e padronizado.

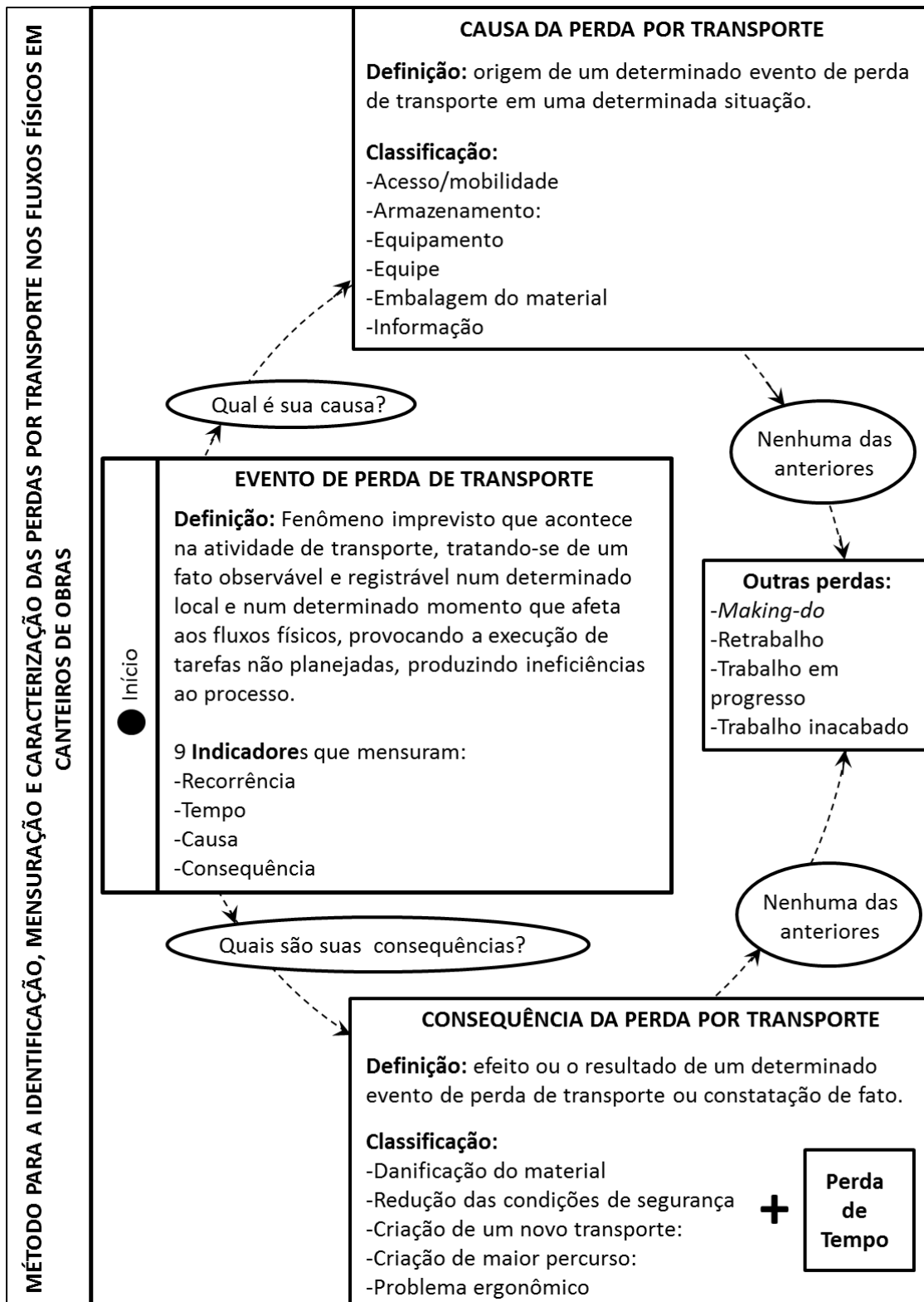
A partir das informações fornecidas pelo conjunto de indicadores propostos na Tabela 8 a gestão da obra tem informações necessárias para a realização de ações para melhoria efetiva dos fluxos físicos, no que se refere às atividades de transporte que, por sua vez, representam um percentual significativo entre as atividades do processo como um todo como pode ser observado pelos resultados dos indicadores.

5.4.2 CLASSIFICAÇÕES DAS PERDAS POR TRANSPORTE: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E ASSOCIAÇÃO COM OUTRAS PERDAS

Ao longo dos dois estudos realizados, a partir de intensa observação e coleta de dados em campo, bem como com o suporte do referencial teórico, foi possível refinar e tornar mais claros conceitos essenciais utilizados no presente estudo como “evento de perda de transporte”, “causas das perdas por transporte”, “consequências das perdas por transporte” e “associação com outras perdas”.

Na Figura 122 são apresentados os três grandes grupos desenvolvidos nos estudos: primeiramente são identificados os eventos de perdas por transporte que ocorrem nos fluxos físicos de processos construtivos, o segundo grupo identifica as causas das perdas por transporte e o último grupo faz referencia as consequências das perdas por transporte. Também, foi estudado, de uma forma menos aprofundada, a possível associação das perdas com outras categorias de perdas, tais como: *making-do*, retrabalho, trabalho em progresso e trabalho inacabado.

Figura 122: Conceitos definidos a partir do método proposto (Fonte: O autor)



Como apresentado no método de pesquisa, o **evento de perda de transporte** foi entendido como um fenômeno imprevisto que acontece na atividade de transporte, tratando-se de um fato observável e registrável num determinado local e num determinado momento que afeta aos fluxos físicos, provocando a execução de tarefas não planejadas, produzindo ineficiências ao processo. Este conceito está alinhado com o entendimento de Formoso et al. (1996) e de Bolviken, Rooke e Koskela (2014), que consideram que perdas ou ineficiências são decorrentes do uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores às necessárias à produção da edificação.

Em relação às **causas** das perdas por transporte, esta foi entendida como origem de um determinado evento de perda de transporte em uma determinada situação, como acesso/mobilidade, armazenamento, equipamento, equipe, embalagem do material e informação. Analisando a classificação proposta (Quadro 15 já apresentada), é possível associar a mesma com a classificação dos tipos de perdas por improvisação proposta por Sommer e Formoso (2010), que identificaram as seguintes causas: o acesso/mobilidade, ajuste de componentes, adequação da área de trabalho, armazenamento, equipe/ferramentas, instalações provisórias e proteção. Das sete categorias propostas pelos referidos autores, as categorias de acesso/mobilidade, armazenamento e equipe são também entendidas, neste estudo, como causas raiz de perdas por transporte.

A classificação proposta neste estudo também pode ser associada às causas das perdas de transporte em materiais na construção reportadas por Soibelman (1993), quais sejam: a falta de operários disponíveis para realizar o transporte, o transporte excessivo ou duplo manuseio, as más condições dos percursos, o uso de equipamentos inapropriados para o transporte, o layout impróprio, a forma de empacotamento, a falta de espaço para o transporte e a falta de preparação para o recebimento dos materiais.

O presente estudo entende que a perda de transporte por causa do **acesso/mobilidade** são todas as perdas relativas ao espaço que dificulta o transporte. Este tipo de perda agruparia as perdas por más condições dos percursos, falta de espaço para o transporte e layout impróprio identificadas por Soibelman (1993).

São percebidas como perdas de transporte por causa do **armazenamento** todas as perdas provocadas pelo estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento, ou estando em lugar apropriado, o estoque é realizado de forma errada.

Esta causa de perdas pode ser associada à falta de preparação para o recebimento dos materiais identificada por Soibelman (1993).

A causa das perdas por transporte entendida como **equipamento** envolvem as perdas acarretadas por equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado para o transporte, o qual gera a criação ou adaptação de outro equipamento. A perda também ocorre quando o equipamento mesmo apto para uso é utilizado de forma errada. As perdas causadas pelo uso de equipamentos inapropriados identificadas por Soibelman (1993) poder ser enquadradas neste tipo de causa.

Outra causa de perdas por transporte identificada neste estudo foi denominada de **equipe**, referindo-se a todas as perdas geradas pela falta de um membro da equipe imprescindível para a realização da atividade de transporte. Neste tipo de causa pode-se associar a falta de operários disponíveis para realizar do transporte identificada por Soibelman (1993).

A causa **embalagem do material** é relativa ao mau estado do material que é transportado o qual dificulta o transporte. A causa “forma de empacotamento” identificada por Soibelman (1993) pode ser associada a perda por "material defeituoso". Para o Soibelman (1993), a forma em que os materiais chegam, podendo estar rasgados, no caso de sacos, e uma importante causa de perda nas atividades de transporte.

Foi encontrada uma última causa geradora de perdas nas atividades de transporte, denominada de **informação**, referindo-se à falta de informação de um colaborador no momento de realizar um transporte. Esta falta de informação produzirá, na maioria das vezes, a realização de um transporte desnecessário ou de forma errada e, por tanto, este transporte precisará ser repetido no futuro. Esta ausência de informação foi apontada por Soibelman (1993) como o motivo do duplo manuseio dos materiais.

Por fim, **consequência** das perdas por transporte foi entendida como efeito ou o resultado de um determinado evento de perda de transporte ou constatação de fato, tais como danificação do material, redução das condições de segurança, criação de maior percurso, problema ergonômico e criação de um novo transporte. Algumas destas consequências identificadas no Estudo E apresentados no Quadro 16 coincidem com as consequências das perdas por improvisação apontadas por Koskela (2004), tais como: perda de material, retrabalho e redução da segurança. A consequência relacionada com a

criação de um novo transporte corrobora com Bolviken, Rooke e Koskela (2014) que apontam como possível consequência das perdas nos fluxos a criação de um transporte desnecessário.

A consequência das perdas por transporte denominada como **danificação do material** implica que esta perda provoca a deterioração do material durante o transporte e, portanto, esta poderia estar relacionado com a consequência de perda de material definida por Koskela (2004).

A consequência **redução das condições de segurança** implica que esta perda que produz uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte, alinhada com a consequência também definido por Koskela (2004) redução da segurança.

Outra consequência das perdas por transporte identificada foi a **criação de um novo material**, entendida como a perda que provoca um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior. Esta consequência é entendida por Koskela (2004) como retrabalho, e devido a este estudo focar nas atividades de transporte, o retrabalho seria sempre um novo transporte.

A consequência definida com **criação de um maior percurso** é definida com a perda que gera um transporte com uma distância maior do que a planejada. Esta consequência esta alinhada com o pensamento de Bolviken, Rooke e Koskela (2014) que apontam como uma das consequência a criação de um transporte desnecessário.

A última consequência identificada foi definida como **problema ergonômico**, esta consequência provoca um problema de ergonomia durante a execução da atividade transporte.

Em relação à **associação com outras categorias de perdas**, foi constado ao longo do Estudo E que algumas das perdas de transporte identificadas estavam associadas com outras perdas, tais como perdas por *making-do*, retrabalho, trabalho inacabado e trabalho em progresso, podendo estas perdas ser a causa ou a consequência. Entretanto, existe a necessidade de investigação mais aprofundada em relação a este tópico.

Vários foram os eventos de perda por transporte no qual um conjunto de pré-requisitos ou pré-condições não estavam presentes no começo da execução da atividade de transporte, de modo que de alguma maneira contribuíram para o surgimento da perda.

As causas dos eventos de perda podem estar relacionadas com a perda por *making-do*. Do mesmo modo, foram registrados vários eventos de perda cuja principal consequência era a criação de uma perda por *making-do*, devido a improvisação após a realização de um transporte. De maneira que, esta associação com outras categorias de perdas permite que sejam identificados as verdadeiras causas e consequências das perdas por transporte.

5.4.3 AVALIAÇÃO DO MÉTODO

Neste item são apresentados os resultados da avaliação do método proposto de acordo com os constructos definidos no item 4.3.4.

Utilidade

A partir da aplicação do questionário e das discussões durante os seminários de apresentação dos resultados nos Estudo D e E sobre as ferramentas, indicadores e conceitos utilizados com os engenheiros e estagiários das obras foi avaliado a utilidade do método proposto.

Durante a apresentação dos resultados nos seminários no Estudo D, a equipe de gestão e estagiários mostraram claro entendimento das definições de causas apresentadas. Foi discutido com eles cada uma das definições das causas das perdas por transporte, sendo identificado um alto grau de concordância com as definições propostas. Da mesma forma, foram discutidos os conceitos de causas e consequências durante a apresentação dos resultados no Estudo E. Nesta obra, os gerentes também mostraram claro entendimento dos conceitos definidos.

A partir dos resultados obtidos no questionário para avaliar a percepção da necessidade da **identificação** das perdas por transporte nos fluxos físicos verificou-se um alto nível de compreensão das principais causas das por transportes, de acordo com a Escala Likert de 1 a 7, Obteve-se com principais respostas, concordo plenamente (7), concordo moderadamente (6) ou ligeiramente na maioria dos casos, conforme apresenta a Tabela 9.

Tabela 9: Resultados do questionário referente as definições das causas das perdas por transporte

A seguir são apresentadas as definições das principais causas das perdas por transporte nos fluxos de processos construtivos propostas no método.	Grau de concordância				
	Engenheiro Estudo D	Estagiário Estudo D	Engenheiro Estudo E	Estagiário Estudo E	Media das avaliações
Entende-se por causa das perdas por transporte nomeada como acesso/mobilidade ao espaço/acesso que dificulta a mobilidade e o transporte.	7	7	6	6	6,5
A causa armazenamento refere-se ao estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento, ou a estoque armazenado de forma errada em lugares apropriados.	7	7	7	7	7
A causa equipamento relaciona-se a equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado ao transporte gerando a necessidade de adaptação de outro equipamento para o transporte, ou ainda a equipamento apto para o uso, porém utilizado de forma errada.	7	7	7	6	6,75
A causa equipe se refere ao número insuficiente de trabalhadores disponíveis que atenda às necessidades do transporte.	6	6	6	5	5,75
A causa embalagem do material se refere às mas condições de embalagem ou empacotamento do material a ser transportado, dificultando o transporte do mesmo.	7	7	6	5	6,25
A causa informação se refere a escassa, errada ou ausência de informação fornecida ao trabalhador, criando um evento de perda por transporte.	7	6	5	5	5,75

Conceitos e valores do grau de concordância: (7) concordo plenamente; (6) concordo moderadamente; (5) concordo ligeiramente; (4) não concordo, nem discordo; (3) discordo ligeiramente; (2) discordo moderadamente; (1) discordo totalmente.

Fonte: O autor

Apesar das consequências das perdas por transporte apenas ter sido identificadas no Estudo E, as suas definições foram apresentadas durante a aplicação do questionário no Engenheiro e Estágio do Estudo D. Os resultados do questionário apresentados na Tabela 10 permitem avaliar a compreensão das principais consequências das perdas por transporte.

Tabela 10: Resultados do questionário referente as definições das consequências das perdas por transporte

A seguir são apresentadas as definições das principais consequências das perdas por transportes nos fluxos de processos construtivos propostas no método.	Grau de concordância				
	Engenheiro Estudo D	Estagiário Estudo D	Engenheiro Estudo E	Estagiário Estudo E	Media das avaliações
Entende-se como consequência das perdas por transporte a danificação do material , refere-se à danificação ou deterioração do material durante o transporte.	7	6	7	7	6,75
A consequência nomeada como redução das condições de segurança refere-se a uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte.	7	7	6	5	6,25
A consequência nomeada como criação de um novo transporte esta relacionada com a criação de um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior.	7	7	7	7	7
A consequência nomeada como criação de maior percurso refere-se a geração de um transporte com uma distância maior do que a planejada.	7	7	7	6	6,75
A consequência nomeada como problema ergonômico , refere-se a geração de um problema ergonômico durante execução da atividade de transporte.	7	7	7	6	6,75

Conceitos e valores do grau de concordância: (7) concordo plenamente; (6) concordo moderadamente; (5) concordo ligeiramente; (4) não concordo, nem discordo; (3) discordo ligeiramente; (2) discordo moderadamente; (1) discordo totalmente.

Fonte: O autor

Observa-se na Tabela 10 um alto grau de concordância com a maioria das definições, concordando plenamente, moderadamente ou ligeiramente na maioria dos casos. A consequência definida como criação de um novo transporte, foi única definição em que todos os entrevistados concordavam plenamente com a definição.

Referente a compreensão dos entrevistados com a relação entre as perdas por transporte com outras perdas, 3 dos entrevistados responderam compreender essa relação plenamente e 1 deles concordou ligeiramente. Nesta afirmação surgiram dúvidas por parte de dois entrevistados referentes as outras perdas, vários deles não conheciam as perdas por *making-do* e trabalho em progresso.

Os resultados referentes a percepção da necessidade da mensuração das perdas por transporte nos fluxos físicos mostraram que 3 dos entrevistados afirmavam concordar plenamente com a necessidade da mensuração das perdas por transporte considerando sua incidência e 1 deles concordou ligeiramente. Referentes à necessidade de

mensuração das perdas por transporte considerando o tempo consumido pelas perdas, 2 entrevistados concordaram plenamente e 2 concordaram moderadamente.

Os resultados obtidos do questionário relacionado com o nível de importância dos indicadores coletados no método são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Resultados do questionário referente ao nível de importância dos indicadores coletados

A seguir são apresentados os 7 indicadores coletados no método. Após indicar o nível de importância de cada indicador liste qual dos indicadores fornece informações mais relevantes para a gestão da obra e por que.	Nível de importância				
	Engenheiro Estudo D	Estagiário Estudo D	Engenheiro Estudo E	Estagiário Estudo E	Media das avaliações
(1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado.	5	7	6	6	6
(2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total.	7	7	7	6	6,75
(3) Percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total	7	6	6	5	6
(4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total.	6	7	7	7	6,75
(5) Principais causas das perdas por transporte.	7	7	7	4	6,25
(6) Principais consequências das perdas por transporte.	6	7	6	5	6
(7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte.	7	7	7	6	6,75
Indicador mais importante	(5)	(2)	(5)	(4)	-
Indicador menos importante	(1)	(3)	(1)	(5)	-

Conceitos e valores do nível de importância: (7) extremamente importante; (6) muito importante; (5) moderadamente importante; (4) neutro; (3) ligeiramente importante; (2) pouco importante; (1) sem importância.

Fonte: O autor

Observa-se na Tabela 11 que os indicadores mais importantes coletados segundo os entrevistados são (2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total, (4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total, (5) Principais causas das perdas por transporte e (7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte. Foi considerado pelos dois engenheiros o indicador mais importante para o controle e gestão da obra o indicador (5). Os engenheiros sinalizaram que a partir do conhecimento da causa geradora de perdas nas atividades de transporte, teriam informações suficientes para a toma de decisão de melhorias. Já o Estagiário do Estudo D considerou o indicador (2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total o mais importante, segundo ele o maior interesse se foca em

saber a produtividade das equipes, independente de outros valores de perdas. Por fim, o Estagiário do Estudo E considerou o indicador (4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total, devido a que conseguindo evitar esses transportes desnecessários, há uma diminuição de custo com transporte e com materiais perdidos/avariados, aumentando a assertividade e diminuindo o tempo de execução.

Os entrevistados consideravam menos importantes os indicadores (1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado, (3) Percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total e (6) Principais consequências das perdas por transporte.

Facilidade de uso

A facilidade de uso foi avaliada a partir de cinco afirmações relativas a facilidade de entendimento e de implantação, bem como a aplicabilidade em qualquer processo. Estas afirmações e o grau de concordância dos entrevistados é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados do questionário referente a facilidade de uso do método

A seguir são apresentadas algumas afirmações referentes à facilidade de uso do método	Grau de concordância				Média das avaliações
	Engenheiro Estudo D	Estagiário Estudo D	Engenheiro Estudo E	Estagiário Estudo E	
Entendo todos os conceitos apresentados no método	6	7	6	5	6
O método utiliza ferramentas que já conhecia	5	7	1	2	3,75
O método utiliza ferramentas de fácil aplicabilidade	7	7	4	4	5,5
Considero fácil a implantação do método proposto no canteiro de obra	7	5	3	3	4,5
Considero fácil a aplicação do método proposto em qualquer processo construtivo	6	6	3	4	4,75

Conceitos e valores do grau de concordância: (7) concordo plenamente; (6) concordo moderadamente; (5) concordo levemente; (4) não concordo, nem discordo; (3) discordo levemente; (2) discordo moderadamente; (1) discordo totalmente.

Fonte: O autor

O grau de concordância dos entrevistados apresentou resultados contraditórios entre os estudos. De maneira, os entrevistados do Estudo D concordaram plenamente, moderadamente ou levemente com todas as afirmações, entendendo-se, por tanto, fácil ou moderadamente fácil o entendimento, a implantação e a aplicabilidade em qualquer processo. Já as respostas dos entrevistados do Estudo E, indicaram que um desconhecimento das ferramentas adotadas, em relação a fácil aplicação destas

ferramentas nem concordavam nem discordavam, em relação a facilidade de aplicação no canteiro, bem como em qualquer processo não concordavam nem discordavam ou discordavam ligeiramente.

Esta disparidade nas respostas referente à facilidade de uso pode ser devido a vários motivos. Primeiramente, os entrevistados do Estudo D estavam mais familiarizados com as ferramentas utilizadas, devido à realização de um maior número de seminários e de sua maior duração, possibilitando um maior treinamento sobre os mesmos. Nos dois seminários realizados da Obra D as ferramentas foram apresentadas de uma forma mais detalhada em relação ao único seminário realizado na Obra E. Outra razão pode ser devido ao maior contato mantido durante a realização da coleta de dados no Estudo D com os entrevistados, pois diversas discussões informais foram realizadas com os entrevistados ao longo do estudo, nas quais eram apresentados os dados coletados de forma informal. Ainda, os entrevistados do Estudo E salientaram que o uso do método não apresenta fácil aplicabilidade devido a quantidade de tempo que este precisa para a sua implantação, assim, como a quantidade de dados que precisam ser levantados e analisados.

Por fim, após aplicação do questionário, o engenheiro do Estudo D mostrou interesse no método proposto, pois considerava importante para a gestão da obra as informações obtidas por meio do método. Devido à Obra D se tratar de uma obra de grande porte, a gestão das atividades de transporte apresenta-se necessária para a boa gerencia do canteiro. De maneira semelhante, o gestor geral da Obra E durante as conversas informais realizadas no canteiro durante as visitas apresentou, também, interesse no método, devido a considerar a gestão da logística um dos pontos fracos do canteiro.

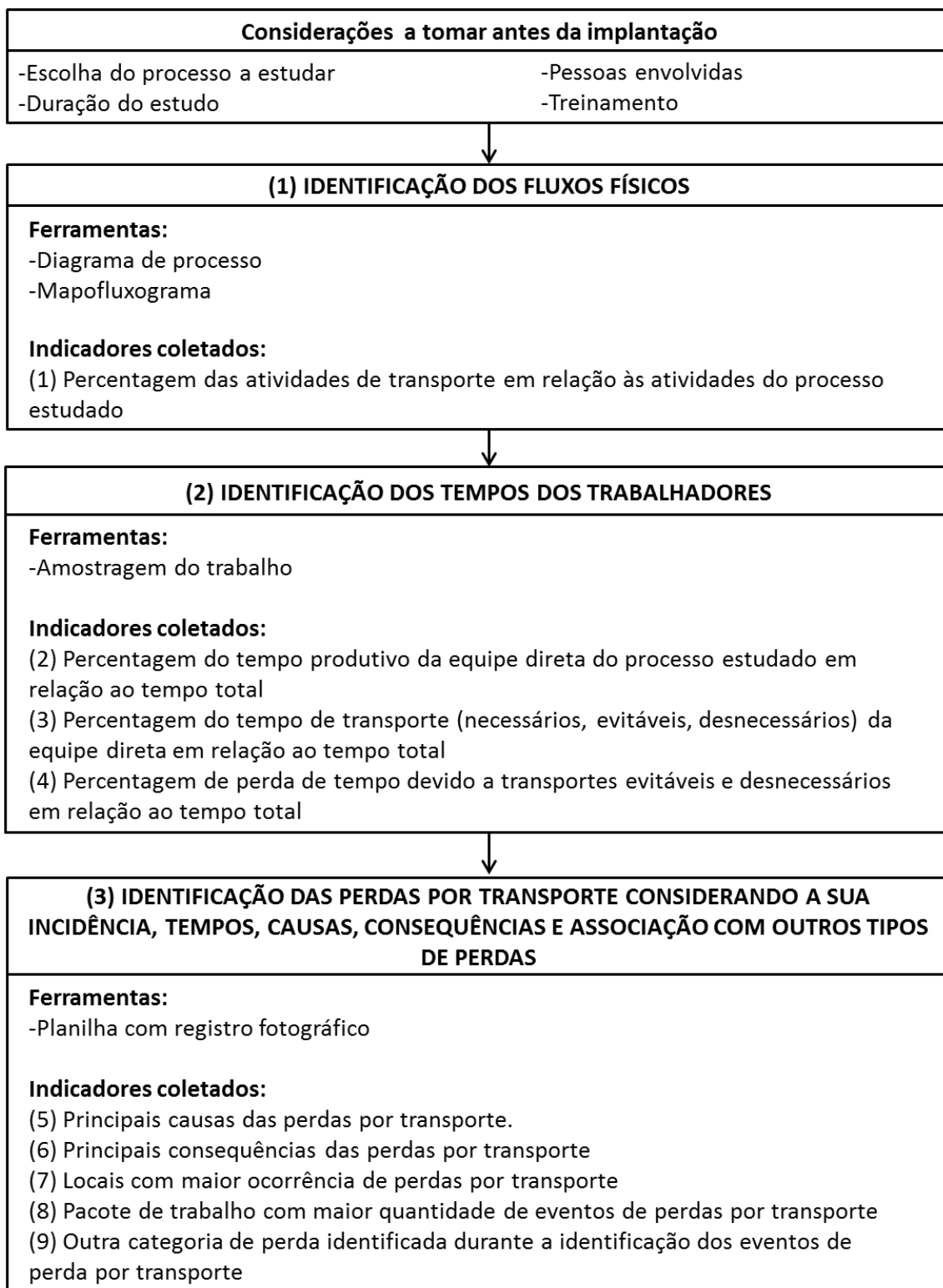
6 MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO, MENSURAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE NOS FLUXOS FÍSICOS DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS.

Neste capítulo é apresentada a versão final do método elaborado neste trabalho como artefato da DSR, construído ao longo das cinco etapas da pesquisa (revisão bibliográfica; consciência do problema por meio de estudos exploratórios; construção e implantação do artefato no Estudo D; implantação e avaliação do artefato por meio de Estudo de caso E; e conclusão por meio da avaliação do artefato).

O artefato proposto é um método para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos, considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas. A Figura 123 apresenta o processo de coleta de dados do método proposto.

Este método é dividido em três etapas, sendo estas: (a) identificação dos fluxos físicos; (b) identificação dos tempos dos trabalhadores; e (c) identificação e quantificação das causas, consequências e associação com outras perdas. Estas etapas são descritas de maneira mais detalhada nos seguintes itens.

Figura 123: Fluxograma do processo de coleta de dados do método proposto (Fonte: O autor)



Considerações a tomar antes da implantação

Antes da implantação do método deve se definir a **duração do estudo** do método, que pode ser definido de acordo com o processo estudado. Caso se trate de um processo que se repete em todos os andares, a duração pode ser o tempo de ciclo da produção de um andar. Caso se trata de um processo de longa duração, pode se escolher implantar o método durante uma duração menor, visando estudar um uma parcela de tempo que seja representativo do processo.

Deve-se ainda definir as **pessoas envolvidas** na coleta de dados, que pode ser realizada por uma única pessoa. Esta coleta deve ser realizada de forma cuidadosa e detalhada, por esse motivo, consome muito tempo e a pessoa que realize a coleta deve se dedicar exclusivamente a esta tarefa durante a implantação do método. Esta tarefa pode ser realizada por um estagiário ou técnico.

Na medida em que a coleta deve ser minuciosa, é muito importante que seja oferecido um **treinamento** para a pessoa, para que a mesma possa se familiarizar com as ferramentas utilizadas, e para a confiabilidade dos dados coletados.

Devido a contínua presença da pessoa responsável pela implantação no canteiro, a obra deve apresentar o estudo e o responsável pelo estudo aos trabalhadores, de maneira que, os trabalhadores atuem de forma habitual durante a presença desta pessoa no canteiro, visando a coleta de informações o mais próximas a realidade.

O método proposto gera 9 indicadores referentes ao processo estudado. Com o uso dos indicadores, a obra pode obter informações relativas à visibilidade de seus fluxos físicos, bem como identificar problemas nas atividades de transporte, nas quais podem ser priorizadas as ações de melhoria nos locais problemáticos. Estes indicadores podem ser coletados e organizados em um banco de dados de forma que as informações permanecerão documentadas e poderão ser consultadas a qualquer momento pelo funcionários da obra. No entanto, a depender das necessidades, a obra pode coletar um número menor de indicadores, considerados mais vantajoso para seu canteiro, simplificando a aplicação do método.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

Esta etapa do método permite o entendimento do processo construtivo, qualquer um que seja, e visa identificar os fluxos realizados pelos materiais e a mão de obra, nomeados neste trabalho e no trabalho de Alves (2000) de fluxos físicos.

Ferramentas

Para identificação dos fluxos físicos é utilizado um conjunto de ferramentas para coleta de dados, as quais têm sido utilizadas em muitos trabalhos na área da gestão da construção (ALVES 2000; COSTA 2005; PARAVISI 2008).

As duas principais ferramentas utilizadas nesta primeira etapa são o diagrama de processo e mapofluxograma. Estas ferramentas proporcionam transparências aos fluxos físicos e são utilizadas para a coleta e divulgação de dados sobre a produção. Os gráficos, imagens, plantas, diagramas e mapofluxogramas podem ser utilizados como fonte de informações para auxiliar na tomada de decisão com base em dados e fatos (ALVES, 2000).

Estas ferramentas permitem quantificar o número de atividades de cada tipo de operação, quais sejam, número de atividades de processamento, número de atividades de transporte, número de atividades de inspeção e número de atividades de estoque. Assim, como o número de pessoas envolvidas em cada atividade e as distâncias percorridas em cada atividade transporte.

Processo de coleta de dados

Em relação ao processo de coleta, é preciso identificar a primeira atividade do processo a ser estudado que acontece no canteiro, de modo a seguir a sequência de todas as atividades até a última etapa de processo. No caso do revestimento com argamassa ensacada, a primeira atividade se trata da chegada do material ao canteiro. As fontes de evidência utilizadas nesta etapa do método são utilizadas ao longo de toda a implantação do método sendo estas: análise de documentos, observação direta, anotações de campo, entrevistas e documentação fotográfica.

O tempo estimado em coletar as informações referentes aos fluxos físicos variaram em relação à complexidade do processo estudado, precisando de mais dias de coleta para

processos mais complexos. Desse modo, duas ou três visitas de 4 horas de duração permitirá, na maioria dos casos, a identificação completa dos fluxos físicos.

Indicadores coletados

A partir do uso do diagrama de processo e mapofluxograma é possível calcular o primeiro indicador do método, sendo este (1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado.

6.2 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DOS TRABALHADORES

Esta etapa do método permite identificar os principais tempos gastos em atividades produtivas, auxiliares e improdutivas dos trabalhadores.

Ferramentas

Para a identificação dos tempos produtivos, auxiliares e improdutivos é utilizada a ferramenta amostragem do trabalho. Paralelamente a amostragem do trabalho, é recomendável que sejam aplicadas outras fontes de evidência, como a documentação fotográfica ou filmagem.

Processo de coleta de dados

Para a utilização desta ferramenta, primeiramente é necessário a discriminação de todas as atividades do processo. Dessa maneira, as atividades que não foram identificadas inicialmente na realização do diagrama de processo poderão ser identificadas nesta etapa. Devido ao foco deste trabalho ser as perdas por transporte, precisa-se dar ênfase nas possíveis atividades de transporte realizadas. Algumas atividades precisam ser desdobradas em atividades mais específicas, como por exemplo, o transporte dos sacos no carrinho de mão, pode ser dividido em transporte manual dos sacos até o carrinho, transporte dos sacos no carrinho e transporte manual dos sacos desde o carrinho até o estoque.

Visando coletar o tempo destinado em cada tipo de atividade transporte, conforme apresentado no item 4.3.2.2, é necessário discriminar as atividades de transporte em necessárias, evitáveis e desnecessárias. Deste modo, a folha utilizada para o registro de observações realizadas durante o estudo de amostragem deve ser individualmente desenhada para cada tarefa de obra. Antes iniciar amostragem de trabalho deve ser

definidas as pessoas que vão estar envolvidas no estudo, de maneira, a incluir estas pessoas na folha utilizada para o registro.

Uma consideração importante na realização da amostragem, refere-se ao número de observações necessárias. O nível de confiança e o erro relativo devem ser fixados no início do trabalho, sendo que o mais comum é o de 95% (BARNES, 1977). Em geral, duas semanas é o tempo mínimo necessário para a realização de um estudo, Não se recomenda períodos mais reduzidos devido a variabilidade inerente ao processo de construção estudado, que pode alterar resultados de curto prazo (SANTOS, 1995).

Indicadores coletados

Os resultados obtidos a partir da amostragem de trabalho permitem o cálculo de três indicadores, quais sejam: (2) percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total; (3) percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total; e (4) percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total.

6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE TRANSPORTE CONSIDERANDO A SUA INCIDÊNCIA, TEMPOS, CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E ASSOCIAÇÃO COM OUTROS TIPOS DE PERDAS.

Esta etapa do método teve uma evolução da estrutura ao longo trabalho. Na versão final do método esta etapa é dividida em três sub-etapas: (1) identificação e quantificação das causas das perdas por transporte; (2) identificação e quantificação das consequências das perdas por transporte; e (3) associação das perdas por transporte com outras perdas.

6.3.1 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE.

Esta etapa do método permite identificar e quantificar as causas das principais consequências das perdas por transporte. Neste item, os constructos evento de perda por transporte, causa da perda e consequência merecem ser destacados para a caracterização das perdas por transporte, conforme apresentado no item 4.3.2.3.

Ferramentas

As ferramentas utilizadas nesta etapa são: a planilha com registro fotográfico apresentado no item 4.3.2.3 e a classificação das principais causas das perdas por transporte desenvolvida ao longo do Estudo D e aperfeiçoada no Estudo E, conforme apresentado no item 4.3.4. Esta classificação das causas das perdas por transporte apresenta seis tipos, conforme a seguir:

- a) Acesso/mobilidade: relaciona-se ao espaço/ acesso que dificulta a mobilidade e o transporte.
- b) Armazenamento: refere-se a estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento. Ou a estoque armazenado de forma errada em lugares apropriados.
- c) Equipamento: relaciona-se a equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado ao transporte gerando a necessidade de adaptação de outro equipamento para o transporte. Ou equipamento apto para o uso, porém utilizado de forma errada.
- d) Equipe: refere-se ao número insuficiente de trabalhadores disponíveis que atenda às necessidades do transporte.
- e) Embalagem do material: refere-se às má condições de embalagem ou empacotamento do material a ser transportado, dificultando o transporte do mesmo.
- f) Informação: refere-se a escassa, errada ou ausência de informação fornecida ao trabalhador, criando um evento de perdas.

Processo de coleta de dados

O processo de identificação das causas se inicia com o acompanhamento do processo construtivo escolhido para o estudo, tendo como objetivo identificar a ocorrência de eventos de perdas nas por transporte. Quando algum evento de perda é identificado, este é registrado fotograficamente e armazenado na planilha com registro fotográfico apresentado no item 4.3.2.3. Após a identificação de um evento de perda por transporte este deve ser classificado segundo sua causa. Outras informações referentes ao evento de perda devem ser coletadas com a finalidade de um melhor caracterizado da perda, tais

como data, número de registro, número de casos por dias, pessoas envolvidas no transporte, tipo de transporte, caso recorrente, descrição da perda, causa e tempo de perda.

O tempo de coleta variará a depender do grau de detalhe a ser estudado o processo. Assim como na amostragem, duas semanas com visitas diários ao canteiro de duração aproximadamente de 4 horas, é o tempo mínimo para a coleta dos eventos de perdas.

Indicadores coletados

Nesta etapa a partir dos eventos de perdas identificados é possível coletar o quinto indicador, (5) principais causas das perdas por transporte.

6.3.2 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DAS PERDAS POR TRANSPORTE.

Esta etapa do método permite identificar e quantificar as consequências das principais das perdas por transporte.

Ferramentas

Assim como ocorreu para a identificação e quantificação das perdas por transporte, este item utilizou a planilha com registro fotográfico apresentado no item 4.3.2.3. Nesse ponto, foi inserida a coluna consequência na planilha. Um conjunto de consequências foram identificadas ao longo do Estudo E, originando a classificação das principais consequências, sendo estas:

- a) Danificação do material: provoca a danificação ou deterioração do material durante o transporte.
- b) Redução das condições de segurança: produz uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte.
- c) Criação de um novo transporte: provoca um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior.
- d) Criação de maior percurso: gera um transporte com uma distância maior do que a planejada.
- e) Problema ergonômico: provoca um problema ergonômico durante execução da atividade de transporte.

A utilização da ferramenta mapofluxograma permitirá identificar o local onde são realizadas as atividades com eventos de perdas.

Processo de coleta

A identificação das consequências que originarão as perdas coletadas deve ser realizada de forma simultânea a identificação das causas origens das perdas por transporte, conforme item 6.3.2. Dessa maneira, uma vez identificada a causa que originou a perda devem ser descritas as possíveis consequências dessa perda.

Devido à possibilidade de um mesmo evento de perda originar várias consequências ou impactos, foi estabelecido um máximo de três consequências, do mesmo modo que Sommer (2010) delimitou no seu trabalho para facilitar a análise.

A partir da análise da coluna “tipo de transporte” (coluna f do Quadro 14) da planilha com registro fotográfico serão agrupados os locais com ocorrência de perda, de maneira a calcular o local onde foram identificados mais eventos de perdas por transporte.

Devido à identificação das consequências ser realizada de forma paralela a identificação das causas, o tempo de coleta será o mesmo em ambos os processos.

Indicadores coletados

Durante esta etapa os indicadores coletados são: (6) Principais consequências das perdas por transporte e (7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte.

6.3.3 ASSOCIAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSPORTE COM OS PACOTES DE TRABALHO E COM OUTRAS PERDAS

O processo de associação das perdas por transporte identificadas com os pacotes de trabalho se delimitará aos pacotes definidos por Fireman (2012), sendo estes pacotes de trabalho formais (concluídos e não concluídos) e os pacotes de trabalhos informais. As definições destes pacotes de trabalho são apresentadas no item 4.3.4. Por sua vez, a associação com outras perdas se delimitará as perdas por *making-do*, *rework*, *unfinished work* e *working-in-progress*.

Ferramentas e fontes de evidencia

Assim como para identificação das causas e consequências, para associação com outras perdas e com os pacotes de trabalho é utilizada a planilha com registro fotográfico apresentada no item 4.3.2.3.

Nesta etapa para a realização da associação das perdas com os pacotes de trabalho é necessário a participação nas reuniões de PPC, de maneira a identificar os pacotes de trabalho realizados durante as semanas de coleta dos eventos de perdas

Processo de coleta

Dessa maneira, para cada evento de perda por transporte identificado busca-se relacionar com um dos pacotes de trabalho anteriormente apresentados, sendo estes o pacote formal de trabalho completo, pacote formal de trabalho incompleto ou pacote informal. Caso o evento de perda não esteja relacionado com nenhum desses eventos, este será associado com as atividades logística o armazenamento, a depender da natureza do evento.

A associação das perdas por transporte com outras categorias de perdas é realizada de forma simultânea a identificação das causas e consequências das perdas por transporte. Após a identificação de um evento de perda por transporte deve ser relacionado com outra categoria de perda. A partir da análise da coluna “tipo de transporte” (coluna g do Quadro 14) da planilha com registro fotográfico são identificadas as principais perdas encontradas durante a identificação dos eventos de perdas por transporte.

Indicadores e Resultados Obtidos

OS indicadores passíveis de coleta nesta etapa são: (8) Pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte, e (9) Outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte.

7 CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações para futuros trabalhos.

7.1 CONCLUSÕES

A presente pesquisa tem como questão principal “**Como identificar, mensurar e caracterizar as perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos?**”. Esta questão foi proposta devido à necessidade de reduzir as perdas por transporte encontrado a partir da realização de três estudos exploratórios (Estudos A, B e C) em obras que se encontravam na etapa de revestimento com argamassa.

A questão principal de pesquisa foi desdobrada em quatro questões secundárias, conforme segue. (a) Como classificar os diferentes fluxos existentes na construção?, (b) Quais ferramentas e indicadores podem mensurar as perdas por transporte considerando a sua incidência, tempos, causas, consequências e associação com outros tipos de perdas?, (c) Quais são as principais causas e as consequências das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos?, (d) Qual a associação das perdas por transporte com outras categorias de perdas como *making-do*, trabalho inacabado, trabalho em progresso e retrabalho?

Contribuições da Revisão da Literatura

A realização da revisão literatura sobre a gestão dos fluxos desde o ponto de vista da logística e da filosofia *Lean*, permitiu estabelecer uma taxonomia dos fluxos na construção, tendo sido identificados a existência de três fluxos principais na construção e de fluxos secundários ou subfluxos. Os três principais fluxos principais identificados foram: (1) fluxo de produto: formado pelos subfluxos de materiais e de informação; (2) fluxo operacional ou fluxo de trabalho: formado pelos subfluxos de equipamentos e dos trabalhadores e (3) fluxo físico: formado pelos subfluxos de materiais e dos trabalhadores.

Além disso, a partir da revisão dos diferentes métodos, ferramentas e indicadores utilizadas para gestão dos fluxos identificados na literatura, foram selecionadas quatro ferramentas gerenciais já consolidadas na literatura para aplicação do presente estudo: diagrama do processo, mapofluxograma, amostragem do trabalho e registro fotográfico.

Método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivo

A principal contribuição desta dissertação foi a proposição de **um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos de processos construtivos** a partir do uso integrado de ferramentas e indicadores gerenciais, bem como a definição de um conjunto de conceitos relacionados a perdas por transporte, suas causas e consequências. O método proposto foi desenvolvido, implantado e avaliado em dois empreendimentos com diferentes processos construtivos, revestimento de argamassa com projeção mecânica e tecnologia em *Light Steel Frame*. A aplicação deste método no canteiro de obras envolve três etapas, quais sejam: (a) identificação dos fluxos físicos; (b) identificação dos tempos dos trabalhadores; e (c) identificação e quantificação das causas, consequências e associação com outras perdas.

Do ponto de vista da contribuição teórica deste método, o presente trabalho lança a luz a explicitação e refinamento de um conjunto de conceitos e classificações que possibilitaram o entendimento das perdas por transporte de uma perspectiva sistêmica, desde a sua origem até as suas implicações no processo construtivo estudado quanto no sistema de produção como um todo. Estes conceitos e classificações buscaram contribuir para o aumento do conhecimento da área de pesquisa de perdas na construção.

Os principais conceitos explicitados e refinados para a caracterização das perdas por transporte, foram:

- a) Evento de Perda de Transporte: definido como um fenômeno imprevisto que acontece na atividade de transporte, tratando-se de um fato observável e registrável num determinado local e num determinado momento que afeta aos fluxos físicos, provocando a execução de tarefas não planejadas, produzindo ineficiências ao processo.
- b) Causa: definida como a origem de um determinado evento de perda de transporte em uma determinada situação.
- c) Consequência: definida como o efeito ou o resultado de um determinado evento de perda de transporte ou constatação de fato.

Outros conceitos definidos durante a implantação do método foram referentes à classificação das atividades de transportes, quais sejam:

- a) Transportes Necessários: transportes que precisam ocorrer para que o processo flua. Estes transportes foram classificados nas atividades auxiliares.
- b) Transportes Evitáveis: transportes ineficientes que provocam perdas de tempo, ocasionados, algumas vezes, por falta de domínio do processo, podendo ser facilmente reduzíveis. Ocorrem devido a falhas de planejamento, dimensionamento inadequado das equipes, falhas de suprimentos ou equipamentos, omissões ou erros de projeto, retrabalhos, etc. Estas atividades de transportes geram obstruções do fluxo. Estas atividades de transportes também foram identificadas nos tempos auxiliares.
- c) Transportes Desnecessário ou Ocioso: referem-se a atividades de transporte desnecessárias que provocam perdas de tempo ou total inatividade dos operários relativa a alguma atividade de transporte, podendo ser intencional ou resultantes de um estado físico de predisposição (por exemplo, necessidade de descanso após um esforço excessivo). Estas atividades foram identificadas nos tempos improdutivos.

A partir das etapas construção, implementação e validação do método no Estudo D e E foi possível desenvolver uma classificação das principais causas e consequências das perdas por transporte. A classificação das principais causas é apresentada a seguir:

- a) Acesso/mobilidade: relaciona-se ao espaço/acesso que dificulta a mobilidade e o transporte.
- b) Armazenamento: refere-se a estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento. Ou a estoque armazenado de forma errada em lugares apropriados.
- c) Equipamento: relaciona-se a equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado ao transporte gerando a necessidade de adaptação de outro equipamento para o transporte. Ou equipamento apto para o uso, porém utilizado de forma errada.

- d) Equipe: refere-se ao número insuficiente de trabalhadores disponíveis que atenda às necessidades do transporte.
- e) Embalagem do material: refere-se às mas condições de embalagem ou empacotamento do material a ser transportado, dificultando o transporte do mesmo.
- f) Informação: refere-se a escassa, errada ou ausência de informação fornecida ao trabalhador, criando um evento de perda.

A classificação das principais consequências das perdas obtida a partir do Estudo E é apresentada a seguir.

- a) Danificação do material: provoca a danificação ou deterioração do material durante o transporte.
- b) Redução das condições de segurança: produz uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte.
- c) Criação de um novo transporte: provoca um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior.
- d) Criação de maior percurso: gera um transporte com uma distância maior do que a planejada.
- e) Problema ergonômico: provoca um problema ergonômico durante execução da atividade de transporte.

As categorias das causas apresentadas neste trabalho estão relacionadas com as atividades de transporte, e indicam a existência de alguns problemas na etapa de execução, por tanto a redução deste tipo de perdas, poderá trazer consequências positivas na produção, melhorando, portanto, os fluxos físicos.

Ainda durante o Estudo E foi constatado que algumas das perdas de transporte identificadas estavam associadas com outras perdas, tais como perdas por *making-do*, retrabalho, trabalho inacabado e trabalho em progresso, podendo estas perdas ser a causa ou a consequência. Entretanto, foi observada a dificuldade de discernir se as perdas observadas eram a causa ou a consequência das perdas por transporte, devido a dificuldade de identificar qual perda era a antecessora ou qual perda era a sucessora.

A contribuição prática deste método está associada ao uso conjunto das ferramentas e proposição de 9 indicadores para identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte do ponto de vista de sua recorrência, tempos, causas e consequências.

Estes 9 indicadores são: (1) percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado, (2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total, (3) Percentagem do tempo de transporte da equipe direta em relação ao tempo total, (4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total, (5) principais causas das perdas por transporte, (6) principais consequências das perdas por transporte e (7) locais com maior ocorrência, contribuem para a gestão das perdas, (8) pacote de trabalho com maior quantidade de eventos de perdas por transporte e (9) outra categoria de perda identificada durante a identificação dos eventos de perda por transporte.

Estes indicadores contribuem para o aumento de informações para a gestão das perdas na construção, fornecendo um conjunto de dados, tanto qualitativo como quantitativo, dando suporte à identificação das perdas de transporte no processo construtivo estudado com impactos no sistema de produção visando a sua redução ou eliminação. É importante destacar ainda que o foco em processos construtivos ainda pouco empregados no Brasil foi uma decisão importante no presente estudo, no sentido de gerar informações sobre perdas de transportes que possam subsidiar diretamente as melhorias destes processos ainda em desenvolvimento.

As ferramentas e indicadores adotados na presente pesquisa mostram-se de fácil uso e entendimento para as pessoas envolvidas na obra, apesar de algumas dificuldades, devido a quantidade de tempo que estas demandam, como a quantidade de dados que precisam ser levantados e analisados. Em relação as ferramentas utilizadas para mensurar os fluxos, o uso do diagrama de processo e mapofluxograma apresentou dificuldades durante a realização do Estudo E, devido a falta de padronização dos processos na Obra E. De maneira que, estas ferramentas não conseguem representar o dinamismo e a falta de padronização dos processos. Em relação aos indicadores coletados, foi observado a dificuldade de coletar o tempo destinado nos eventos de perda, devido ao não conhecimento do momento exato que o evento começava. Desse modo, o tempo de cada evento de perda de perda apenas foi coletado no Estudo D.

A adoção destas ferramentas e indicadores pelas obras depende da sua implantação pelos próprios gestores e da consciência da sua utilidade. Devido a intensiva coleta de dados, as empresas poderão julgar quais indicadores consideram de maior relevância e utilidade.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Neste item são apresentadas as sugestões para estudos futuros a serem realizados sobre a gestão das perdas por transporte:

- a) Aplicar o método proposto em outros empreendimentos para permitir a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte, em outros processos construtivos, para avaliar sua aplicabilidade em outros contextos, bem como propor melhorias para a sua redução;
- b) Conduzir novos estudos no sentido de identificar novas categorias de causas de perdas por transporte e consequências destas perdas;
- c) Avaliar com mais profundidade associação das perdas por transportes com outras perdas na construção identificadas na literatura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÓN, L. F., 1994. Tools for identification and reduction of waste in construction projects. **Lean construction**, L. F. Alarcón, ed., A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, pp. 365–377.

ALVES, T. C. .L. **Diretrizes para gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra: proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ALVES, T. C. L.; KENNETH C. M.; WALSH, D. Exploring lean construction practice, research, and education, **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 19 Iss 5 pp. 512 – 525, 2012

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: improving downstream performance. **Lean construction**, p. 111–125, 1997.

BALLARD, G. Improving work flow reability. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999. California, USA. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 1999.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HAMZEH, F.R. The last Planner Production workbook- Improving Reliability in Planning and Workflow. 2nd Edition, **Lean Constrction Institute**, San Francisco, California, USA, pp 81.2007

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I.; KOSKELA, L.; HOWELL, G. **Lean construction tools and techniques**. Chapter 15, Design and construction: Building in value, R. Best and G. de Valence, eds., Elsevier, Oxford, U.K., 227–255, 2002

BALLOU, R.H. **Business logistics Management**. Prntnice-Hall, Inc. 4th ed. 1999.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgar Blucher, 1977. 635p.

BARTEZZAGHI, E. The evolution of production models: is a new paradigm emerging? **International Journal of Operation & Production Management**, v. 19, n.2, p. 229-250, 1999.

BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Managing the three aspects of production in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado , Brazil, **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002. PP13-22.

BERTELSEN S. Lean Construction: where are we and how to proceed? *Lean Construction Journal*. 2004. V. 1. 46-69.

BERTELSEN S.; KOSKELA L.; HENRICH G.; ROOKE J. Critical Flow -Towards a construction Flow theory. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings...** Santiago, 2006.

BØLVIKEN, T.; KALSAAS, B.T. Discussion on strategies for measuring work flow in construction. In Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011 **Proceedings...** Lima, Peru, 2011.

BØLVIKEN, T. On the categorization of production: The organization – product matrix. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012 San Diego, USA. **Proceedings...** San Diego:IGLC, 2012. p. 11–20.

BØLVIKEN, T.; ROOKE, J.; KOSKELA L. The wastes of production in construction – a TFV based taxonomy. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014. **Proceedings...** Oslo, 2014.

BORNIA, A. C. **Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno**. Florianópolis: UFSC, 1995. Tese Doutorado em Engenharia de Produção PPGE/UFSC, 1995.

BOSCHLER R.H. **Improving workflow in Lean Construction**. Master Thesis, Eindhoven University of Technology, Netherland. 2013

BRODETSKAIA, I.; SACKS, R.; SHAPIRA, A. Stabilizing Production Flow of Finishing works in Building construction with Re-entrant flow, **Journal of Construction Engineering and management**, v. 139, p. 665-674.

BOSSINK, B.A.G.; BROWERS,H.J.H. Construction waste: quantification and source evaluation, **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, v. 122 n. 1, p.55-60, 1996.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D. **Logistical management**. The integrated supply process. New.York: McGraw Hill, 1996.

BULHÕES, I.R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: proposta baseada em dois estudos de caso**. Tese de Doutorado (Doutora em Engenharia Ambiental Urbana) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BURATI, J.L.; FARRINGTON, J.J.; LEDBETTER, W.B. Causes of quality deviations in design and construction. **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, v. 118 n.1, p.34-39, 1992.

CARDOSO, F. Importância dos Estudos de Preparação e da Logística na Organização dos Sistemas de Produção de Edifícios: Alguns Aprendizados a Partir da Experiência Francesa. In: 1 Seminário International Lean Construction- A construção sem perdas, **Anais...** São Paulo: 1996

CHRISTOPHER, M., Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Estratégia para a redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo: Pioneira, 1997. **O marketing da logística**. São Paulo: Futura, 1999.

CHOI, S., KU, T.H., YEO, D.H. AND HAN, S.H. **Waste Elimination of Mucking Process of a Petroleum Storage Tunnel through the Value Stream Ana**. 2002.

CHOO, H., J.; TOMMELEIN, I. D. Space Scheduling using Flow Analysis In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999. **Proceedings...** IGLC:Berkeley, 1999.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e o OPT: um enfoque estratégico**.2. Ed. São Paulo:Atlas, 1996.

COSTA, F. N. **Processo de execução de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2005.

CRUZ, A. L. G. **Método para o estudo do comportamento do fluxo de material em**

processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil. Uma abordagem logística. Tese de doutorado (Pós-graduação em engenharia de produção) –Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

DEON, A. M. **Medição do custo das perdas associadas ao processo produtivo de fabricação de celulose e papel.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DORNIER, P. P, et alli. *Logística e operações globais.* São Paulo: Atlas, 2000.

DUBLER, C. R.; MESSNER J.I.; CHIMANY J. A. **Using Lean Theory To Identify Waste Associated With Information Exchanges On A Building Project.** Construction Research Congress, 2010.

EMMIT, S.; PASQUIRE, C.; MERTIA, B. "Is good enough “making do”? An investigation of inappropriate processing in a small design and build company", **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 12, n. 3. p. 369–383. 2012. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/1471-4175.htm>>. Acesso em 10 ago. 2013.

ENSHASSI, A. Materials control and waste on building sites, **Building Research & Information**, v.24 n.1, p.31-34, 1996.

FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método integrado da produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2012.

FIREMAN M. C. T.; FORMOSO C. T.; ISATTO E. Integrating production quality control: monitoring making-do and unfinished work. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013. p. 515-524.

FLACH, L. **Improvisação e aprendizagem em cervejarias artesanais: um estudo no Brasil e na Alemanha.** Tese de Doutorado (Doutorado em Administração)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FLEURY, P. F. **Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios da Implementação**. Centro de Estudos em Logística da COPPEAD, Revista Tecnológica, Fevereiro de 1999.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LAYELME, E. M.; SOIBELMAN, L. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Porto Alegre, UFGRGS, 1996.

FORMOSO C. T.; L. SOIBELMAN; C. DE CESARE,; E. L. ISATTO, “Material waste in building industry: Main causes and prevention.” **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 128, n.4, p. 316–325, 2002.

FORMOSO, C.T.; SOMMER, L.; KOSKELA,L.; ISATTO, E.L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...Peru: IGLC**, 2011.

FORSBERG, A.; SAUKKORIPI, L. Measurement of Waste and Productivity in Relation to Lean. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 15, 2007, Michigan. **Proceedings ... Michigan: IGLC**., v. 46, p. 67-76, 2007.

GAVILAN, R. M.; BERNOLD, L. E. Source evaluation of solid waste in building construction, **J. Constr. Eng. Manage.**, v. 120, n. 3, p. 536-552, 1994.

GHINATO, P. **Lições Práticas para a implantação da produção Enxuta**. Caixas do Sul: EDUCS, 2002.

GHINATO, P. **Lições Práticas para a implantação da produção Enxuta**. Caixas do Sul: EDUCS, 2002.

HAMZECH, F. R. **Improving Construction Workflow – The Role of production Planning and control**, Ph.D Dissertation, University of California, Berkley, Ca, p 246. 2009

HAMZEH F.R, BALLARD, G., TOMMELEIN, I.D. Rethinking Look ahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**, p 15-34, 2010,

HAN, S.; LEE, S.; PEÑA-MORA, F. Identification and Quantification of Non-Value Adding Effort Due to Errors and Changes in Design and Construction Projects, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 1 n. 1, p. 291, 2011.

HARRINGTON, H. J. **Mejoramiento de los procesos de la empresa**. Editorial Mc. Graw Hill Interamericana, S.A. México, 1993

HEINECK , L.F.M On the analyses of activity durations on three house building sites. Leeds, England. University of Leed, Tesis, 1983.

HEINECK, L.F.M. **Projeto para processo construtivo de execução de alvenarias da construtora Portobello** (Relatório), Florianópolis, 1993.

HEINECK, L. F. M. Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço. Florianópolis, SC. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, p. 167- 173, 1996. **Anais...** Florianópolis, 1996.

HEVNER A.; MARCH S.; PARK J.; RAM S. Design science in information systems research, **Management Information Systems Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics : foundations of manufacturing management**. *Irwin/McGraw-Hill*, Boston, 2001

HORMAN, M.J.; KENLEY, R. Quantifying Levels of Wasted Time in Construction with Meta-Analysis, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 131, n. 1, p. 52-61, 2005

HWANG, B. G.; THOMAS, S.R.; HAAS, C.T.; CALDAS, C.H. Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 135, n. 3, p. 187-198. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(187), 2009.

ISATTO, E. L. ; FORMOSO, C. T.; DE CESEARE, C. M.; HIROTA, E.H.; ALVES, T. C. L. **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, v.5, SEBRAE/RS, 2000.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**, Second revised English Edition, Tokyo: Asian Productivity Organization, 1982

ISHIWATA, J. **IE for the shop floor: productivity through process analysis**. Portland: Productivity Press, 1991..

JOSEPHSON, P.E.; SAUKKORIIPI, L. Slöseri i byggprojekt – Behov av förändrat synsätt, FoU-Väst report 0507, Gothenburg, Sweden, 2005

JEONG, K.; PHILLIPS, D. T. Operational efficiency and effectiveness measurement. **Int'l J. of Oper. & Prod. Mgmt.**, v.21, n. 11, p 1404-1416, 2001

KALSAAS, B.T. Work-Time Waste in Construction. In: : Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 18, 2010, Haifa. **Proceedings...** Haifa, Israel: IGLC, 2010.

KALSAAS, B.T.; BØLVIKEN, T. Flow of work in construction – a conceptual discussion. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 18, 2010, Haifa. **Proceedings...** Haifa, Israel: IGLC, 2010.

KALSAAS, B.T. Further work on measuring workflow in construction site production. In: : Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012. **Proceedings...** San Diego:IGLC, 2012.

KALSAAS, B.T. Measuring waste and workflow in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013 Fortaleza, Brazil. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. (1993) The Constructive Approach in Management Accounting Research, Journal of Management Accounting Research, Vol.5, p.241-264, 1993

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Standford, EUA: CIFE, 1992. (Technical Report 72.).

KOSKELA, L. 1993. Lean production in construction. In: L.F. Alarcon, ed. **Lean Construction.** Rotterdam: A.A. Balkema, 1-9, 1993.

KOSKELA, L. Management of Production in Construction: a theoretical view. . In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC: Berkeley, 1999

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo, Finlândia: VTT, 2000. (VTT Publication, 408).

KOSKELA, L. Making-do. The eighth category of waste. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Helsingor. **Proceedings...**Helsingor: IGLC, 2004.

KOSKELA, L.; ROOKE, J.; BERTELSEN, S.; HENRICH, G. The TFV theory of production: New Developments. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2007, Michigan. **Proceedings...**Michigan: IGLC, 2007.

KOSKELA, L.; SACKS, R.; ROOKE J. A brief history of the concepts of waste in production. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

KOSKELA, L.; BOLVIKEN, T.; ROOKE J. Which are the wastes in construction? In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013.

KOSKENVESA, A.; KOSKELA, L.; TOLONEN, T.; SAHLSTEDT, S. Waste and Labor productivity in Production Planning. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 18, Haifa, 2010 **Proceedings...** Haifa: IGLC, 2010

KRAEMER, K.; HENRICH, G.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M. How Construction Flows Have Been Understood. In: Lean Construction. Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, **Proceedings...** San Diego, USA: IGLC, 2012.

LACERDA D.P; DRESCH A.; PROENÇA A.; JÚNIOR J.A.V.A. Design Science Research: Método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão da Produção**, 2013.

LAPINSKI, A. R., HORMAN, M. J.; RILEY, D. R. Lean Processes for Sustainable Project Delivery, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 132, n. 10, p. 1083-1091, 2006.

LANTELME, E. **Proposta dde um Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre 1994.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). Léxico Lean. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: **Lean Institute Brasil**, 2003.

LEDBETTER, W B. Quality Performance on Successful Project, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 120, n. 1, p. 34-46. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:1(34), 1994.

LEE, S. H; DIEKMANN, J.E; SONGER, A.D; BROWN, H. Identifying waste: Applications of construction process analysis. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley:IGLC, 1999.

LEÃO, C. F. **Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

LOVE, P.; MANDAL, P.; LI, H. Determining the causal structure of rework influences in construction. **Construction Management and Economics**, v. 17 n.4, p.505-517, 1999.

LOVE, P.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management and Economics**, v.18 n.4, p.479-90, 2000.

LOVE, P. Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects, **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, v. 128, n.1, p. 18-29, 2002.

LOVE, P.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management and Economics**, v. 18, n. 4, p .479-90, 2000.

LOVE, P; EDWARDS, D. J. Determinants of rework in building construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Emerald Group Publishing Limited, v.11, n.4, p. 259-274, 2004.

LUKKA, K. **The constructive research approach**. In: Case Study research in logistics (edited by Ojala, L.;Hilmola,O-P.). Series B1. p.83-101. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003.

MACOMBER, H.; HOWELL, G. (2004). “The Two Great Wastes In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Elsinore. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004

MANSON, N. J. **Is operations research really research?** Operations Research Society of South Africa, v.22, n 2, p 15-180, 2006.

MAO, X.; Zhang, X. Construction Process Reengineering by Integrating Lean Principles and Computer Simulation Techniques, **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 134, n. 5, p. 371-381, 2008.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research in Information Technology**. Decision Support Systems, v. 15, p. 251-266, 1995

MONDEN, Y. Toyota production system: Practical approach to production management. **Industrial Engineering Management**, p. 247. 1983.

MOURA, D. A.; MARTINS, L. A. P.; ALMEIDA, M. L. **Aplicação das Técnicas e Ferramentas da Disciplina da Produção e Operações, Visando Aumento da Qualidade e Produtividade num Centro de Distribuição Domiciliar dos Correios.** Administração On-line- Prática, Pesquisa e Ensino, v. 3, n. 2, 2002. Disponível em:<http://www.fecap.br/adm_online/art32/delmo.htm>. Acesso em: 15 ago. 2013.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total productive maintenance**, Productivity Press, Cambridge, MA. 1988

NAHMENS, I.; MULLENS, M.A. “Lean Homebuilding: Lessons Learned from a Precast Concrete Panelizer,” *J. Archit. Eng.*, v. 17, n. 4, p. 155, 2011.

OHNO, T. **Toyota Production System**, Cambridge, Mass., Productivity Pr. 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, LANTELME, E. M. V.; FORMOSO. Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: manual de utilização. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F.; ARAUJO, C. A. C. **Transformação Enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real.** 2004.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2008

PEREZ, C. T.; COSTA, D. B.; GONÇALVES, J. P. Concepts and methods for measuring flows and associated wastes. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...**Oslo: IGLC, 2014.

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

PICCHI, F. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 1993.

PARKAN, B. A Process-Ontological Account of Work. *Axiomathes*, v. 14, p. 219-235, 2004

PRIVEN V.; SACKS, R.; SEPPANEN O.; SAVOSNICK J. A Lean Workflow index for construction projects. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...**Oslo: IGLC, 2014.

POLAT, G.; BALLARD, G. “Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Elsinore. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004.

POON, C.S.; YU, A.T.W.; WONG, S.W.; CHEUNG, E. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong, **Construction Management & Economics**, Taylor & Francis, v. 22, n. 7, p. 675-689, 2004.

ROCHA, F. E. M.; HEINECK, L.F.M.; RODRIGUS, I. T. P.; PEREIRA, P. E. **Logística e Lógica na construção Lean. Um processo de gestão na construção de edifícios.** Fortaleza : Fibra Construções Ltda., 2004.

RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production.** Taylor & Francis, v. 30, n.10, p.2457-2466, Londres, 1992.

ROSA, F. P. **Perdas na construção civil. Diretrizes e Ferramentas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2001.

ROSA, F. P.; PEIXOTO, F. M.; SILVA, M. K.; FORMOSO, C. T. Proposta de uma classificação de perdas para construção civil. Congresso Latino Americano – Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: soluções para o terceiro milênio. PCC-USP, p.347-354, **Anais...** 1998.

ROSSO, T. Produtividade da Construção. In: Encontro nacional da Cosntrução, 2, 1974, Rio de Janeiro, p30. **Anais...**Rio de Janeiro, 1974.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1 ed. São Paulo: **Lean Institute Brasil**,1999.

SANTOS, A. **Método alternativo de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenagem de materiais: um estudo de caso.** 1995. (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; HINKS, J. Method of intervention on the flow of materials in buildings processes. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham:IGLC, 1996.

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

SENARATNE, S.; SEXTON, M.G. Role of knowledge in managing construction Project change, **Engineering, Construction and Architectural Management**, Emerald Group Publishing Limited, v. 16, n. 2, p. 186-200, 2009.

SILVA, F.B. e CARDOSO, F. A importância da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído –ENTAC, 1998. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 1998.

SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system.** Portland, Oregon: Productivity Press, 1985.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996a.

SILVEIRA, B. C. <http://www.citisystems.com.br>

SIMONSSON, P., BJORNFOT, A., ERIKSHAMMAR, J., OLOFSSON, T. Learning to see the effects of improved workflow in Civil engineering Projects. **Lean Construction Journal** 2012, p 35-48.

SKOYLES, E.R. Material wastage, a misuse of resources. **Batiment International Building Research and practice**, v. 4 n.4, p.232, 1976.

SOILBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle.** Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil)- Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOMMER, L. **Contribuições para um Método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2010.

TABOADA RODRIGUEZ, C.M. **Apostila de Logística Empresarial.** PPGEP/UFSC, 1999.

TAKEDA H.; VEERKAMP P.; TOMIYAMA T.; YOSHIKAWA H. Modeling design processes. **Artificial Intelligence Magazine**, v.11, n.4, p. 37–48, 1990.

THOMAS, R. H.; SANVIDO, M. A. A.; SANDER, S. R. Impact of material management on productivity. a case study. *Journal of Construction Engineering Management*. Nova York, p. 370-384, 1989

TOMMELEIN, I.D. New tools for sdite materiais handlings and layout control. In: Construction congress, 1995, San Diego, **Proceedings...** New York: ASCE, 1995

TOMMELEIN, I.D. Journey toward Lean Construction: Pursuing a Paradigm Shift in the AEC Industry. 2015

TREMBLAY, M. C.; HERVNER, A. R.; BERNDT, D. J, Focus Groups for Artifact Refinement and Evaluation in Design Research. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 26, n. 27, p. 599-618, 2010.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems**, January, 2004

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field- Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.

VENABLE, J. R. **The Role of Theory and Theorising in Design Science Research.** DESRIST, v. 24-25, p. 1-18, 2006.

VENABLE J. R.; TRAVIS J. (1999). Using a Group Support System for the Distributed Application of Soft Systems Methodology, In: The Australasian Conference in Information Systems (Beverley Hope and Pak Yoong, eds.),10, Wellington, New Zealand, 1-3 December, 1999, p. 1105-1117. **Proceedings...** Welliington, 1999.

VIANA, D.D.; FORMOSO, C.T.; KALSAAS, B.T. Waste in construction: A systematic literature review on empirical studies. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego:IGLC, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES D.T.; ROOS D. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, New York: **Rawson and Associates**,1990.

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

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. 2004.

WANG, F.; HANNAFIN, M. J. Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *ETR&D*, v. 53, n. 4, 2005, p. 5–23, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre-RS: Bookman, 2001.

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

YU, H.; TWEED, T.; AL-HUSSEIN, M.; NASSERI, R. Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. **J. Constr. Eng. Manage.**, ASCE, v. 13, n. 8, p. 782-790, 2009.

ZHAO, Z.Y.; LV, Q.L.; ZUO, J.; ZILLANTE, G. Prediction System for Change Management in Construction Project. **J. Constr. Eng. Manage.** ASCE, v. 136, n. 6, p. 659-669, 2010.

ZHANG, D., HAAS, C.; GOODRUM, P.; CALDAS, C.; GRANGER, R., Construction Small-Projects Rework Reduction for Capital Facilities. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 138, n.12, p. 1377–1385, 2012.

APÊNDICE A – CHECK-LIST PARA CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA
UTILIZADO NOS ESTUDOS EXPLROATORIOS

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA			
DADOS GERAIS			
Nome da empresa:			
CNPJ:			
Responsável:			
Cargo:			
E-mail:			
Endereço:			
Cidade:			
ATIVIDADES DA EMPRESA REALIZADAS NOS ÚLTIMOS 2 ANOS			
	Incorporação e construção de edificações residenciais		
	Obras residenciais para clientes privados		
	Obras industriais para clientes privados		
	Obras comerciais para clientes privados		
	Obras públicas (Edificações)		
	Obras públicas (Habitação de interesse social)		
	Outros tipos de Obra		
A EMPRESA JÁ PARTICIPOU DE ALGUM PROGRAMA INSTITUCIONAL DE TREINAMENTO PARA QUALIDADE?			
Sim	<input type="checkbox"/>		Não <input type="checkbox"/>
Quais?			
Convênio com a universidade			<input type="checkbox"/>
Empresa consultora			<input type="checkbox"/>
PGQP			<input type="checkbox"/>
Sebrae			<input type="checkbox"/>
Senai			<input type="checkbox"/>
Sinduscon			<input type="checkbox"/>
Outros			<input type="checkbox"/>
MARQUE OS PROJETOS DE MELHORIA JÁ DESENVOLVIDOS NA EMPRESA			
Alfabetização			<input type="checkbox"/>
ISO 9001			<input type="checkbox"/>
Padronização de processos			<input type="checkbox"/>
Práticas <i>lean</i> no canteiro de obra			<input type="checkbox"/>
Programa 5 S			<input type="checkbox"/>
Segurança no trabalho			<input type="checkbox"/>
Outros			<input type="checkbox"/>

APÊNDICE B – CHECK-LIST PARA CARACTERIZAÇÃO DO
EMPREENDIMENTO UTILIZADO NOS ESTUDOS EXPLORATORIOS

CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO						
DADOS INFORMATIVOS						
NOME DO EMPREENDIMENTO:						
ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:						
EQUIPE						
COORDENAÇÃO			PRODUÇÃO			
Eng. Residente:			Mestre:			
Eng. Coordenador:			Encarregados:			
Diretor:						
TIPO DO EMPREENDIMENTO						
Residencial		Comercial		Outro		
PADRÃO DO EMPREENDIMENTO						
Alto		Médio		Popular		
TIPO DE PROJETO						
Projeto Padrão		Projeto Único				
DATAS						
Início do empreendimento			Término			
DADOS TÉCNICOS DA OBRA						
Número de torres		Nº de pavimentos		Nº de unidades		
NÚMERO DE LAJES						
Subsolo		Térreo		Pré-tipo		
Tipo		Pós-tipo		Total		
ALTURAS						
			Altura total do edifício em relação ao nível da calçada			
			Piso a piso do pavimento tipo			
TIPOLOGIAS						
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA			TIPOLOGIA DE VEDAÇÃO			
Parede de concreto			Bloco de concreto celular (SiCal)			
Alvenaria estrutural com bloco de concreto			Bloco cerâmico			
Alvenaria estrutural com bloco cerâmico			Tijolo			
Pré-moldada			Drywall			
Pré-fabricada			Bloco de gesso			
Reticulada vigada (pilar, viga e laje).			Parede de concreto			
TIPOLOGIA DE REVESTIMENTO EXTERNO			TIPOLOGIA DE REVESTIMENTO INTERNO			
Massa única		Emboço		Massa única		Emboço
Reboco		Pastilha		Reboco		Pastilha
Pintura		Textura		Gesso		Textura
				Textura		Pintura
ÁREAS						
Área total do empreendimento					Área total de massa única utilizada	

APÊNDICE C – CHECK-LIST PARA CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO
UTILIZADO NOS ESTUDOS EXPLORATORIOS

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO			
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO E INTERNO			
DADOS SOBRE A EMPRESA			
NOME DA EMPRESA:			
ENTREVISTADO:		DATA:	
EMAIL:		CELULAR:	
CARGO:			
DOCUMENTOS DISPONÍVEIS			
	Projeto arquitetônico		Projeto de esquadrias
	Recomendações técnicas		Projeto de fachada
	Planejamento de sequência executiva		Outros
PROCESSOS E MATERIAIS UTILIZADOS			
Qual o tipo de argamassa? () <i>Industrializada</i> () <i>Misturada in loco</i>			
Qual o método de aplicação? () Projetada com Bomba () Projetada com ar () Manual			
Qual a empresa responsável em executar o revestimento? () Construtora () Fornecedora () Terceirizada			
Equipe de preparação de base		Equipe de chapisco	Equipe de emboço ou massa única
Quantidade de serventes:		Quant. de serventes:	Quantidade de serventes:
Quantidade de pedreiros:		Quant. de pedreiros:	Quantidade de pedreiros:
Há distinção de métodos para revestimento interno e externo? () Sim () Não Qual?			
Quais fatores levaram a escolha do método?			
Tem algum estudo de vantagem da adoção projeção de argamassa x manual?			
Forma de aplicação do chapisco			
	Rolado		Desempenado
			Tradicional
			Não se aplica
Desempeno			
	Grosso		Fino
			Acamurçado
Detalhes de fachada			
	Pingadeiras		Juntas de trabalho
	Peitoris		Quinas e cantos
FORNECEDOR			
Qual o fornecedor? () Contimassa () Votomassa () Concremassa () Quadra () Outros			
EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS UTILIZADOS			
Produção da argamassa			
	Betoneira		Argamassadeira
			Manual
Local de produção			
	No pavimento		Outro pavimento
			Térreo
Armazenamento do produto			
	Silos		Pallets
			Outros
Transporte de argamassa			
	Bombeado		Foguete Mini-grua
	Grua		Jerica
	Elevador (cremalheira)		Carrinho de mão
	Tubo de queda		Carregadeira

Forma de projeção – Não se aplica para o caso estudado					
	Silos		Bombas de projeção convencionais		Projetor por spray a ar comprimido
Bombas de projeção com misturador acoplado:			Misturador tipo helicoidal		Misturador tipo pistão
Acessórios					
	Broxa				Caixote plástico ou metálico
	Colher de pedreiro				Suporte para caixote
	Desempenadeira de aço				Linha de pedreiro
	Desempenadeira de canto				Frisador para juntas
	Desempenadeira de madeira				Mástique para calafetação de juntas
	Desempenadeira dentada				Desempenadeira feltrada
	Desempenadeira de pingadeira				Trena metálica
	Nível de mangueira				Fio de prumo
	Régua de alumínio				Prumo de face
	Régua de canto				Balancim suspenso mecanizado
	Régua dupla				Andaime apoiado
Existe manutenção periódica dos equipamentos?					
As principais ferramentas (que têm influência direta na qualidade do revestimento) utilizadas pelos operários são fornecidas pela empresa ou empreiteiro (réguas, desempenadeiras, gabarito, frisador e outras)? Fornecidos pela empresa					
Características da bomba de projeção - Não se aplicam para o caso estudado					
Qual a marca do compressor a ar?			Consumo energético (KW/h):		
Diâmetro da pistola de projeção – 25 mm () 35mm () Outro					
Diâmetro do bico ejetor: 10 (), 12 (), 14 (), 16 (), 18 (), 20 () Outro					
Diâmetro da mangueira:					
ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS					
O pallet está protegido da umidade em depósito fechado e coberto? Sim () Não () Obs: A argamassa utilizada na fachada fica ao ar livre, coberta por lonas, enquanto que a argamassa de reboco utilizada internamente é armazenada no depósito.					
Caso não exista depósito há cobertura com lona ou outra cobertura? Sim () Não ()					
É praticada estocagem do tipo PEPS (o primeiro saco à entrar é o primeiro à sair), utilizando, por exemplo, marcação da data de entrega em cada saco? Sim () Não ()					
DADOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS					
A projeção é realizada no revestimento:() Interno () Externo () Em ambos					
É feita especialização da mão de obra? Sim () Não ()					
O custo da especialização é alto? Sim () Não ()					
São realizados ensaios de aderência e permeabilidade em painéis previamente definidos? Sim () Não ()					
Qual o substrato? () Bloco Cerâmico () Bloco de Concreto () Outros					
Realiza-se limpeza do substrato antes da aplicação do chapisco? Sim() Não() Não se aplica () Qual método? Laagem com água, através de mangueira					
É realizando cura no chapisco? Sim () Não () Não se aplica () Qual tipo de cura? Qual é o tempo de cura?					
Espessura do revestimento: Camada única () Policamada ()					

Espessura teórica do revestimento:
Para policamada, há uso de telas? Sim () Não () Qual malha?
É realizado cura da argamassa? Sim () Não () Qual é tempo de cura?
Para argamassa industrializada: Qual a quantidade de água usada por saco?
Qual a relação água/argamassa final?
Compatível com a recomendação do fabricante? Sim () Não ()
Existe algum tipo de controle tecnológico para os lotes de argamassa? Sim () Não () Qual?
Existe algum tipo de controle tec. p/o revestimento no estado aplicado? Sim () Não () Qual?
As validades dos lotes estão em conformidade? Sim () Não ()
A integridade dos lotes de argamassa está em conformidade? Sim () Não ()
Nas embalagens da argamassa consta dados como marca, fabricante, denominação do produto (nas extremidades dos sacos), massa líquida, campo de aplicação, composição qualitativa, data de fabricação, validade, quantidade de água recomendada e processo ideal da mistura? Sim () Não ()
O executante apresenta relatórios com dados da qualidade dos materiais, das argamassas empregadas e de ensaios eventualmente realizados no revestimento aplicado? E quanto as condições de aplicação do revestimento? Sim () Não ()
Volume total teórico de argamassa:
Altura máxima de projeção:
Distância do misturados até a pistola (em metros):
Distância do bico de projeção até o substrato:

APÊNDICE D – PLANILHA UTILIZADA PARA A REALIZAÇÃO DA
AMOSTRAGEM DO TRABALHO NO ESTUDO D

Data		Revestimento Interno com argamassa projetada. Sistema de armazenamento ensacado e argamassadeira móvel																				
Turno		Atividades																				
Funcionario		Tempo Produtivos			Tempos Auxiliares				Tempos improdutivos													
Trabalhadores enviados diretamente	Produção de argamassa (1)																					
	Pedreiro(5)																					
	Servente (2)																					
Trabalhadores enviados indiretamente	Motorista caminhão (1)																					
	Operador de carregadeira																					
	Servente da garagem (2)																					
	Encarregado da Logística (1)																					
	Operador de elevador (1)																					
	Aplicação das taliscas (1)																					
Total																						
Atividades dos trabalhadores		101 (C1)	Produz Argamassa	201 (A1)	Transporte do caminhão desde a entrada até o estacionamento interno	301	Parado sem motivo															
		102 (D2)	Projeta	202 (A3)	Transporte do caminhão desde o estacionamento até próximo a garagem	302	Parado:espera atividade															
		103 (D4)	Sarrafeira	203 (A5)	Transporte dos pallets com sacos até a garagem na carregadeira	303	Parado:espera equip															
		104	Alisa	204 (A7)	Transporte via macaco hidráulico até perto da cremalheira	304	Parado: descanso															
		105	Desempena	205 (A9)	Transporte via macaco hidráulico até dentro da cremalheira	305	Parado: problema equip															
		106	Faz arremate	206 (A10)	Transporte pela cremalheira até o local da aplicação	306	Desloca:horizontal															
		107	Talisca	207 (A11)	Transporte via macaco hidráulico até o lugar onde será estocado	307	Desloca:vertical															
				208 (A13)	Transporte manual até perto da argamassadeira	308	Necessidades pessoais															
				209 (A14)	Transporte manual do estoque para o carrinho de mão	309	Retrabalho															
				210 (A15)	Transporte via carrinho de mão até perto da argamassadeira	310	Executa outro serviço															
				211 (A16)	Transporte manual do carrinho de mão para o estoque perto da argamassadeira	311	Não encontrado															
				212 (A17)	Transporte manual do estoque para a jerica	312	Parado: espera material															
				213 (A18)	Transporte via jerica até perto da argamassadeira																	
				214 (A19)	Transporte manual da jerica para o estoque perto da argamassadeira																	
				215 (A21)	Transporte manual até argamassadeira																	
				216 (B5)	Transporte de água em balde desde a toneis até argamassadeira																	
				217	Transporta equipamento																	
				218	Transporta equipamento carinho/girica vazio																	
				219	Transporta sacos vazios																	
				220	Transporta entulho																	
				221	Desloca para transportar material																	
				222 (A2)	Inspeção																	
				223	Troca informações																	
				224	Ajusta/coloca/tira EPI																	
		225	Conserta equipamento																			
		226	Desentupe mangote																			
		227	Aguarda tempo puxar																			
		228	Limpeza																			
		229	Arruma estoque																			
		230 (A4)	Inspeção: conferencia do material																			
		231 (A22)	Inspeção: Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira																			
		232 (B6)	Inspeção: Colocação da quantidade prevista do material na argamassadeira																			
		233 (D3)	Inspeção: da projeção																			
		234 (D5)	Inspeção: do sarrafeamento																			

APÊNDICE E – PLANILHA UTILIZADA PARA A REALIZAÇÃO DA
AMOSTRAGEM DO TRABALHO NO ESTUDO E

Data		Revestimento Interno com argamassa projetada. Sistema de armazenamento ensacado e argamassadeira móvel																	
Turno																			
Funcionario		Atividades																	
		Tempo Produtivos						Tempos Auxiliriare						Tempos improdutivo					
E.D.	Montador																		
		E.I.	Conductor de caminhão																
Motorista palleteira Colaboradore s Melnick																			
	Total																		
Atividades realizadas		101	Instalação guias terreos	201	Marcação paredes terreo	301	Parado sem motivo												
		102	Instalação Estrutura paredes terreo	202	Corta placa OSB	302	Parado:espera atividade												
		103	Instalação Estrutura laje	203	Corta telha	303	Parado:espera equip												
		104	Instalação Estrutura paredes 2ºpavimento	204	Corta tubulação	304	Parado: descanso												
		105	Instalação Estrutura telhado	205	Corta lâ	305	Parado: problema equip												
		106	Instalação OSB Externo 1ºpavimento	206	Corta tela/papel	306	Parado: espera material												
		107	Instalação OSB Interno 1ºpavimento	207	Corta foam	307	Desloca:horizontal												
		108	Instalação OSB laje	208	Corta gesso	308	Desloca:vertical												
		109	Instalação OSB Externo 2ºpavimento	209	Colocando parafuso	309	Necessidades pessoais												
		110	Instalação OSB Interno 2ºpavimento	210	Conecta/Desconeta na tomada parafusado	310	Retrabalho												
		111	Instalação OSB telhado	211	Montagem/desmontagem andaime	311	Executa outro serviço												
		112	Telhamento	212	Transporta banco/escada	312	Não encontrado												
		113	Instalação hidraulica e eletrica	213	Transporta equipamento/andaime														
		114	Instalação lâ de vidro	214	Transporta equipamento vazio														
		115	Instalação gesso acartonado	215	Transporta entulho														
		116	Chumbando	216	Transporta estrutura														
		117	Parafusando	217	Transporta OSB														
		118	Instalação escuadrias de cimento	218	Transporta telhas														
		119	Instalação telas isolamento externo nas j	219	Transporta tubulações														
		120	Aplicação pintura isolamento amarela	220	Transporta lâ														
		121	Instalação foam	221	Transporta tela														
		122	Lixamento foam	222	Transporta foam														
		123	Instalação telas isolamento sobre foam	223	Transporta cimento/pintura														
		124	Aplicação cimento	224	Transporta gesso														
		125	Realização de frisos	225	Desloca para transportar material														
		126	Aplicação pintura externa	226	Troca informações														
		127	Instalação janelas	227	Ajusta/coloca/tira EPI														
		128	Instalação papel juntas interno	228	Conserta equipamento/andaime														
		129	Aplicação de massa para rejunte interno	229	Limpeza														
		130	Instalação molduras	230	Arruma estoque														
				231	Inspeção: conferencia do material														
				232	Inspeção: mede com trena														
			233	Inspeção: utiliza nivel															
			234	Inspeção: da instalaçãooda estrutura															
			235	Inspeção: instalação OSB															
			236	Inspeção: telhamento															
			237	Inspeção: hidraulica e eletrica															
			238	Inspeção:gesso acartonado															
			239	Inspeção: planta															
			240	Inspeção: revestimento															
			241	Inspeção: tira linha															
			242	Inspeção: planta															
			243	Realiza mistura de cimento/aplica cement															
			244	Escoramento/Descoramento															

APÊNDICE F – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NA ETAPA DE
AVALIAÇÃO DO MÉTODO

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Data:

Nome:

Formação:

Função na Empresa:

QUESTIONÁRIO

Responda numa escala de 1 a 7 qual o seu grau de concordância ou o nível de importância segundo sua opinião de cada umas das afirmações seguintes.

Conceitos e valores do grau de concordância: (7) concordo plenamente; (6) concordo moderadamente; (5) concordo ligeiramente; (4) não concordo, nem discordo; (3) discordo ligeiramente; (2) discordo moderadamente; (1) discordo totalmente.

Conceitos e valores do nível de importância: (7) extremamente importante; (6) muito importante; (5) moderadamente importante; (4) neutro; (3) ligeiramente importante; (2) pouco importante; (1) sem importância.

<i>A seguir são apresentadas as definições das principais causas das perdas por transporte nos fluxos de processos construtivos propostas no método.</i>	Grau de concordância
Entende-se por causa das perdas por transporte nomeada como acesso/mobilidade ao espaço/acesso que dificulta a mobilidade e o transporte.	
A causa armazenamento refere-se ao estoque em lugares que não estão preparados para o armazenamento, ou a estoque armazenado de forma errada em lugares apropriados.	
A causa equipamento relaciona-se a equipamento indisponível, defeituoso ou não adequado ao transporte gerando a necessidade de adaptação de outro equipamento para o transporte, ou ainda a equipamento apto para o uso, porém utilizado de forma errada.	
A causa equipe se refere ao número insuficiente de trabalhadores disponíveis que atenda às necessidades do transporte.	
A causa embalagem do material se refere às mas condições de embalagem ou empacotamento do material a ser transportado, dificultando o transporte do mesmo.	
A causa informação se refere a escassa, errada ou ausência de informação fornecida ao trabalhador, criando um evento de perda por transporte.	
<i>A seguir são apresentadas as definições das principais consequências das perdas por transportes nos fluxos de processos construtivos propostas no método.</i>	Grau de concordância
Entende-se como consequência das perdas por transporte a danificação do material , refere-se à danificação ou deterioração do material durante o transporte.	
A consequência nomeada como redução das condições de segurança refere-se a uma condição insegura para o trabalhador durante a atividade de transporte.	
A consequência nomeada como criação de um novo transporte esta relacionada com a criação de um novo transporte devido a problemas encontrados no transporte anterior.	
A consequência nomeada como criação de maior percurso refere-se a geração de um transporte com uma distância maior do que a planejada.	
A consequência nomeada como problema ergonômico , refere-se a geração de um problema ergonômico durante execução da atividade de transporte.	
<i>A seguir são apresentados as definições dos 3 tipos de atividades de transporte definidas no estudo.</i>	Grau de concordância
Transportes Necessários: transportes que precisavam ocorrer para que o processo fluísse. Estes transportes foram classificados nas atividades auxiliares.	

<p>Transportes Evitáveis: transportes ineficientes que provocam perdas de tempo, ocasionados, algumas vezes, por falta de domínio do processo, podendo ser facilmente reduzíveis. Ocorrem devido a falhas de planejamento, dimensionamento inadequado das equipes, falhas de suprimentos ou equipamentos, omissões ou erros de projeto, retrabalhos, etc. Estas atividades de transportes geram obstruções do fluxo. Estas atividades de transportes também foram identificadas nos tempos auxiliares.</p>	
<p>Transportes Desnecessário ou Ocioso: referem-se a atividades de transporte desnecessárias ou total inatividade dos operários relativa a alguma atividade de transporte, podendo ser intencional ou resultantes de um estado físico de predisposição (por exemplo, necessidade de descanso após um esforço excessivo). Estas atividades foram identificadas nos tempos improdutivos.</p>	
<p><i>A seguir são apresentados os 7 indicadores coletados no método. Após indicar o nível de importância de cada indicador liste qual dos indicadores fornece informações mais relevantes para a gestão da obra e por que.</i></p>	Nível de importância
(1) Percentagem das atividades de transporte em relação às atividades do processo estudado.	
(2) Percentagem do tempo produtivo da equipe direta do processo estudado em relação ao tempo total.	
(3) Percentagem do tempo de transporte (necessários, evitáveis, desnecessários) da equipe direta em relação ao tempo total	
(4) Percentagem de perda de tempo devido a transportes evitáveis e desnecessários em relação ao tempo total.	
(5) Principais causas das perdas por transporte.	
(6) Principais consequências das perdas por transporte.	
(7) Locais com maior ocorrência de perdas por transporte.	
<p>Indicador mais importante:</p> <p>Por que:</p>	
<p><i>A seguir são apresentadas algumas afirmações referentes à utilidade e facilidade de uso do método</i></p>	Grau de concordância
<p>Alguns dos eventos de perdas por transporte podem estar associados com outras perdas, tais como: perda por improvisação, perda por retrabalho, perda por trabalho inacabado ou perda por trabalho em progresso, em alguns momentos como causa e em outros como consequência.</p>	
<p>Existe a necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando sua incidência</p>	
<p>Existe a necessidade de mensuração das perdas por transporte considerando o tempo consumido pelas perdas.</p>	
<p>Entendo todos os conceitos apresentados no método</p>	
<p>O método utiliza ferramentas que já conhecia</p>	
<p>O método utiliza ferramentas de fácil aplicabilidade</p>	
<p>Considero fácil a implantação do método proposto no canteiro de obra</p>	
<p>Considero fácil a aplicação do método proposto em qualquer processo construtivo</p>	