

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da
Produção e Qualidade com o uso de Dispositivos Móveis**

Gabriela Sitja Rocha

Porto Alegre
2015

GABRIELA SITJA ROCHA

**PROPOSTA DE REFINAMENTO DE MODELO DE
CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE
COM O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

Porto Alegre
2015

GABRIELA SITJA ROCHA

**PROPOSTA DE REFINAMENTO DE MODELO DE
CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE
COM O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade

Porto Alegre, 29 de setembro de 2015

Prof. Carlos Torres Formoso
PhD. pela Universidade de Salford / UK
orientador

Prof. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Tarcisio Abreu Saurin (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Vicente Gonzalez (Universidade de Auckland)
PhD. pela Pontificia Universidad Catolica de Chile

Dedico este trabalho aos meus pais, Paulo e Liseti, por seu amor, apoio incondicional e esforço dedicado à minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Carlos Torres Formoso, orientador deste trabalho, pela oportunidade de aprendizado, conversas e orientações que proporcionaram a realização dessa conquista. Agradeço pela sua disponibilidade e paciência durante todo o desenvolvimento da pesquisa, pelas críticas e questionamentos que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Agradeço ao Prof. Eduardo Luis Isatto pelas discussões acerca do tema da pesquisa, pelas sugestões e ajuda no desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço à empresa construtora na qual os estudos foram realizados, que permitiu a visita rotineira a seus canteiros de obra, assim como aos engenheiros e estagiários que me receberam e auxiliaram no estudo.

Agradeço a Cibeli Leão pela ajuda no início desse trabalho, com conversas e esclarecimentos sobre sua pesquisa. Agradeço aos bolsistas de iniciação científica, em especial à Isadora Pedrollo e Carlos André Vieira da Silva Júnior, por toda ajuda na coleta de dados, pelas conversas e questionamentos que muito me ajudaram no desenvolvimento da pesquisa, assim como pela companhia durante as viagens até o canteiro de obras.

Agradeço aos colegas norianos que se tornaram amigos especiais com quem compartilhar experiências, angústias e momentos de alegria. Ao José Fernando Villamayor Ibarra pela parceria durante a aplicação dos estudos empíricos, pelas conversas e discussões sobre o tema do trabalho.

Agradeço ao CNPQ pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação à essa pesquisa.

Agradeço aos meus familiares pelo incentivo.

Agradeço aos meus pais por todo amor e apoio durante o período de desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço ao meu irmão, Felipe, pelas conversas e momentos de descontração.

Agradeço ao Eduardo pelo seu apoio, incentivo e amor.

O que a gente não pode mesmo, nunca, de jeito nenhum...
é amar mais ou menos, sonhar mais ou menos, ser amigo mais ou menos, namorar mais ou
menos, ter fé mais ou menos, e acreditar mais ou menos. Senão a gente corre o risco de se
tornar uma pessoa mais ou menos.

Chico Xavier

RESUMO

ROCHA, G. S. **Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com Uso de Dispositivos Móveis**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Em muitas empresas construtoras existem dois sistemas de controle distintos da produção em canteiros de obra, um que é usado para monitorar a conclusão das atividades e outro relacionado às inspeções de qualidade. Estudos anteriores apontaram que esta divisão entre o controle da produção e o controle da qualidade é uma das causas principais de diversas categorias de perdas nos canteiros de obras, tais como *making-do*, trabalho em progresso, e retrabalho, contribuindo também para a ocorrência de tarefas informais na execução da obra, ou seja, atividades que não são formalmente planejadas ou controladas. Outra consequência desta falta de integração é a falta de confiabilidade de alguns indicadores de controle da produção, tais como avanço físico, e percentagem de pacotes concluídos (PPC). O presente trabalho tem como objetivo o refinamento de um modelo de controle integrado da produção e qualidade, proposto em trabalhos de pesquisa anteriores, que inclui o controle de pacotes formais e informais, e perdas por *making-do*, com o uso de dispositivos móveis. Este modelo está vinculado ao Sistema *Last Planner* de Controle da Produção. Foram realizados dois estudos empíricos, sendo que no primeiro foram propostas melhorias no modelo existente e foi desenvolvida um *software* para a implementação do mesmo, enquanto no segundo foi testada a utilidade e aplicabilidade do referido modelo. As principais contribuições do estudo para o controle da produção estão relacionadas à forma de avaliação dos pré-requisitos para o início de cada atividade, ao desenvolvimento de uma forma simplificada de monitoramento de pacotes informais e das perdas por *making-do*, e à flexibilidade permitida à inclusão de novos pacotes de trabalho específicos, que são necessários no Sistema *Last Planner*.

Palavras-chave: controle integrado; produção; qualidade; dispositivos móveis.

ABSTRACT

ROCHA, G. S. **Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com Uso de Dispositivos Móveis**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

In many construction companies there are two separate production control systems in construction sites, one that is used to monitor the completion of activities, and another related to quality inspection. Previous studies pointed out that the separation between production control and quality control is a major cause of different categories of waste in construction sites, such as making-do, work in progress and rework, also contributing to the occurrence of informal tasks in project execution, i.e. activities that are not formally planned or controlled. Another consequence of this lack of integration is the lack of reliability of some production control measures, such as physical progress, and percentage of plans completed (PPC). The objective of this research work is to refine an integrated production and quality control model, proposed in previous studies, which includes the control of formal and informal tasks, and *making-do* waste, by using mobile computer devices. This model is linked to the Last Planner System of Production Control. Two empirical studies were carried out. In the first one some improvements were proposed in the existing model and a software tool was devised for the implementation of the model. In the second one the utility and applicability of the model was tested. The main contributions of this investigation for production control are related to the evaluation of prerequisites for starting each activity, the development of a simple way for monitoring informal tasks and *making-do* waste, and the flexibility for the inclusion of specific new work packages, which are needed for the Last Planner System.

Key-words: integrated control; production; quality; mobile devices

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	19
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	23
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA	26
1.4	OBJETIVOS	26
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2	CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE ...	28
2.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	28
2.1.1	Sistema <i>Last Planner</i> de Controle da Produção.....	30
2.2	GESTÃO DA QUALIDADE	33
2.3	PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	38
2.3.1	Perdas por <i>Making-do</i>	40
2.3.2	Perdas por falta de terminalidade e trabalho informal	42
2.4	CONTRIBUIÇÕES PARA A INTEGRAÇÃO DO PCP COM A GESTÃO DA QUALIDADE.....	45
3	SISTEMAS INFORMATIZADOS PARA CONTROLE DA PRODUÇÃO E QUALIDADE.....	52
3.1	USO DE TI NA CONSTRUÇÃO	52
3.2	DISPOSITIVOS MÓVEIS NA GESTÃO DA PRODUÇÃO EM CANTEIROS DE OBRAS.....	53
3.3	USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A GESTÃO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE.....	56
3.4	FERRAMENTAS QUE UTILIZAM DISPOSITIVOS MÓVEIS NA GESTÃO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE	59
3.4.1	KanBIM	59

3.4.2	<i>Track Our Plan</i>	61
3.4.3	<i>Office Production Controller</i>	61
4	MÉTODO DE PESQUISA	63
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	63
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	65
4.3	DESCRIÇÃO DA EMPRESA A	68
4.4	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS EMPÍRICOS	69
4.4.1	Fontes de Evidências	69
4.4.2	Estudo exploratório.....	70
4.4.2.1	Descrição dos Empreendimentos A1 e A2.....	70
4.4.2.2	Descrição das Atividades Desenvolvidas.....	73
4.4.3	Estudo empírico 1	78
4.4.3.1	Descrição do Empreendimento A3	78
4.4.3.2	Descrição das Atividades Desenvolvidas.....	80
4.4.3.3	Procedimentos de Inspeção e Condições de Início	87
4.4.3.4	Avaliação de tecnologias.....	88
4.4.4	Estudo empírico 2	89
4.4.4.1	Descrição das Atividades Desenvolvidas.....	89
4.4.5	Avaliação e Reflexão.....	93
5	RESULTADOS	95
5.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DO EMPREENDIMENTO A3	95
5.2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE DO EMPREENDIMENTO A3	99
5.3	ANÁLISE CRÍTICA DOS MODELOS ANTERIORES E ADAPTAÇÕES REALIZADAS PARA APLICAÇÃO NO EMPREENDIMENTO A3	101
5.4	ESTUDO EMPÍRICO 1	103
5.4.1	CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	104

5.4.2	CONTROLE DA QUALIDADE	107
5.4.3	<i>Making-do</i>	112
5.5	MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE COM USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS	116
5.5.1	Escopo inicial de modelo de controle integrado de Produção e Qualidade e da ferramenta de TI para sua implementação.....	116
5.5.2	Modelo de Controle Integrado entre Produção e Qualidade	120
5.5.3	Ferramenta desenvolvida para aplicação do método proposto, com o uso de dispositivos móveis	124
5.5.3.1	Módulo <i>Web</i>	124
5.5.3.2	Módulo para <i>tablet</i>	135
5.6	ESTUDO EMPÍRICO 2	139
5.6.1	Controle da produção e da Qualidade	139
5.6.2	<i>Making-do</i>	150
5.7	MELHORIAS IMPLEMENTADAS NA FERRAMENTA	155
5.8	DISCUSSÃO DOS INDICADORES COLETADOS	157
5.9	AValiação DO MODELO DE CONTROLE INTEGRADO	159
5.9.1	Utilidade	159
5.9.2	Facilidade de uso	160
5.10	DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS	162
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	166
6.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	166
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	168
	REFERÊNCIAS	169
	APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NOS ESTUDOS EMPÍRICOS 1 E 2	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - sistema Last Planner de Produção (baseado em: BALLARD, 2000)	31
Figura 2 - Os quatro níveis na evolução do TQM (DALE; WIELE; IWAARDEN, 2007)..	36
Figura 3- Categorias de perdas propostas por Sommer (2010) e complementadas por Fireman (2012)	41
Figura 4 - Natureza das perdas por making-do (SOMMER, 2010).....	42
Figura 5 - Módulo de campo para controle da produção.....	48
Figura 6 - Módulo de campo para registro de perdas por making-do.....	49
Figura 7 - Processo de coleta de dados (LEÃO, 2014).....	50
Figura 8 - Interface do sistema KanBIM fonte: Sacks, 2013.....	60
Figura 9 - Delineamento da pesquisa.....	66
Figura 10 - Implantação do empreendimento A1 (Fonte: Empresa A)	70
Figura 11 - Tipologia das unidades habitacionais do empreendimento A1 (Fonte: Empresa A)	71
Figura 12 - Planta-baixa unidade com 3 dormitórios (Fonte: Empresa A).....	71
Figura 13 - Planta-baixa tipologia com 2 suítes (Fonte: Empresa A).....	72
Figura 14 - Implantação do empreendimento A2 (Fonte: Empresa A)	72
Figura 15 - Registro de observações realizadas na primeira etapa do estudo exploratório .	73
Figura 16 - Banco de dados da ferramenta utilizada no estudo exploratório	76
Figura 17 - Registro de observações realizadas na segunda etapa da fase exploratória	77
Figura 18 - Implantação do Empreendimento A3 (Fonte: Empresa A).....	79
Figura 19 – Planta-Baixa da UH de 2 e 3 dormitórios, respectivamente (Fonte: Empresa A)	79
Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1	81
Figura 21 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 2	90
Figura 22 - Subconstructo e fontes de evidências do constructo utilidade	93
Figura 23 - Subconstructo e Aspectos de Avaliação do Constructo Aplicabilidade	94

Figura 24 - Planilha de Controle da Produção utilizada pela Empresa A.....	98
Figura 25 - Dispositivos Visuais utilizados na obra.	98
Figura 26 - Exemplo de PVQ preenchida.....	100
Figura 27 - Utilização de filtros por torre para localização de pacotes de trabalho no canteiro de obras.	102
Figura 28 - PPC semanal	104
Figura 29 - Motivos de Não Conclusão de pacotes de trabalho atribuídos pela engenharia.	104
Figura 30 - Percentual de pacotes Informais executados por semana	105
Figura 31 - Categorias de pacotes Informais	105
Figura 32 - Processos executados como atividade informal.....	106
Figura 33 - Formas já montadas sem selagem executada e selagem posterior à montagem	109
Figura 34 - Nata excedente na base e no topo do pilar, respectivamente	109
Figura 35 - Falta de qualidade nas juntas verticais.....	110
Figura 36 - Fissuras e buracos nas lajes pré-fabricadas.....	111
Figura 37 - Inspeção e identificação de reparo para o critério "preenchimento do graute"	112
Figura 38 - Matriz para avaliação de risco (FIREMAN, 2012).....	112
Figura 39 – Categoria de perdas por making-do identificadas no estudo empírico 1.....	113
Figura 40 – Natureza das perdas por making-do identificadas no estudo empírico 1.	113
Figura 41 – Impactos das perdas por making-do identificados no estudo empírico 1.....	114
Figura 42 - Tipo de Pacote das perdas por making-do identificadas no estudo empírico 1	114
Figura 43 – Calço de madeira na barra de ancoragem e escoramento inadequado de fôrma	115
Figura 44 - Corte de material em local inapropriado.....	115
Figura 45 - Diagrama do processo de coleta de dados na concepção inicial do modelo de controle integrado	118
Figura 46 - Figuras ilustrativas representando a interface do módulo de campo da ferramenta concebida, com uso de BIM	119

Figura 47 - Diagrama de Fluxo do modelo para a rotina a ser realizada para cada lote....	120
Figura 48 - Rotina “B” do Diagrama de Fluxo do modelo.....	121
Figura 49 – Rotina “1” do Diagrama de Fluxo do processo de coleta de dados do modelo	122
Figura 50 - Rotina "A" do Diagrama de Fluxo do processo de coleta de dados do modelo	123
Figura 51 - Página inicial Módulo Web.....	126
Figura 52 - Cadastro de Equipes pelo Módulo Web.....	126
Figura 53 – Opção para Cadastro de Critérios de Qualidade, Pacotes Genéricos e Templates no módulo Web	126
Figura 54 - Cadastro de Critério de Qualidade pelo Módulo Web.....	127
Figura 55 - Opção "Gerenciar Critérios de Qualidade" no Módulo Web.....	127
Figura 56 - Cadastro de Procedimento de Inspeção no Módulo Web	127
Figura 57 - Cadastro de Pacote Genérico pelo Módulo Web	128
Figura 58 - Aba de gerenciamento dos Pacotes Genéricos no Módulo Web	128
Figura 59 - Cadastro de Condições de Início pelo Módulo Web.....	129
Figura 60 - Cadastro de Template pelo Módulo Web	129
Figura 61 - Inserção de dados para cadastro da obra.....	130
Figura 62 - Seleção de Template para cadastro da Obra	130
Figura 63 - Seleção das Equipes para cadastro da Obra	130
Figura 64 – Exemplo de numeração do código utilizado no cadastro de lotes.....	131
Figura 65 - Cadastro de novo lote.....	131
Figura 66 - Janela para gerenciar Atividades.....	131
Figura 67 - Cadastro de nova Atividade	132
Figura 68 - Cadastro de pacote específico na programação semanal	132
Figura 69 - Lista com os registros da programação semanal.....	133
Figura 70 - Detalhes do registro de um pacote genérico controlado	133
Figura 71 - Cadastro de Motivo de não conclusão	133

Figura 72 - Campo em que as ocorrências de making-do registradas pelo tablet são exibidas	134
Figura 73 - Visualização de imagens de ocorrências making-do no módulo web	134
Figura 74 - Dados analisados apresentados de forma gráfica no módulo web.....	135
Figura 75 - Lista de lotes com ou sem atividades, atividades registradas em um lote específico, e criação de atividade informal na tela do módulo para tablet, respectivamente	136
Figura 76 - Tela de controle, e de avaliação das condições de início no módulo para tablet, respectivamente	137
Figura 77 - Telas de registro, listagem, e fotos das improvisações no modo ara tablet, respectivamente	138
Figura 78 – Tela de inspeção, procedimento de inspeção, e registro de reprovação	139
Figura 79 - PPC Semanal do Estudo Empírico 2.....	140
Figura 80 - Categoria dos motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho – Estudo Empírico 2.....	140
Figura 81 - Motivos de não conclusão de pacotes de trabalho - Estudo Empírico 2.....	141
Figura 82 - Quantidade de pacotes informais executados em relação ao total de pacotes executados no período do Estudo Empírico 2.	141
Figura 83 - Tipo de Pacote de Trabalho exeucutados no Estudo Empírico 2.....	142
Figura 84 - Processos executados informalmente.....	143
Figura 85 - Pacotes Informais mais frequentes.....	144
Figura 86 - comparação entre a execução formal e informal dos pacotes de trabalho informais mais frequentes.....	144
Figura 87 - Indicador PPCQ	145
Figura 88 - Indicador PPCR comparado com o indicador PPC.....	145
Figura 89 - Impossibilidade de verificação de juntas verticais e taliscas após execução do reboco.....	146
Figura 90 - Impossibilidade de verificação da fixação da esquadria após execução do reboco.....	146
Figura 91 - Janela de inspeção desobstruída para inspeção, e janela após aplicação do graute	146
Figura 92 - Avaliação de qualidade dos pacotes de trabalho do Estudo Empírico 2.....	147

Figura 93 - Critérios de desempenho e limpeza reprovados na execução de reboco	148
Figura 94 - Problemas de qualidade nas juntas verticais das alvenarias estruturais	148
Figura 95 - Problemas de Qualidade no posicionamento e fixação das tubulações das redes hidráulicas, respectivamente	148
Figura 96 – Parede rebocada sem contramarco instalado no vão, e contramarco instalado sobre reboco, respectivamente	149
Figura 97 - Funcionários sem EPI necessário trabalhando próximos à argamassadeira ...	150
Figura 98 - Categorias de perdas por making-do identificadas no Estudo Empírico 2	151
Figura 99 - Naturezas das perdas por making-do identificadas no Estudo Empírico 2.....	151
Figura 100 - Impactos das perdas por making-do identificadas no Estudo Empírico 2	152
Figura 101 – Ocorrências de making-do em cada pacote de trabalho	152
Figura 102 – Exemplo de perdas da categoria área de trabalho - Estudo Empírico 2	154
Figura 103 - Perdas da categoria instalações provisórias registradas no Estudo Empírico 2	154
Figura 104 - Perdas por making-do causadas pelo sequenciamento das atividades	155
Figura 105 - Resumo dos principais resultados do Estudo Empírico	158
Figura 106 - Tempo dispendido e quantidade de lotes inspecionados no Estudo Empírico 2	161

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM: *Building Information Modeling*

EPI: Equipamento de Proteção Individual

EUA: Estados Unidos da América

FVS: Fichas de Verificação de Serviço

GPS: Sistema de Posicionamento Global

LPS: Sistema *Last Planner*

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

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

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PDA: Assistentes Digitais Pessoais

PES: Procedimento de Execução de Serviço

PIFT: Percentual de Pacotes Informais de Falta de Terminalidade

PIN: Percentual de Pacotes Informais Novos

PIR: Percentual de Pacotes Informais de Retrabalho

PMCMV: Programa Minha Casa Minha Vida

PPC: Percentual de Pacotes Concluídos

PPCQ: Percentual de Pacotes Concluídos com Qualidade

PPCR: Percentual de Pacotes Concluídos Real

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

PPI: Percentual de Pacotes de Trabalho Informais

PQO: Plano de Qualidade da Obra

PVE: Planilha de Verificação de Especificidades

PVQ: Planilha de Verificação da Qualidade

RA: Realidade Aumentada

RFID: Identificação por Radiofrequência

SiAC: Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras

SIQ: Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras

STP: Sistema Toyota de Produção

TI: Tecnologia de Informação

TQM: Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management*)

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UH: Unidade Habitacional

UW: Falta de terminalidade (*Unfinished work*)

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a relevância e justificativa do tema proposto, o problema de pesquisa, as questões de pesquisa, assim como as proposições e objetivos do trabalho. Ao final do capítulo também é apresentada a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, várias ações têm sido empreendidas pelos governos para diminuir o *déficit* habitacional acumulado e atender à demanda futura por habitação (MERCES; TOURINHO; LOBO, 2014). Em razão dos temores quanto aos efeitos no Brasil da crise econômica global de 2008, o governo federal lançou um programa para aquecer o setor da construção civil, potencialmente capaz de dinamizar a economia nacional face à ameaça da crise (FERREIRA, 2012). O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), lançado em março de 2009, tem tido um grande impacto no mercado imobiliário brasileiro, e fundamenta-se na ideia de que a ampliação do acesso ao financiamento de moradias e de infraestrutura proporciona mais emprego e oportunidades de negócio (BRASIL, 2010). Este programa alcançou nas duas primeiras fases a marca de 3,857 milhões de unidades (BRASIL, 2015). Segundo Ferreira (2012) as exigências de qualidade mínima não são muito severas, e os padrões de qualidade estabelecidos para o segmento econômico são excessivamente brandos, produzindo habitações de qualidade muito duvidosa.

No que se refere à melhoria da qualidade no setor, o Ministério das Cidades têm conduzido algumas iniciativas para a melhoria da qualidade, com destaque para o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), criado em 1998, cujo objetivo básico é apoiar o esforço nacional de modernidade e promover a qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos (BRASIL, 1998). Em 2005, foi criado no âmbito do PBQP-H o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC), em substituição ao Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (SIQ), que estabeleceu um sistema de avaliação da conformidade de sistemas de gestão da qualidade, em diferentes níveis, para empresas do setor de serviços e obras atuantes na construção civil (BRASIL, 2012). Em 2012 o SiAC teve seu novo regimento revisado, sendo definidos dois níveis de certificação, “A” e “B”, para as empresas do setor (BRASIL, 2012).

Entretanto, apesar das contribuições do SiAC para a melhoria da qualidade na construção, o setor ainda apresenta produtos com diversos problemas de qualidade, conforme apontam as pesquisas de Bartz (2007), Brito (2009), Oliveira (2013), e Santos (2003). Ainda foram identificados problemas relacionados à qualidade em empresas construtoras que possuem programas de qualidade certificados (ALEXANDRE, 2008; BERR, 2010; SANTOS, 2003).

A pesquisa de Bartz (2007) mostra que para que a qualidade atinja os níveis desejados, é essencial que o controle seja efetivo, com a utilização de padrões bem definidos e análise de dados coletados em campo. Assim, melhorias identificadas para os empreendimentos de baixa renda podem ser implementadas a partir de alterações nos processos de controle da qualidade (BARTZ, 2007).

As abordagens atuais de controle de qualidade em canteiros de obra não são eficazes na identificação de defeitos em uma fase adiantada do processo de construção (AKINCI *ET AL.*, 2006). Akinci *et al.* (2006) explicam que, como resultado, os defeitos podem não ser detectados até fases tardias da construção ou até a fase de manutenção da edificação, podendo ter consequências custosas. A inspeção minuciosa durante a construção é um dos fatores mais importantes na prevenção de falhas durante essa etapa, uma vez que a inspeção permite a identificação e reparo de falhas no momento adequado, evitando problemas posteriores (YATES; LOCKLEY, 2002).

A busca da qualidade a partir da redução de falhas gera a diminuição de custos com retrabalhos e aumenta o grau de satisfação dos clientes (BARTZ, 2007). Dessa forma, as empresas podem iniciar o processo de melhoria da qualidade, sem aumentar gastos, eliminando os problemas persistentes (BARTZ, 2007). Love e Li (2000) encontraram o custo do retrabalho como sendo 3,15% e 2,40% do valor de contrato para um empreendimento residencial e industrial, respectivamente. Eles também sugerem que é possível reduzir custos de retrabalho para menos de 1% do valor de contrato por meio da implementação de um sistema de garantia da qualidade bem-sucedido em conjunto com uma estratégia efetiva de melhoria contínua.

No que se refere à redução de falhas e perdas, a indústria da manufatura, particularmente o setor automotivo, apresenta-se como uma referência para a indústria da construção, uma vez que grandes avanços foram alcançados por meio da aplicação dos princípios da produção enxuta, que tem origem no Sistema Toyota de Produção (STP). Nesta filosofia, busca-se a

eliminação de estoques e outras perdas por meio da produção em pequenos lotes, tempos de *set-up* reduzidos, máquinas semi-automatizado, cooperação com fornecedores e outras técnicas (KOSKELA, 1992). No início da década de 1990 essa abordagem já era bastante desenvolvida e praticada por muitas indústrias de manufatura da América e Europa (KOSKELA, 1992). Koskela (1992) esclarece que problemas de qualidade também foram considerados importantes por essa filosofia de produção, evoluindo de um modelo que realizava somente um controle estatístico para uma abordagem mais ampla, incluindo círculos de controle da qualidade e outras ferramentas.

Devido à suas peculiaridades, a construção é frequentemente vista como um setor à parte, diferente da manufatura. Koskela (1992) esclarece que essas particularidades dizem respeito à característica de projeto único da construção, ao local da produção, à necessidade de organizações temporárias, e à forte intervenção dos órgãos de regulamentação. Essas características da construção contribuem para aumentar a variabilidade e as interdependências entre processos (KOSKELA, 1992).

Bij e Ekert (1999) destacam que o controle da produção e o controle da qualidade são normalmente dois sistemas separados nas empresas de construção, porém deveriam ser estruturados de forma conjunta. Os mesmos autores explicam que ambos sistemas de controle influenciam fortemente a competitividade das empresas e demandam continuamente atenção gerencial. Assim, estudar as relações entre controle da produção e controle da qualidade pode contribuir para alcançar múltiplos objetivos no âmbito da produção enxuta, tais como melhoria da qualidade e produtividade (GODINHO FILHO; FERNANDES, 2003).

Para que as organizações sejam competitivas e aumentem as chances de sobrevivência no mercado, é necessário que a gestão da produção seja ampliada em seu escopo (RANZANI, 2011), englobando diversos aspectos, tais como qualidade, meio ambiente, segurança e saúde no trabalho, entre outros. A integração desses sistemas pode aumentar a eficiência na utilização de recursos, e tornar os processos de gestão mais eficazes, melhorando a imagem da organização (RANZANI, 2011).

É na identificação e na eliminação da falta de relação entre processos e funções de uma organização que se encontram, com frequência, grandes oportunidades para a melhoria do desempenho das empresas e, conseqüentemente, para o aumento de sua competitividade (GODINHO FILHO; FERNANDES, 2003). Vários estudos têm realizado proposições para a

realização do controle da produção e da qualidade, assim como a redução de perdas, salientando a importância desse tema na área da construção (AKINCI *ET AL.*, 2006; BALLARD, 2000; BERNARDES, 2001; WANG *ET AL.*, 2014). O Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (LPS), desenvolvido por Ballard (2000), é um exemplo de trabalho que se destaca na utilização dos conceitos da produção enxuta para melhorar o sistema de gestão da construção e reduzir perdas.

Nesse contexto, o uso de tecnologia da informação (TI) surge como um recurso para auxiliar as empresas na melhoria do controle da produção e da qualidade. Estudos anteriores indicam que tecnologias de computação móvel possuem um grande potencial na melhoria da acessibilidade à informação, aumento da efetividade da gestão, e elevação da eficiência operacional (SON *et al.*, 2012). Tais avanços potenciais são amplamente atribuídos à crescente mobilidade de dispositivos computacionais, que permitem que usuários em qualquer localização acessem e compartilhem importantes informações de empreendimentos de construção de uma maneira eficiente (KIM *et al.*, 2013).

Apesar do crescente interesse em dispositivos de computação móvel na indústria da construção, estes ainda enfrentam um certo ceticismo por parte da indústria devido a relativa falta de dados que suportem sua utilização e à falta de entendimento sobre dispositivos de computação móvel, visto que a maioria das pesquisas sobre dispositivos móveis abordam o assunto ou de perspectiva técnica detalhada, ou de uma perspectiva conceitual geral, mas o que é necessário para assegurar uma implementação de dispositivos móveis bem sucedida na indústria da construção é uma investigação de toda a extensão das questões individuais, organizacionais, sociais e técnicas envolvidas (SON *et al.*, 2012).

Bowden *et al.* (2005) salientam que a implementação bem sucedida de tecnologias móveis tipicamente produz retorno sobre investimento dentro de um ano de adoção, independentemente dos custos de instalação. Nos últimos anos, a adoção de dispositivos com visores interativos aumentou muito e o uso de *tablets* e *smartphones* são amplamente utilizados, não sendo mais o custo e a dificuldade de uso barreiras para sua utilização (IRIZARRY *et al.*, 2013).

De acordo com Kimoto *et al.* (2005), diversas perdas podem ocorrer devido à conversão da informação, assim como o fluxo entre escritório e canteiro de obras. Davies e Harty (2013) argumentam que o uso de dispositivos móveis permite que a informação necessária esteja

disponível no próprio canteiro de obras, possibilitando que o tempo de trabalho seja utilizado nas coletas e verificações em campo efetivamente, ao invés da necessidade de deslocamento até o escritório sempre que alguma informação for necessária.

Nos últimos anos, diversas pesquisas desenvolvidas no Núcleo para a Inovação da Edificação (NORIE) investigaram a integração dos processos de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e gestão da qualidade (FIREMAN, 2012; SUKSTER, 2005), sendo que o trabalho de Leão (2014) explorou a utilização de TI. A mesma propôs um modelo de controle integrado entre produção e qualidade, apontando as relações entre pacotes de trabalho informais com o conceito de falta de terminalidade e ocorrências de *making-do*. A presente pesquisa visa dar continuidade a esse trabalho, por meio da aplicação do modelo de Leão (2014) em contextos diferentes do testado em seu trabalho e do refinamento desse modelo, com o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para implementar e testar o modelo proposto.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Laufer e Tucker (1987) explicam que controle é o processo que garante que as ações sejam executadas conforme planejado para que as metas desejadas sejam alcançadas. Controlar exige a medição e avaliação do desempenho, assim como a realização de ações corretivas quando o desempenho não estiver de acordo com o planejado (LAUFER; TUCKER, 1987). Koskela e Howell (2002) afirmam que o foco do controle deveria estar na identificação das causas dos problemas e na realização de ações preventivas e corretivas. Assim, a aprendizagem intrínseca de um processo de melhoria deve estar também inserida no controle, para que este passe a ter como objetivo eliminar a fonte dos problemas, em vez de lidar com seus efeitos (KOSKELA, 1992).

Ballard (2000) argumenta que uma falha clara nos modelos de controle tradicionais na construção civil é que a produtividade dos recursos pode estar de acordo com o orçamento, e o progresso de acordo com o previsto, mas o trabalho pode não estar sendo feito da maneira correta, e no momento ideal. Assim, pode parecer que a obra está progredindo corretamente, mas o trabalho que está sendo produzido pode não estar conforme os requisitos de qualidade do produto ou do processo, uma vez que o controle da qualidade pode estar sendo aplicado de forma separada.

As pesquisas de Camarotto (1998), Cambraia (2004), Fireman (2012), Leão (2014), Assumpção (1996), Saurin (2002), Sukster (2005) e Zen (2006), realizadas no Brasil,

apontaram que essa fragmentação dos sistemas de controle das empresas, em que cada setor possui um controle independente, tais como produção, qualidade e segurança, tende a gerar perdas, incluindo a redução da qualidade, retrabalhos, falhas de segurança, e redução da produtividade. Zen (2006) esclarece que é comum a existência de diversos agentes intervenientes (projetistas, fornecedores e colaboradores) trabalhando em ambientes separados com pouca coordenação e comunicação e que isso é marcante no processo de planejamento e controle da produção, onde muitas vezes há uma tendência de separação entre a execução (canteiro de obra) e planejamento (escritório central). Assim, torna-se necessário buscar formas de melhorar a efetividade no gerenciamento das informações relacionadas ao PCP de empreendimentos de construção civil (ZEN, 2006).

Sukster (2005) salienta que para integrar produção e qualidade é necessária uma mudança na forma de relação da empresa com os subempreiteiros, envolvendo-os como parceiros, auxiliando na qualificação dos seus funcionários e exigindo a participação de todos na evolução dos processos construtivos. Righi e Isatto (2011) apontaram barreiras ao controle integrado da produção e qualidade, tais como a dificuldade de sincronizar a aplicação dos procedimentos de verificação da qualidade com os pacotes de trabalho, o tempo excessivo dispendido na verificação da qualidade, e a realização da verificação da qualidade somente depois que a atividade foi dada por concluída pelo PCP, e imediatamente antes do início da atividade subsequente que dela depende. A adequada integração dos sistemas de PCP e de gestão da qualidade também demanda a adoção de instrumentos de coleta mais simples e objetivos, de forma a permitir o controle da qualidade tão logo os pacotes sejam dados por concluídos pela produção (RIGHI; ISATTO, 2011).

Koskela (1992) sugere que perdas podem ser reduzidas drasticamente, se o foco da gestão for a identificação e eliminação das atividades que não agregam valor. Ou seja, a produção não deve ser considerada como uma série de atividades de conversão, mas como um fluxo de materiais e informações. Nesse sentido, Ohno (1997), um dos principais autores do STP, apresenta uma lista de sete perdas. Koskela (2004) propôs o conceito de perda por *making-do*, e sugere que esta categoria de perdas deveria ser adicionada a esta lista, por se tratar de um tipo de perda muito comum no contexto da Construção Civil.

Koskela (2004) define *making-do* como uma situação em que uma tarefa é iniciada sem todos os recursos necessários, ou é executada apesar de, pelo menos um desses recursos, não estar mais disponível. O referido autor ainda esclarece que os recursos necessários para a execução

de uma tarefa não se referem apenas a materiais, como também equipamentos, ferramentas, pessoal, condições externas, instruções, etc.

O controle desse tipo de perda é fundamental na construção, uma vez que o trabalho em condições não ideais é uma das perdas mais importantes no setor (KOSKELA, 2000). Dessa maneira, o Sistema *Last Planner* de produção usa a supressão das perdas por *making-do* como guia para a redução da variabilidade e melhoria de todo o sistema de produção, atacando o tipo de perda que é dominante no seu contexto de aplicação (KOSKELA, 2004).

Fireman (2012) afirma que muitos problemas de qualidade estão relacionados com a falta de qualidade da tarefa predecessora e que, muitas vezes, essa falta de qualidade é a causa-raiz de perdas por *making-do*. Essa conclusão evidencia que a verificação da qualidade de todos os pacotes concluídos é imprescindível para a que as demais atividades tenham qualidade, assim como para evitar a ocorrência de perdas por *making-do*.

A integração entre os controles da produção e da qualidade é considerada como um meio de reduzir a incidência de pacotes informais por falta de terminalidade e as perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012). A integração entre os dois sistemas de controle também acarreta na coleta e processamento de um maior número de dados em um único momento, gerando uma maior quantidade de informações para ser armazenada e analisada.

Uma das dificuldades para a implementação de sistemas de controle integrados para a gestão da produção e qualidade, incluindo o monitoramento de perdas por *making-do* e falta de terminalidade, é o aumento da quantidade de dados que necessitam ser coletados, processados e analisados. Nesse contexto, há vários anos a literatura têm apontado o uso de dispositivos móveis como uma alternativa eficiente na coleta, processamento e disseminação de dados no canteiro de obras (BOWDEN; THORPE; BALDWIN, 2003; DAVIES; HARTY, 2013; IRIZARRY; GILL, 2009; KIMOTO *et al.*, 2005; NOURBAKHSH, 2012). Tais dispositivos poderiam alterar substancialmente a gestão da produção nas obras, que atualmente é dominada pelo uso de papéis, na forma de desenhos técnicos, anotações e formulários para captura de dados (DAVIES; HARTY, 2013), em que pese a tecnologia de computação móvel disponível (KIMOTO *et al.*, 2005). Defensores do aumento do uso de TI em obras apontam os custos, erros e atrasos como decorrentes da conversão de dados coletados em papel para o meio digital e vice-versa, assim como do fluxo de informação ineficaz entre canteiros de obras e da empresa.

Assim, é possível observar a necessidade de desenvolvimento de trabalhos que busquem o avanço da aplicação de tecnologia de informação em dispositivos móveis no controle da produção e na qualidade para que seus benefícios possam ser ampliados e aplicados também no canteiro de obras.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A partir do problema de pesquisa descrito no item acima, foi definida a seguinte questão principal de pesquisa do trabalho:

“Como controlar de forma integrada a produção e qualidade, considerando a execução de pacotes formais e informais?”

Como desdobramento dessa questão principal, foram definidas as seguintes questões secundárias:

- a) Como o uso de dispositivos móveis pode auxiliar na integração entre os controles da produção e qualidade?
- b) Que dificuldades a falta de controle sobre os pacotes informais e perdas por *making-do* impõe à realização de um controle da produção e qualidade efetivo?
- c) Como o uso de dispositivos móveis no controle integrado da produção e qualidade pode auxiliar na redução das perdas por *making-do*?

1.4 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é *“propor um modelo de controle integrado da produção e qualidade, vinculado ao Sistema Last Planner de Produção, que permita controlar os processos de produção, incluindo a execução de pacotes informais, e perdas por making-do, com o uso de dispositivos móveis”*.

O modelo de controle integrado da produção e qualidade proposto nessa pesquisa busca a facilitar o acesso às informações, de forma que os dados necessários para a aplicação do controle integrado estejam disponíveis no canteiro de obras, no momento adequado, por meio da utilização de dispositivos móveis, sem que seja preciso ir até o escritório para obtê-los. Assim, como desdobramentos do objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos secundários:

- a) Desenvolver um sistema de TI capaz de dar suporte à aplicação do modelo proposto, com o uso de dispositivos móveis; e
- b) Aplicar o modelo proposto para avaliação de sua utilidade e facilidade de uso.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta, além do presente capítulo de introdução, outros cinco subsequentes.

Os capítulos 2 e 3 referem-se à revisão de literatura, que aborda os seguintes assuntos: controle integrado da produção e qualidade e sistemas informatizados para controle da produção e qualidade.

O capítulo 4 apresenta a metodologia de pesquisa, descrevendo a sua estratégia e delineamento, assim como uma descrição das três etapas nas quais a pesquisa foi estruturada.

O capítulo 5 traz os resultados finais da pesquisa e uma proposta de modelo de controle integrado entre produção e qualidade com uso de dispositivos móveis.

Por fim, o capítulo 6 traz as conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE

Este capítulo apresenta uma breve revisão de literatura acerca do planejamento e controle da produção, com foco no sistema *Last Planner* de produção, no controle da qualidade, assim como na integração entre os dois sistemas. Ainda, é abordado a mensuração e controle de perdas na construção, com destaque para as perdas por *making-do*.

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

A literatura têm apontado muitas deficiências na forma como o planejamento e controle da produção é desenvolvido em empresas de construção (FORMOSO *et al.*, 1999; LAUFER; TUCKER, 1987). Nesse sentido, diversos trabalhos foram realizados com o objetivo de melhorar a eficácia do planejamento e controle da produção, uma vez que este processo tem um papel muito importante na melhoria do desempenho de empreendimentos de construção.

Nesse contexto, destacam-se, as pesquisas destinadas a aplicar e investigar os conceitos e princípios do novo paradigma de gestão da produção. Esse novo paradigma, apresentado por Koskela (1992) como a “nova filosofia da produção para a construção” foi desenvolvida a partir dos conceitos da produção enxuta, e, na manufatura, têm atingido grandes ganhos em desempenho. A produção enxuta é uma filosofia de produção que tem origem no Sistema Toyota de Produção (STP), sobretudo com ideias propostas por Ohno (1997) e Shingo (1996). Seus conceitos e métodos têm sido adaptados ao setor da construção, e implementados em diversos processos, com destaque para o planejamento e controle da produção (BERNARDES, 2001).

Contudo, nem sempre os sistemas desenvolvidos para o ambiente da manufatura conseguem se adaptar às situações da produção presentes no setor da construção (ASSUMPCÃO, 1996). Tais dificuldades ocorrem, geralmente, porque os princípios desenvolvidos na produção industrial não foram suficientemente abstraídos e aplicados de acordo com as peculiaridades intrínsecas do ambiente da construção civil (KOSKELA, 1992). Essa atenção dada à melhoria da eficácia do planejamento e controle da produção decorre do fato que a função produção possui um papel estratégico na determinação do grau de competitividade das empresas construtoras, assim como no setor como um todo (COELHO, 2003). Assim, o planejamento e

controle da produção tem papel fundamental no desenvolvimento da construção civil, visando a obter ganhos de qualidade e produtividade (FORMOSO *et al.*, 1999).

Laufer e Tucker (1987) definem o planejamento como um processo de tomada de decisão realizado antes da ação, a fim de projetar o futuro desejado e definir maneiras efetivas de alcançá-lo. Os mesmos autores ainda esclarecem que o planejamento e o controle são processos intrinsicamente interligados, formando ciclos de planejamento e controle. Segundo os mesmos autores, o planejamento estabelece as metas e o curso das ações para alcançá-las, enquanto o controle é o processo que garante que o curso das ações seja mantido e que as metas desejadas sejam alcançadas. Controle envolve medir e avaliar desempenho, e a tomar as ações corretivas quando o desempenho diverge dos planos (LAUFER; TUCKER, 1987).

Uma vez que planejamento e controle são processos indissociáveis, Laufer e Tucker (1987) salientam que além de produzir planos, um sistema de planejamento e controle deve estabelecer o que deve ser feito (atividades), como as atividades devem ser desempenhadas (métodos), quem deve executar cada atividade e com que meios (recursos), e quando as atividades devem ser desempenhadas (sequência e prazo).

Todavia, o planejamento tem se resumido, em geral, na produção de orçamentos, programações e outros documentos referentes às etapas a serem seguidas durante a execução do empreendimento (BALLARD; HOWELL, 1997). Isso se deve, em parte, ao fato de que na indústria da construção, o termo planejamento é, em geral, interpretado como o resultado da geração de planos, denominado por programação ou cronograma geral da obra (BERNARDES, 2001). De fato, algumas técnicas de planejamento, tais como o método do caminho crítico (CPM) são, algumas vezes, utilizadas erroneamente como sinônimo de gestão de empreendimentos, sendo que a geração de planos ganha excessiva ênfase em detrimento de outras atividades de planejamento e controle (LAUFER; TUCKER, 1987).

Laufer e Tucker ainda (1987) salientam que o processo de planejamento e controle tem o papel de coordenação e comunicação entre todas as partes envolvidas na realização do projeto da construção, harmonizando e facilitando as trocas entre os grupos, que são caracterizados por um alto grau de interdependências. Essa interdependência reduz *buffers*, e demanda que diversas partes trabalhem em um contato próximo umas com as outras em termos de tempo ou espaço (LAUFER; TUCKER, 1987).

Nesse contexto, inúmeros estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que deficiências no processo de planejamento e controle da produção estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor de construção civil, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos (MOURA; FORMOSO, 2009). Sendo assim, diversos esforços têm sido realizados para melhorar o desempenho do processo de PCP na indústria da construção através da implementação do Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (MOURA; FORMOSO, 2009).

2.1.1 Sistema *Last Planner* de Controle da Produção

O controle na construção civil tem sido, tradicionalmente, focado na detecção dos problemas após sua ocorrência e na detecção de problemas nos objetivos dos projetos em relação a custos e prazo, e não tem lidado diretamente com o gerenciamento da produção (BALLARD, 2000). A partir dessa necessidade de melhoria do sistema de gestão da produção, Ballard (2000) propõe um sistema de controle, chamado sistema *Last Planner* de Produção, que utiliza conceitos da enxuta.

Em métodos tradicionais de gestão, como redes CPM, todas as atividades são tratadas como se fossem atividades que agregam valor, incluindo muitas que, na realidade, não são (MORAN, 2012). Como resultado, há consideráveis perdas na construção, tanto em relação a trabalho quanto à a materiais. Nesse sentido, o LPS busca aumentar a confiabilidade do planejamento, ou seja, que as atividades executadas sejam aquelas que foram efetivamente planejadas e no momento em que foram planejadas, assim como a redução da variabilidade (BALLARD, 2000).

Esse sistema funciona com três níveis de planejamento, em que o planejamento no nível mais alto, de longo prazo, tende a se concentrar em objetivos e restrições globais, que dizem respeito ao empreendimento como um todo, e é pouco detalhado (BALLARD, 2000). A partir do plano de longo prazo, é definido um período de planejamento mais curto, em que devem ser especificados meios para atingir esses fins, ou seja, na eliminação de restrições em um plano de médio prazo, para possibilitar que esses objetivos tenham todas as condições para serem efetivamente executados quando planejados (BALLARD, 2000), em que as atividades que não agregam valor, como transporte e estoque, são analisadas e planejadas. Finalmente, no nível mais baixo, o curto prazo, são definidas as atividades a serem realizadas, as quais são atribuídas a equipes específicas (BALLARD, 2000). Aquele que define os pacotes a serem executados é chamado de *last planner*, ou seja, o “último planejador”.

As atividades que serão feitas, a partir do plano de curto prazo, devem corresponder às atividades que podem ser realizadas, pois tiveram suas restrições removidas no plano de médio prazo, que, por sua vez, foram determinadas a partir das atividades que devem ser feitas, especificadas no plano de longo prazo (BALLARD, 2000), conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1 - sistema *Last Planner* de Produção (baseado em: BALLARD, 2000)

O mesmo autor ainda explica que um indicador de controle chave no LPS é o percentual de pacotes de trabalho concluídos (PPC), que visa avaliar a confiabilidade do planejamento desenvolvido e a produtividade das equipes. Esse indicador é calculado pela diferença entre a quantidade de pacotes concluídos pela quantidade de pacotes de trabalho planejados. Em sua tese, Ballard (2000) desenvolveu cinco estudos de caso, que mostram que a confiabilidade do planejamento melhora com a utilização do LPS, e com o envolvimento dos participantes. Os registros de PPC aumentaram consideravelmente, uma vez que, anteriormente, registros de PPC acima de 70% eram extremamente raros (BALLARD; HOWELL, 1997), e em seus três últimos estudos de caso, todos atingiram níveis de PPC de 76% ou maior, sendo que no último estudo, o valor foi consistentemente acima de 90%. Howell e Macomber (2002) sugerem que um PPC acima de 80% pode ser considerado como um bom desempenho, e que

sendo que valores abaixo de 60% indicam que a obra possivelmente enfrenta muitos problemas relacionados à eficiência e cumprimento de prazos.

Bernardes (2001) propôs um conjunto de práticas para avaliar sistemas de planejamento e controle da produção de empresas da construção. Esse conjunto de práticas sofreu várias revisões em trabalhos subsequentes (BULHÕES; FORMOSO, 2005; RECK, 2013), sendo frequentemente utilizado para mensurar o grau de implementação do LPS, por meio de um indicador denominado “índice de boas práticas de planejamento e controle da produção” (IBPPCP).

O IBPPCP é calculado pela razão entre a soma das notas atribuídas às práticas pelo número de práticas. As notas atribuídas são de 1 e 0,5, para as práticas que foram implementadas integralmente e parcialmente, respectivamente, e 0 para aquelas não implementadas (BERNARDES, 2001). As práticas consideradas para o cálculo deste indicador são as seguintes (BULHÕES; FORMOSO, 2005):

- 1) Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo;
- 2) Rotinização das reuniões do curto prazo;
- 3) Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos;
- 4) Programação de tarefas suplentes;
- 5) Inclusão no plano de curto prazo pacotes de trabalho sem restrições;
- 6) Definição correta dos pacotes de trabalho;
- 7) Planejamento e controle dos fluxos físicos;
- 8) Rotinização do planejamento de médio prazo;
- 9) Remoção sistemática das restrições;
- 10) Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra;
- 11) Elaboração de um plano de longo prazo transparente;
- 12) Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra;
- 13) Formalização do processo de pcp;
- 14) Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro;
- 15) Análise crítica do conjunto de dados.

Segundo Moura (2008) e Soares (2003), a melhoria do IBPPCP tende a afetar positivamente a eficácia do planejamento, sendo que esse indicador pode ser usado não somente para avaliar a eficácia da implementação, mas também orientar a implementação desses sistemas.

Diversos estudos, realizados em distintos países (ALSEHAIMI; FAZENDA; KOSKELA, 2013; MOURA, 2008; RUSSELL *et al.*, 2015), apontaram inúmeros benefícios decorrentes da implementação do LPS, tais como a melhoria da gestão do canteiro de obras, comunicação, e coordenação mais eficazes entre as partes envolvidas, assim como a redução de *buffers*, e aumento de confiabilidade do sistema de produção (RUSSELL *et al.*, 2015). Ainda, podem ser destacados como benefícios da implementação do LPS a redução da variabilidade e aumento da produtividade que, por sua vez, também contribuem com a redução de custos e prazos (BALLARD; HOWELL, 1997; MOURA, 2008)

2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

Para Garvin (2002), existem alguns conflitos em torno do conceito de qualidade devido ao fato de que cada área interpreta o termo qualidade de maneira diferente. O mesmo autor explica que enquanto a área de *marketing* está voltada para aspectos que geram satisfação para o cliente, a área de projeto de engenharia se foca nas definições de especificações com intuito dos profissionais da produção se preocuparem em manter a conformidade com elas.

A definição da qualidade baseada na produção proposta por Garvin (2002) refere-se à oferta, identificando qualidade como “conformidade com as especificações”. Ou seja, falhas relacionadas a desvios de projeto ou de especificações pré-estabelecidas implicam em queda de qualidade. Assim, melhorar a qualidade significa reduzir custos, uma vez que prevenir defeitos é mais barato do que os corrigir.

A qualidade das atividades de execução pode afetar a lucratividade geral de um empreendimento (HEINLOTH, 2000). Uma boa qualidade de processos resulta em benefícios de curto prazo aos empreendimentos, uma vez que a baixa qualidade possui despesas associadas, tais como o custo de demolição e reenvio de componentes defeituosos, e retrabalho para instalar os itens novamente (MORAN, 2012).

A necessidade por uma inspeção da qualidade formal surgiu a partir da introdução dos modelos de produção em massa, por meio de métodos estatísticos que utilizavam técnicas de amostragem para impedir que produtos com defeitos chegassem ao consumidor (BARTZ,

2007; GARVIN, 2002). Nesse sentido, Picchi (1993) apresenta uma breve evolução histórica da gestão da qualidade, que inicia com o sistema de produção artesanal, em que todas as etapas do processo eram centradas no artesão, que definia, produzia e controlava a qualidade.

Com o surgimento do sistema de manufatura, o supervisor assume a definição de qualidade e a comercialização (PICCHI, 1993). Nesse sistema, os trabalhadores perdem autonomia e passam a trabalhar somente na produção, contudo, ainda tem responsabilidade direta pela qualidade, pois o produtor de um defeito ainda pode ser identificado (PICCHI, 1993).

Picchi (1993) explica que com a crescente divisão do trabalho nas fábricas, a função de controle de qualidade é retirada do supervisor e surge a figura do inspetor da qualidade. O referido autor esclarece que essa divisão foi impactada pela filosofia da administração científica, que intensifica a divisão do trabalho e tem como princípio a separação entre planejamento e execução. A ênfase nesse método de produção passou a ser dada à produtividade, o que afetou negativamente a qualidade. A definição, produção e responsabilidade pela qualidade fica afastada da produção e centralizada nos inspetores de qualidade, que tem por função controlar a qualidade dos produtos, evitando que cheguem ao consumidor final (PICCHI, 1993). Sendo assim, além de muito custoso, esse sistema faz com que um número enorme de peças defeituosas seja produzido e sucateadas durante o processo.

Com a segunda guerra mundial, a indústria passou a ter que produzir enormes quantidades de produtos militares (PICCHI, 1993). Com isso, passou a serem utilizadas técnicas de amostragem para o controle estatístico da qualidade. Essa técnica possibilita uma inspeção mais eficiente, uma vez que elimina a necessidade de amostragem 100%. Contudo, essa técnica ainda estava focada na detecção de problemas, não influenciando no número de produtos defeituosos descartados (PICCHI, 1993). Dale, Wiele e Iwaarden (2007) explicam que a inspeção envolve o teste dos componentes após a instalação, na maioria das vezes por pessoas diferentes das que executaram o trabalho. Entretanto, os referidos autores salientam que a inspeção é um passo importante no processo de qualidade, que garante que o equipamento está apto a trabalhar nas tolerâncias exigidas. A adoção dessas técnicas estatísticas permitiu determinar limites de variabilidade e diferenciar problemas mais graves de problemas decorrentes do acaso (GARVIN, 2002).

A partir da década de 50, com o grande aumento no volume de produção e de complexidade dos produtos, exige uma maior sofisticação no enfoque da qualidade e, com isso, surgem os

conceitos de custos da qualidade, engenharia de confiabilidade, assim como programas motivacionais como o zero defeitos nos EUA (PICCHI, 1993). O mesmo autor explica que essa maior complexidade faz com que a qualidade passe a ser enfocada de forma mais ampla, abrangendo do projeto à utilização, envolvendo todos os setores da empresa, e o enfoque quase completamente corretivo passa a ter uma forte conotação preventiva. Picchi (1993) esclarece que esta importante mudança ocorre no início dos anos 70, e passa a ser chamada de Controle da Qualidade Total (TQC). O referido autor explica que a partir dessa etapa, o TQC desdobra-se em duas linhas: o enfoque ocidental e o enfoque japonês.

No enfoque ocidental, a qualidade passa a abranger a empresa como um todo, tratando de aspectos técnicos, administrativos, organizacionais, e a depender não somente da engenharia e estatística, mas também de ciências tais como psicologia, sociologia, educação, economia, informática, ciências jurídicas, entre outros (PICCHI, 1993). A sociedade passa a ter uma crescente preocupação com a segurança e confiabilidade dos produtos, exigindo maiores garantias e responsabilidades (PICCHI, 1993). Assim, a partir da década de 50 foi desenvolvido o conceito de garantia da qualidade, o qual fornece a confiança de que os requisitos de qualidade serão preenchidos, especificando os procedimentos para o controle de qualidade e para as inspeções (DALE; WIELE; IWAARDEN, 2007), assim como a demonstração de que todos os procedimentos planejados foram postos em prática, por meio de documentação (PICCHI, 1993). A implantação de sistemas de garantia da qualidade tem grande impulso na década de 80, quando diversas empresas, que em um primeiro momento implantaram esses sistemas somente para cumprir uma formalidade, começaram a constatar que a utilização desse enfoque preventivo e sistêmico pode trazer uma grande contribuição para a melhoria da qualidade e produtividade (PICCHI, 1993).

Os enormes avanços na indústria do Japão passam a chamar a atenção das empresas ocidentais que, principalmente na década de 80, buscam adaptar os conceitos, métodos e técnicas japonesas de gestão da qualidade (PICCHI, 1993). A partir desta mudança, percebe-se uma clara tentativa de incorporação de diversos elementos do enfoque japonês ao ocidental, assim, começa a ser adotada uma visão mais sistêmica, em que toda a gestão é controlada, incluindo comunicação interna, motivação e promoção profissional (PICCHI, 1993).

Dessa forma, para a implementação da gestão da qualidade, diversas empresas ocidentais tem utilizado programas de qualidade baseadas no enfoque japonês, denominados de TQC e TQM,

entre outros (PICCHI, 1993). O mesmo autor explica que esses programas estabelecem uma série de passos para a implementação de um processo de melhoria da qualidade em empresas, com a ampla participação e com o enfoque na satisfação do cliente interno e externo.

Assim, Dale, Wiele e Iwaarden (2007) sintetizam essa evolução na gestão da qualidade, explicando que simples atividades de inspeção foram substituídas ou complementadas por quatro abordagens básicas para o controle da qualidade, não sendo estas alternativas umas às outras, mas, ao contrário, tem um caráter complementar. Assim, nesta evolução, podem ser identificados os estágios de inspeção, controle da qualidade, garantia da qualidade e gestão total da qualidade. Dale, Wiele e Iwaarden (2007) destacam que esses termos são utilizados para indicar níveis em uma progressão hierárquica de gestão da qualidade, assim, uma abordagem é abrangida pela seguinte, conforme é mostrado na Figura 2.

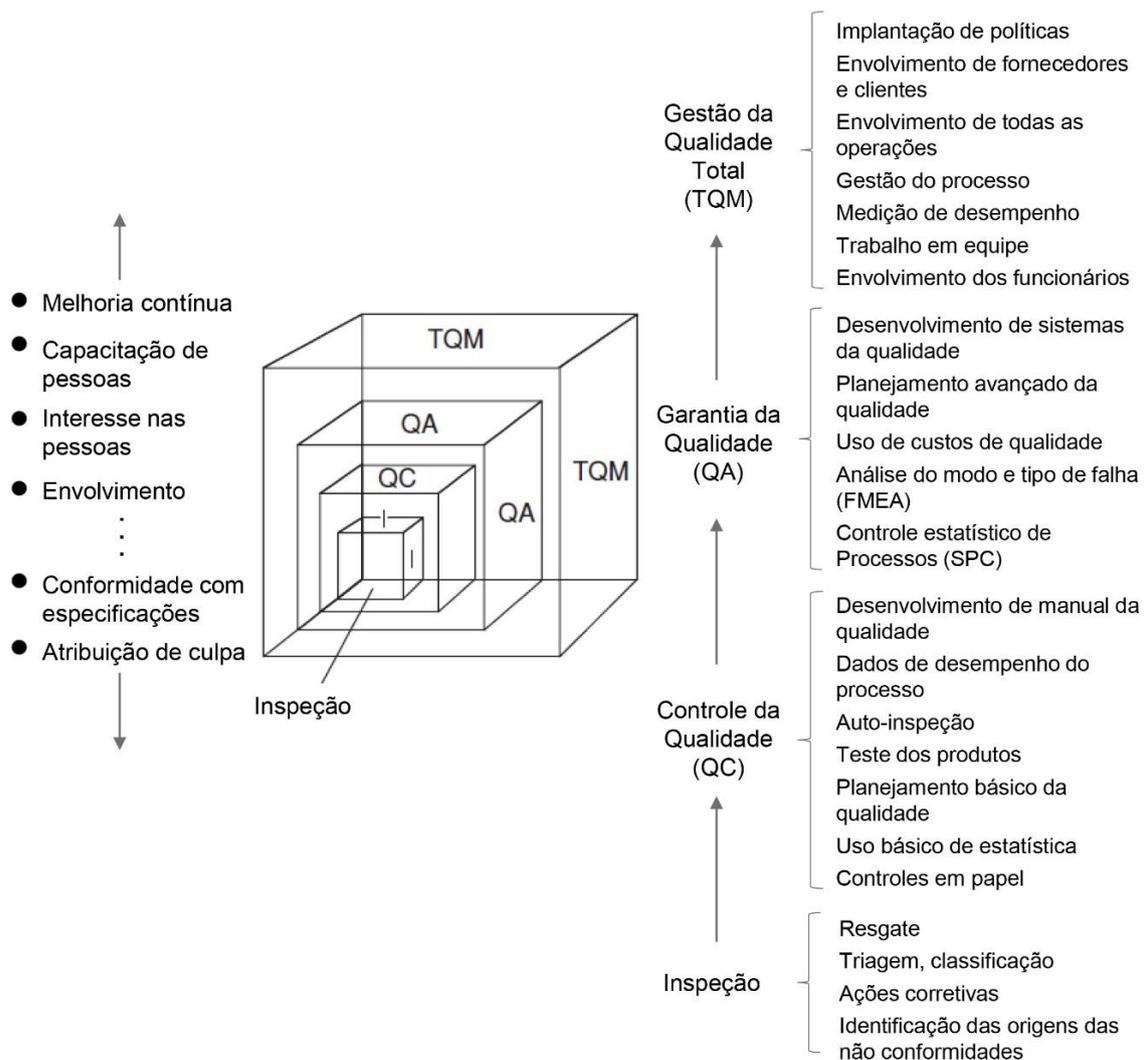


Figura 2 - Os quatro níveis na evolução do TQM (DALE; WIELE; IWAARDEN, 2007)

Picchi e Agopyan (1993) explicam que o enfoque da gestão da qualidade evoluiu, passando de um visão corretiva, baseada na inspeção, chegando até as visões mais modernas, baseadas em medidas preventivas e um enfoque sistêmico, levando em conta todas as etapas do processo. Essa visão aborda os sistemas da qualidade de uma forma mais ampla visa a gestão da qualidade das empresas, e tem o objetivo de abranger todas as etapas que afetam a qualidade do produto, podendo ser representadas em um "ciclo da qualidade" (PICCHI; AGOPYAN, 1993).

Técnicas de gestão da qualidade em projetos da construção podem ser classificadas como reativas ou proativas (WINCH, 2012). O gerenciamento da qualidade reativo permite que as organizações aprendam onde melhorias são necessárias, através da comparação do desempenho real de processos chave com resultados mensuráveis, com os objetivos desejados. O gerenciamento da qualidade proativo, o qual planeja ações preventivas, pode ser visto como um investimento que poupa o custo da correção (HEINLOTH, 2000). Devido à importância da gestão da qualidade nas mais diversas áreas, este é um campo rico em pesquisas, em diferentes aspectos e teorias, dados empíricos de campo e elaborações teóricas (INGASON, 2015). Sendo assim,, alguns de seus aspectos básicos estão bem definidos e estabelecidos através de padrões de gestão internacionais conhecidos e amplamente utilizados, como a ISO 9001 (INGASON, 2015).

A série de normas NBR ISO 9000 busca padronizar os requisitos básicos a serem considerados para que uma organização possa dispor de um sistema de gestão da qualidade, sendo elaborado de tal forma que pode ser implementado com sucesso em quase todos os tipos de empresa (SUKSTER, 2005). A NBR ISO 9001 especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade para organizações que necessitem demonstrar sua capacidade para fornecer produtos que atendam de forma consistente aos requisitos dos clientes, estatutários e regulamentares aplicáveis, assim como pretender aumentar a satisfação do cliente por meio da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para a melhoria contínua do sistema, e assegurar a conformidade com os requisitos (ABNT, 2008). Entretanto, todos os requisitos da NBR ISO 9001 são genéricos e aplicáveis a todas as organizações, independentemente do seu tipo, do seu porte e dos produtos que oferece (ABNT, 2008). No contexto brasileiro, o SiAC, do PBQP-H, fornece certificações às empresas da construção que atendem aos requisitos solicitados, baseados na série de normas ISO 9000 (BRASIL, 2012)

Em sua pesquisa, Picchi (1993) alerta que consultores japoneses destacam que a qualidade no Japão está muito acima dos requisitos mínimos estabelecidos pela ISO 9001, sendo a norma regulamentaria boa como base, visto que é o mínimo necessário, mas que o TQC japonês e o TQM contemplam o que deve ser feito adicionalmente. Assim, Picchi (1993) considera as normas regulamentárias como um guia mínimo do que deve ser implementado, e os programas de melhoria da qualidade como o mecanismo de implementação da gestão da qualidade.

Bartz (2007) também alerta quanto aos cuidados que se deve ter ao utilizar requisitos normativos na concepção do sistema de gestão da qualidade, pois as empresas não devem se limitar a atender os requisitos de normas ou referências normativas de programas da qualidade, mas sim estruturar seus sistemas de gestão da qualidade a partir das suas necessidades.

Santos (2003) salienta que o processo de certificação só tem um impacto positivo substancial no desempenho da empresa quando esta tiver realmente ciência do quanto o investimento realizado no sistema de qualidade retorna para a empresa e não adotá-lo como um título apenas, sem melhorar substancialmente o produto e o valor gerado. O referido autor ainda esclarece que para que a adoção dos requisitos de qualidade exigidos pelos sistemas de certificação produza resultados positivos para a empresa, é necessário que a direção não somente deseje a certificação como meio de cumprir exigências burocráticas, em função de pressões do mercado, mas principalmente saiba se a adoção refletirá em qualidade para o produto final e em ganhos realmente valorizados para a organização (SANTOS, 2003).

2.3 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Embora o conceito de perda seja um dos mais importantes da filosofia da produção enxuta, e sua eliminação tenha sido utilizado como forma de se atingir melhorias na indústria da manufatura, ele não tem sido muito enfatizado nos livros e principais periódicos sobre gestão da construção (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012). Segundo Formoso *et al.* (2002), a perda de materiais tem sido reconhecido como o maior problema na indústria da construção, que tem implicações importantes tanto na eficiência da indústria quanto impacto ambiental dos projetos da construção. Assim, a noção de perda está fortemente associada aos detritos removidos do canteiro e depositados em aterros, sendo a principal razão para essa visão o fato de que é relativamente fácil de se ver e medir (FORMOSO *et al.*, 2002). Os estudos que

utilizam essa noção de perda pouco discutem a sua conceituação, e a sua maioria adota a definição utilizada por instituições regionais, como departamentos governamentais (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012). No entanto, Formoso *et al.* (2002) explicam que o conceito de perda vai além dessa noção, e o definem como a perda de qualquer tipo de recurso - materiais, tempo (trabalho e equipamentos) e financeiros – produzidos por atividades que geram custos diretos ou indiretos, mas que não geram nenhum valor ao produto final do ponto de vista do cliente.

Formoso *et al.* (2002) salientam que a coleta de dados relativos a perdas possui um papel importante no gerenciamento de sistemas de produção, uma vez que essa é uma maneira efetiva de avaliar o seu desempenho, permitindo que áreas de potenciais melhorias sejam apontadas. A maioria das perdas pode ser evitada com a implementação de medidas preventivas pouco custosas, em sua maioria relacionadas a melhorias gerenciais (FORMOSO *et al.*, 2002).

Quanto às causas das perdas, Formoso *et al.* (2002) indicam que problemas gerenciais são os maiores responsáveis pela elevada incidência destas perdas, principalmente aqueles relacionados a processos que antecedem a produção, como projeto, suprimentos e planejamento.

Diferentes tipos de perdas tem sido analisados em estudos acerca do assunto na construção, indicando que perdas na construção tem sido entendidas de maneiras distintas, como consumo excessivo de material, atividades que não agregam valor, retrabalhos e desvios de qualidade (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012). A execução de atividades sem condições adequadas pode ter um impacto negativo na eficiência, na qualidade e nas condições de trabalho (SOMMER, 2010). Esta situação é apontada na bibliografia como uma nova categoria de perda, denominada de *making-do* (KOSKELA, 2004). Koskela (2004) também define *making-do* como o oposto à estoque, uma vez que os recursos aguardam para serem processados, e no *making-do* o tempo de espera por um recurso é negativo, ou seja, o processamento é iniciado antes da chegada do recurso.

Estudos recentes apontam que essa é uma perda típica do setor, e se refere à redução de desempenho do sistema produtivo devido à execução de atividades em condições subótimas. Este tipo de perda ainda é identificado como a causa raiz de problemas da qualidade, e de outras categorias de perdas, como retrabalho, e trabalho em progresso (FIREMAN, 2012;

SOMMER, 2010). Sendo assim, as falhas na análise de restrições realizadas no planejamento de médio prazo têm sido apontadas como a principal razão para o surgimento da perda, pois na ausência dos requisitos necessários para execução das atividades, normalmente, as equipes realizam improvisações que podem comprometer o desempenho da produção (FIREMAN, 2012; LEÃO, 2014; SOMMER, 2010).

2.3.1 Perdas por *Making-do*

Segundo Koskela (2000), o trabalho em condições sub-ótimas é uma das perdas mais importantes na construção. Antes da definição de *making-do* por Koskela (2004), essa falta de condições ideais já havia sido discutida por Ronen (1992), quando ele propôs o uso de um *kit* completo para a realização das atividades. O referido autor define um *kit* completo como um conjunto de componentes, desenhos, documentos e informações necessárias para completar uma atividade ou processo. Iniciar um trabalho com um *kit* incompleto significa mais tempo de atividades para finalizar o trabalho, maior *lead time*, mais trabalho em progresso, diminuição de rendimento, baixa qualidade e não cumprimento do cronograma (RONEN, 1992).

Koskela (2004) afirma que para eliminar o *making-do* é preciso que a base teórica convencional do gerenciamento da produção, que contribui com a ocorrência de *making-do*, seja rejeitada, e que o sistema de gerenciamento da produção seja baseado em uma teoria mais ampla. Assim, o mesmo autor explica que deve-se realizar uma transformação do modelo de gerenciamento da produção, adotando o modelo de fluxo, direcionando a atenção para a redução de perdas e na sua causa maior, a variabilidade.

Deve ser salientado que de forma similar ao uso de estoque e redução do *lead time* como guias, o objetivo de eliminar o *making-do* não visa simplesmente eliminar as suas consequências prejudiciais, mas também apontar as causas e os prejuízos associados a ele (KOSKELA, 2004). Também deve ser reconhecido que talvez haja situações em que o *making-do*, de forma controlada, é uma maneira perfeitamente viável de se atingir algum objetivo particular, como compressão de cronograma (KOSKELA, 2004).

A fim de investigar a ocorrência das perdas por *making-do* na construção civil, Sommer (2010) propôs um método de identificação e mensuração dessas perdas, sendo propostas pela autora sete categorias de perdas por *making-do*. Essas categorias de perdas foram complementadas no trabalho de Fireman (2012) com a adição de uma nova categoria,

nomeada “sequenciamento”, que se refere à alteração da ordem de produção de determinado processo (Figura 3).

CATEGORIAS	DEFINIÇÃO
Acesso/mobilidade	Relativo ao espaço, meio ou forma de posicionamento de quem executa as tarefas
Ajuste de componentes	Artifícios para uso de componentes não adequados à realização das tarefas
Área de trabalho	Refere-se à bancada de trabalho ou área de apoio durante as atividades realizadas
Armazenamento	Organização de materiais ou componentes em locais não preparadas para o seu recebimento
Equipamentos/ferramentas	Criados ou adaptados para uso durante as atividades
Instalações provisórias	Criados ou adaptados para uso de água ou eletricidade durante as atividades
Proteção	Forma de uso dos sistemas de proteção
Sequenciamento	Relativo à alteração na ordem de produção de determinado processo, ou rearranjo da sequência de ataque

Figura 3- Categorias de perdas propostas por Sommer (2010) e complementadas por Fireman (2012)

Sommer (2010) explica que alguns itens necessários para a realização das atividades na obra podem ser identificados, em um primeiro momento, durante a etapa de planejamento de longo prazo. Entretanto, é somente no médio prazo que se torna possível a verificação dos pré-requisitos para executar os pacotes de trabalho. Os pacotes de trabalho planejados, então, consideram que todos os pré-requisitos foram previamente identificados e as atividades a serem executadas no curto prazo estão livres de restrições (SOMMER, 2010). Sendo assim, as improvisações ocorrem porque o processo de identificação e remoção de restrições foi ineficaz.

Com isso, a referida autora sentiu a necessidade de uma categorização das perdas por *making-do* segundo sua origem, de acordo com as falhas que ocorrem na identificação dos pré-requisitos necessários. A Figura 4 apresenta os itens propostos pela autora para identificação da origem das perdas.

NATUREZA	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Informação	Projetos, planos, estudos e procedimentos que fornecem toda informação necessária para a execução dos pacotes de trabalho não estão disponíveis, não são claros, estão incompletos ou são desconhecidos	Método
Materiais e componentes	Não são previstos, disponíveis ou adequados à atividade com qualidade, quantidade e dentro das especificações de projeto e normas	Materiais
Mão-de-obra	Não está disponível em número que atenda os planos, pouco qualificada ou não foi treinada	Mão-de-obra
Equipamentos ou ferramentas	Indisponíveis, não funcionam ou não são adequados às tarefas	Máquina
Espaço	Não há acesso à área de trabalho, circulação ou armazenamento de materiais	Meio
Serviços Interdependentes	Atividades com alta interdependência comprometem a execução das tarefas subsequentes	Meio
Condições externas	Vento, chuva ou temperaturas extremas	Meio
Instalações	Instalações provisórias não atendem as necessidades para execução dos pacotes de trabalho, incluindo: instalações elétricas e hidráulicas provisórias.	Meio

Figura 4 - Natureza das perdas por *making-do* (SOMMER, 2010)

O impacto que as perdas por *making-do* causam na produção, são apresentados por Koskela (2004), sendo: (1) diminuição da produtividade, (2) desmotivação, (3) perda de material, (4) retrabalho, (5) redução da segurança e (6) redução da qualidade.

2.3.2 Perdas por falta de terminalidade e trabalho informal

Fireman (2012), ao propor um método de controle integrado da produção e da qualidade, sugere um refinamento do método proposto por Sommer (2010) em dois aspectos. O primeiro aspecto está relacionado à inclusão de uma nova categoria de perda, definida como sequenciamento, que se refere à alteração na ordem de produção de determinado processo, ou rearranjo da sequência de ataque. O segundo aspecto está relacionado aos impactos que podem surgir na produção devido às perdas por *making-do*, sendo incluída, aos possíveis impactos, a categoria falta de terminalidade.

Também foi destacada no trabalho de Fireman (2012), a importância da identificação de pacotes informais, definidos como pacotes de trabalho realizados sem terem sido planejados durante a reunião de curto prazo. Leão (2014) dividiu os pacotes informais identificados em duas categorias: (a) falta de terminalidade, quando um pacote planejado para a semana anterior considerado concluído continua sendo executado nas semanas seguintes, como arremates, por exemplo, ou quando um pacote executado sem qualidade em semanas anteriores é corrigido sem planejamento; e (b) pacotes novos, que diz respeito a uma tarefa antecipada da semana posterior.

Tanto a falta de terminalidade das atividades, quanto a execução de pacotes de trabalho informais no canteiro de obras, são aspectos que geram limitações na aplicação do LPS, impedindo o sistema de proporcionar todo o seu potencial de melhoria (FIREMAN, 2012). A literatura indica que a ocorrência desses aspectos está relacionada com problemas na realização do plano de médio prazo, em que as restrições não são devidamente retiradas (BERNARDES, 2001; FIREMAN, 2012; LEÃO, 2014; RECK, 2013; SOMMER, 2010).

No que se refere aos pacotes de trabalho informais, pesquisas anteriores têm mostrado que esse tipo de ocorrência é persistente no canteiro de obras, sendo registrado, na pesquisa de Leão (2014) como, aproximadamente, 38% dos pacotes de trabalho registrados em seus estudos de caso. Embora os pacotes informais não empreguem uma alta quantidade de hora.homem, estes podem aumentar a quantidade de trabalho em progresso e dificultar o controle da qualidade, sendo de fato prejudiciais ao sistema produtivo (FIREMAN, 2012). Assim, o monitoramento desse tipo de pacote de trabalho é considerado importante pelos gestores das empresas construtoras, pois possibilita que sejam avaliados pelo controle da qualidade da mesma forma que os pacotes planejados. Isso evita que os problemas de qualidade desses pacotes se propaguem para as demais tarefas.

Outro problema ocasionado pelos pacotes de trabalho informais, é que sua ocorrência impacta o indicador PPC, uma vez que ao consumirem material para viabilizar a sua execução, outros pacotes, que constam no planejamento semanal, podem não ser executados, devido à falta de recursos (LEÃO, 2014).

Bernardes (2001) explica que embora a realização de um processo de controle desenvolvido em bases informais confira um certo grau de agilidade ao processo decisório, a informalidade pode trazer as seguintes consequências ao planejamento:

- a) Dificuldade de desenvolver um processo de aprendizagem, durante o desenvolvimento do processo de planejamento, baseado em dados que possibilitassem a identificação dos efeitos das decisões tomadas para correção de desvios;
- b) Falta de uma referência para a preparação de futuros planos e de atualizações mais precisas ao longo da construção, visto que dados de controle da produção não são coletados;
- c) Dificuldade de se estabelecer metas mais realistas com o estado da produção, na medida que não se conhece a capacidade real de trabalho dos funcionários;
- d) Impossibilidade de se detectar as reais causas dos problemas em função dos quais as metas dos planos não são cumpridas, como forma de se realizar ações corretivas para que tais problemas não ocorram novamente.

Leão (2014) explica que pacotes informais e falta de terminalidade são aspectos que se relacionam, pois o controle integrado da produção e da qualidade pode reduzir as perdas geradas pela execução de pacotes informais, que surgem para finalizar os serviços com falta de terminalidade. Pacotes com falta de terminalidade são definidos como atividades relativas a pacotes que foram concluídos anteriormente, mas que ainda necessitam de retrabalhos ou arremates, que exigem visitas posteriores por parte de uma equipe ao mesmo lote, prolongando o tempo de realização de uma tarefa. Portanto, a terminalidade está relacionada a conclusão das tarefas e ao fazer certo pela primeira vez, sendo de grande importância para a continuidade dos processos e operações (ALVES, 2000; FIREMAN, 2012).

Alves (2000) explica que a adequada definição dos pacotes de trabalho, de forma a considerarem a execução completa de determinados elementos ou áreas da edificação, assim como o adequado sequenciamento dos processos, e a elaboração, no plano de médio prazo, de pacotes de trabalho com um elevado grau de definição do que deve ser executado ajudam a assegurar a terminalidade das atividades. O referido autor ainda salienta que a terminalidade também está relacionada ao estabelecimento de uma sequência de execução das tarefas que evite a circulação de pessoas e materiais por áreas já concluídas, pois essa movimentação pode causar danos às tarefas executadas.

A falta de terminalidade também contribui para o aumento de outras perdas na construção, devido à necessidade de refazer trabalhos já executados, aumentando a quantidade de retrabalho e de trabalho em progresso (ALVES, 2000; FIREMAN, 2012), fato que enfatiza a necessidade de controlar esse tipo de ocorrência.

2.4 CONTRIBUIÇÕES PARA A INTEGRAÇÃO DO PCP COM A GESTÃO DA QUALIDADE

Segundo Ranzani (2011), para que as organizações sejam competitivas e aumentem as chances de sobrevivência no mercado, é necessária a integração entre os sistemas de gestão existentes, fazendo um uso mais eficiente de recursos (RANZANI, 2011). Nesse sentido, Martins e Sacomano (1994) afirmam que para que um sistema de manufatura possa satisfazer às necessidades de seus clientes e enfrentar a concorrência, é necessário fundamentar suas atividades na busca da excelência da qualidade, nas dimensões e preço que o consumidor deseja, ter flexibilidade em seus vários tipos para responder às fontes de variabilidades tanto internas como externas e estar integrado para responder rapidamente e de forma econômica aos novos impulsos. Especificamente em relação à integração do PCP com o sistema de gestão da qualidade em empresas construtoras, Sukster (2005) propôs um conjunto de diretrizes para melhoria de ambos, apresentadas a seguir:

- a) realização de reuniões periódicas para integração dos dois sistemas;
- b) utilização conjunta de procedimentos do sistema de gestão da qualidade nas planilhas dos planos de médio e curto prazo;
- c) inclusão do planejamento e controle da produção dentro do sistema de gestão da qualidade;
- d) a utilização de indicadores para avaliar aspectos de ambos os sistemas;
- e) a criação de mecanismos para aumentar a participação da equipe no planejamento e controle dos serviços.

A participação dos funcionários da obra, tanto no planejamento, quanto no controle dos processos é fundamental para que a busca por melhorias seja uma meta de todos (SUKSTER, 2005). O referido autor também ressalta que, dessa forma, aumenta a possibilidade de que os serviços executados na obra sejam planejados e executados conforme as especificações previstas e que a aplicação conjunta do sistema de gestão da qualidade e do planejamento e controle da produção tragam os benefícios e as melhorias esperadas pelas empresas construtoras.

Sukster (2005) ainda propõe dois indicadores para avaliar ambos os sistemas, produção e qualidade, que são:

- a) Porcentagem de Pacotes Concluídos com Qualidade (PPCQ): esse indicador é calculado dividindo-se o número de pacotes completados integralmente com qualidade na semana pelo número de pacotes concluídos integralmente na semana. O objetivo é verificar o percentual de pacotes concluídos com qualidade em relação ao total de pacotes concluídos na programação semanal e;
- b) Porcentagem de Pacotes Concluídos Real (PPCR): esse indicador é calculado dividindo-se o número de pacotes completados integralmente com qualidade na semana pelo número de pacotes totais planejados para a semana. O objetivo é verificar o percentual de pacotes concluídos com qualidade em relação ao total de pacotes planejados para a semana.

A literatura aponta como principais dificuldades na integração entre produção e qualidade a resistência dos funcionários a mudança organizacional necessária à integração (RANZANI, 2011; SUKSTER, 2005), o estabelecimento de um padrão único de definição dos pacotes de trabalho para utilização por ambos os sistemas, ou seja, o lote de produção deve ser definido em função do tamanho do lote de verificação da qualidade (LEÃO, 2014; RIGHI; ISATTO, 2011; SUKSTER, 2005), a realização de verificação da qualidade somente depois que a atividade for dada por concluída pelo PCP, e imediatamente antes do início da atividade subsequente que dela depende, ao invés da inspeção logo que a produção der o pacote de trabalho como concluído (FIREMAN, 2012; RIGHI; ISATTO, 2011), e o tempo excessivo dispendido na verificação da qualidade, em função da quantidade de dados a serem processados em um único momento e da complexidade do instrumento de coleta (LEÃO, 2014; RIGHI; ISATTO, 2011).

Nesse sentido, Fireman (2012) propôs um método de controle integrado entre produção e qualidade, com o objetivo de reduzir as perdas por *making-do* na produção e retrabalhos. O trabalho de Fireman (2012) salientou a importância da integração do controle da qualidade ao PCP, uma vez que permitiu identificar que a falta de qualidade da tarefa antecedente era um dos principais problemas pela não conclusão com qualidade dos pacotes semanais. O mesmo autor aponta, ainda, que esses defeitos são, em muitos dos casos, a causa raiz das perdas por *making-do*.

Como uma continuação ao trabalho anterior, Leão (2014) propôs um modelo de controle integrado da produção e da qualidade, vinculado ao LPS, com o objetivo de monitorar as perdas na construção civil causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de

pacotes informais. Esse modelo apresenta a utilização do conceito de “pacotes de trabalho genéricos”, que são os pacotes de trabalho que ocorrem de forma repetitiva no canteiro de obras e, por isso, tem sua nomenclatura para o planejamento padronizada. Esses pacotes genéricos possuem critérios de qualidade vinculados a eles, permitindo, assim, a integração entre o controle da produção e da qualidade.

O modelo proposto por Leão (2014) permite o monitoramento de pacotes de trabalho em execução, identificação de perdas por *making-do*, assim como de perdas por falta de terminalidade e a verificação da qualidade de pacotes de trabalho concluídos. Para a utilização do modelo, Leão (2014) estruturou um banco de dados e um módulo de campo. Para elaboração do banco de dados foi desenvolvida uma modelagem de dados que permitia que as informações coletadas fossem inseridas, armazenadas e processadas, relacionando os dados existentes e gerando informações automaticamente, como o cálculo de alguns indicadores. Leão (2014) explica que o módulo de campo continha uma interface simplificada, facilitando a execução da coleta por profissionais menos experientes, assim como tornando o arquivo utilizado mais leve, outro benefício, visto que a coleta era realizada com o auxílio de *tablets*. A transferência de informações entre o módulo de campo e o banco de dados é feita de forma manual, assim, após a inserção dos pacotes planejados para a semana serem inseridos no banco de dados e terem suas relações verificadas pelo sistema, esses dados são copiados para o módulo de campo e, após a coleta de informações no canteiro, os dados são copiados novamente para o banco de dados.

Após a definição dos pacotes genéricos, dos critérios de qualidade associados a eles e dos lotes que serão utilizados no empreendimento a ser controlado, assim como a inserção de todas as informações utilizadas na modelagem dos dados e suas relações, é possível iniciar a utilização do modelo proposto por Leão (2014) no canteiro de obras. A coleta de dados inicia com a verificação dos pacotes de trabalho que estão em execução no canteiro através do uso do módulo de campo, conforme Figura 5. Após a identificação do pacote, é necessário verificar se ele consta ou não na programação semanal. Se o pacote estiver na programação, ele possui sua data de início registrada, se não estiver, deve ser cadastrado como uma atividade do tipo informal e, também, ter sua data de início registrada. Os pacotes informais podem ser classificados de duas formas no modelo de Leão (2014), como pacotes do tipo “novo”, que são pacotes de trabalho que ainda não haviam sido iniciados, e do tipo “retrabalho”, que são pacotes de trabalho que já haviam sido iniciados ou concluídos anteriormente e precisaram ser executados novamente.

Nesse sentido, Leão propõe em seu trabalho a utilização dos indicadores Percentual de Pacotes Informais (PPI), que é calculado pela razão entre a quantidade de pacotes de trabalho informais e a quantidade total de pacotes de trabalho executados, e Percentual de Pacotes Informais Novos (PIN) e Percentual de Pacotes Informais de Falta de Terminalidade (PIFT), que são calculados pela razão entre a quantidade de pacotes de trabalho informais de cada uma das categorias e quantidade total de pacotes informais executados.

Após o início do pacote de trabalho deve-se observar se sua execução é realizada em conformidade ao procedimento da empresa ou se há alguma ocorrência de *making-do*. Quando for verificado que há *making-do* na execução do pacote de trabalho, é preciso fazer o seu registro, inserindo uma descrição da ocorrência de *making-do* e classificá-lo quanto à sua natureza e categoria, conforme método proposto por Sommer (2010). O uso do módulo de campo para essa função é mostrado na Figura 6. Também é recomendado por Leão (2014) que seja feito um registro fotográfico da ocorrência de *making-do* para que essa imagem possa ser registrada no banco de dados juntamente com as demais informações.

S		Pacotes		Making-do		Qualidade		+		X			
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
ID	PT	Especi	Tipo	PT	Generico	Lote	Quadra	Equipe_ID	Equipe	Data inicio	Data conclusao	Falta de Terminalidade	Comentarios
40	5.323.16	Formal	Cobertura: Telhamento	Casas 319/321	QI1	JR Ton eq1							
41	5.324.16	Formal	Cobertura:	Casas 323/325	QI1	JR Ton eq1							
42	23.322.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 315/317	QI1	ChicoGesso eq1							
43	23.323.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 319/321	QI1	ChicoGesso eq1							
44	23.324.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 323/325	QI1	ChicoGesso eq1							
45	23.325.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 327/329	QI1	ChicoGesso eq1							
46	23.326.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 331/333	QI1	ChicoGesso eq1							
47	23.327.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 335/336	QI1	ChicoGesso eq1							
48	23.328.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 337/338	QI1	ChicoGesso eq1							
49	23.329.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 339/341	QI1	ChicoGesso eq1							
50	23.330.16	Formal	Forro de gesso:	Casas 343/345	QI1	ChicoGesso eq1							
51	2.375.16	Formal	Cobertura: Estrutura	Casas 600/602	QI2	Matuza eq1							
52	2.377.16	Formal	Cobertura: Estrutura	Casas 604/606	QI2	Matuza eq1							
53	2.379.16	Formal	Cobertura: Estrutura	Casas 608/610	QI2	Matuza eq1							
54	5.375.16	Formal	Cobertura:	Casas 600/602	QI2	Matuza eq1							
55	5.377.16	Formal	Cobertura:	Casas 604/606	QI2	Matuza eq1							
56	5.379.16	Formal	Cobertura:	Casas 608/610	QI2	Matuza eq1							
57	2.381.16	Formal	Cobertura: Estrutura	Casas 612/614	QI2	Matuza eq1							
58	2.383.16	Inf novo	Cobertura: Estrutura	Casas 616/618	QI2	Matuza eq1			4/14/2014				
59	43.345.16	Inf UW	Parede: concretagem	Casas 547/549	QH3	Darcy eq1			4/14/2014				

Figura 5 - Módulo de campo para controle da produção.

S						
Pacotes		Making-do		Qualidade		+
	A	B	C	D	E	F
1	ID	Making-do	Categoria	Natureza	Foto	ID_Ptesp
2	M01	forma escorada na tela com um calço de Madeira para aplicar o desmoldante	equipamentos/ferramentas	equipamentos/ferramentas		43.456.13
3	M02	uso da forma como escada para subir no andaime e fazer a desforma	equipamentos/ferramentas	equipamentos/ferramentas		55.343.10
4	M03	regularizacão feita sem a camada anterior de selador.	sequenciamento	servicos interligados		43.345.14
5	M05	kits de casas com um banheiro foram liberadas para casas de dois banheiros e o radier foi executado com canalizacão de somente um banheiro	sequenciamento	materiais e componentes		78.408.14
6	M06	kits de casas com um banheiro foram liberadas para casas de dois banheiros e o radier foi executado com canalizacão de somente um banheiro	sequenciamento	materiais e componentes		78.405.14

Figura 6 - Módulo de campo para registro de perdas por *making-do*.

Leão (2014) explica que após esse monitoramento de ocorrências de *making-do* nos pacotes de trabalho em execução, é feito o controle da conclusão desses pacotes. Quando os pacotes de trabalho forem finalizados, é registrada uma data de fim e há a possibilidade de realização da inspeção de qualidade. Quando os pacotes não forem concluídos até o final da semana, é preciso associar a eles um motivo de não conclusão, que é definido pelo engenheiro responsável. Esses pacotes devem ser planejados novamente para a semana seguinte a fim de serem finalizados e não gerarem pacotes de trabalho informais. Ainda, Leão (2014) propôs que sejam controlados os pacotes de trabalho com falta de terminalidade, ou seja, aqueles pacotes dados como concluídos pela engenharia, mas que ao verificar-se a qualidade é percebido que não foram concluídos integralmente. Assim, quando esse tipo de situação ocorre, é preenchido um campo de falta de terminalidade, que deve servir como apoio para que o pacote volte a ser programado para a semana seguinte, com o objetivo de ser efetivamente concluído e não gere pacotes de trabalho informais.

Quando for realizada a inspeção da qualidade, após a conclusão do pacote de trabalho, uma nova planilha do módulo de campo é acessada, em que os critérios de qualidade estão disponíveis, e cada um deles deve ser preenchido com uma das opções de verificação: S (aprovado), N (reprovado), AR (aprovado com restrição) ou NA (não se aplica). Se todos os critérios forem aprovados, conclui-se o ciclo de controle. Se não forem aprovados integralmente, o responsável pelo controle deve atribuir um motivo da não conclusão com qualidade para que um novo pacote de retrabalho seja programado para a semana seguinte,

evitando a ocorrência de pacotes de trabalho informais. Também pode ser realizado um registro fotográfico para auxiliar no entendimento do problema de qualidade. A Figura 7 apresenta um fluxograma que representa o processo de coleta de dados proposto por Leão (2014).

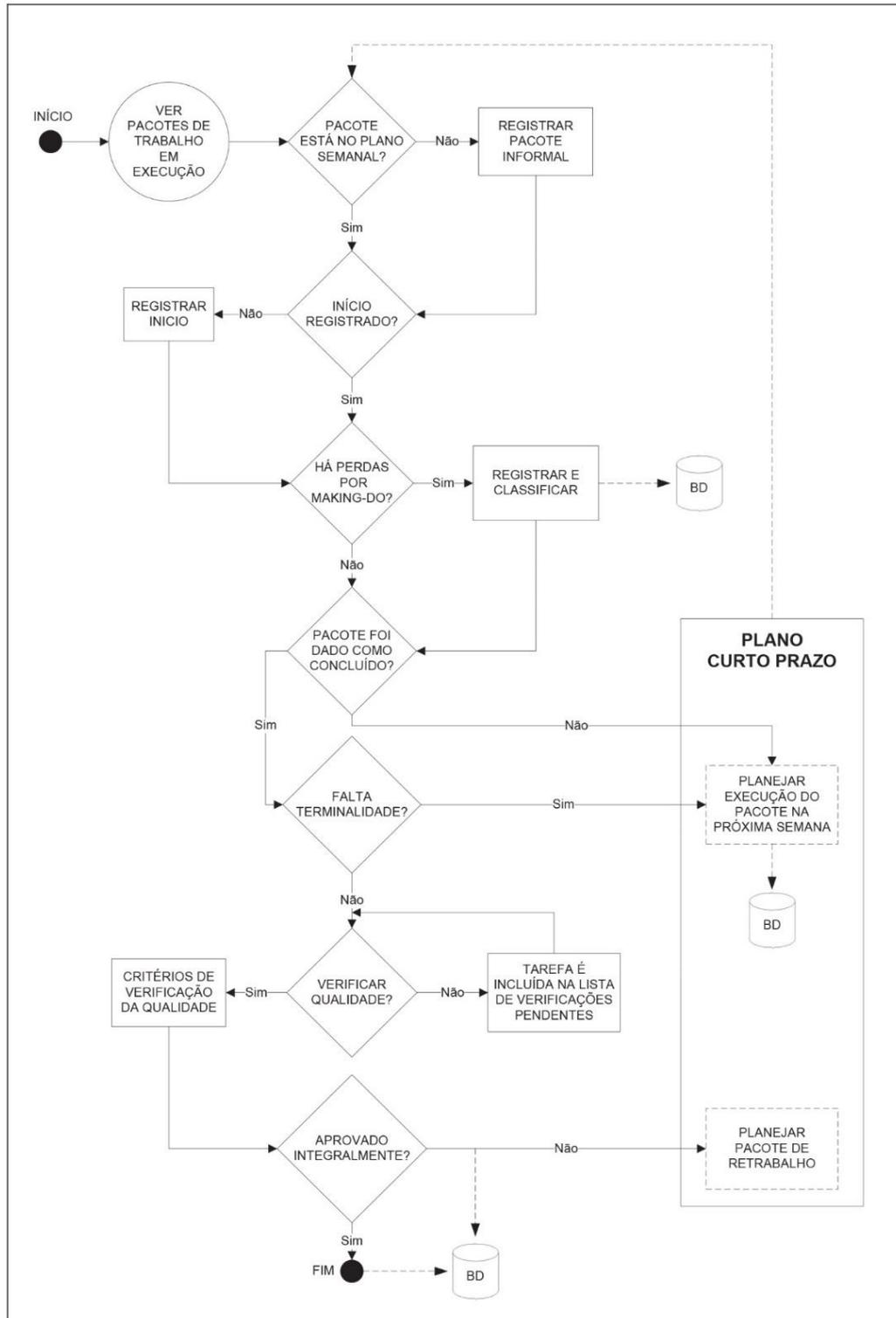


Figura 7 - Processo de coleta de dados (LEÃO, 2014)

O modelo proposto por Leão (2014) ainda permite que a verificação de qualidade não seja realizada imediatamente após a conclusão dos pacotes de trabalho, deixando a inspeção para outro momento e inserindo essa tarefa em uma lista de verificações pendentes.

Os trabalhos anteriores realizados para integrar o controle da produção e da qualidade, com o objetivo aumentar a confiabilidade do sistema de produção e eliminar perdas na construção, enfrentaram algumas limitações que foram, de uma maneira gradual, foram sendo suprimidas pelas pesquisas posteriores. Enquanto o trabalho de Sukster (2005) explorou a integração entre os sistemas de PCP e de qualidade, propondo diretrizes para a integração entre eles, não foi possível propor um método de controle integrado. Nesse sentido, a pesquisa desenvolvida por Fireman (2012) contribuiu com a proposição de um método de controle integrado entre produção e qualidade, que também considerou a identificação de perdas por *making-do* e a ocorrência de pacotes de trabalho informais, com o objetivo de reduzir problemas de qualidade. A referida pesquisa teve limitações quanto à quantidade de processos existentes na aplicação do modelo, assim como quanto ao uso de TI para auxiliar na coleta e no processamento dos dados. Assim, o trabalho de Leão (2014) refinou o método de Fireman (2012), propondo um novo modelo de controle integrado e investigando com mais profundidade o conceito de falta de terminalidade. A pesquisa de Leão (2014) ainda fez uso de TI para desenvolver um sistema de informações para dar suporte à implementação do modelo de controle integrado. As limitações enfrentadas nessa mesma pesquisa dizem respeito aplicação do modelo proposto em apenas uma tipologia construtiva e ao uso de TI limitado, baseado apenas no uso de planilhas eletrônicas.

3 SISTEMAS INFORMATIZADOS PARA CONTROLE DA PRODUÇÃO E QUALIDADE

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de dispositivos móveis na gestão da produção em canteiros de obras, com destaque para o controle de prazo e da qualidade. Ainda, são apresentadas algumas ferramentas que utilizam dispositivos móveis no controle de prazo e da qualidade, propostas em pesquisas acadêmicas ou disponíveis no mercado.

3.1 USO DE TI NA CONSTRUÇÃO

O uso de novas tecnologias de informação tem mudado a forma como as empresas realizam negócios e contribuído para a evolução das mesmas. Contudo, a construção civil ainda está muito atrasada em relação a outros setores industriais no uso de TI (NASCIMENTO; SANTOS, 2008). Nascimento e Santos (2008) afirmam que devido aos riscos e incertezas inerentes à adoção de novas tecnologias de informação, apenas depois de consolidada é que uma tecnologia passa a ser adotada por um número razoável de companhias. Os sistemas informatizados surgem como possibilidade de melhorar os processos da construção, e no que diz respeito ao controle da produção e qualidade, Akinci *et al.* (2006) afirmam que tecnologias emergentes, com recursos de modelagem do projeto, motivam o desenvolvimento de um formalismo que pode ser utilizado para um controle de qualidade ativo no canteiro de obras.

Apesar de a construção ainda se encontrar nos estágios iniciais da adoção de tecnologias que utilizam a *internet* (NOURBAKHSI, 2012) – sendo que a maioria das empresas do setor ainda adotam um processo manual e ferramentas de comunicação tradicionais, tais como *e-mails* e telefone (DAVE; BODDY; KOSKELA, 2010) – há a convicção de que a inovação nos produtos e processos da construção civil, particularmente com a ajuda da TI, pode conduzir o setor a trilhar novos rumos (NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

3.2 DISPOSITIVOS MÓVEIS NA GESTÃO DA PRODUÇÃO EM CANTEIROS DE OBRAS

Os avanços em dispositivos móveis acessíveis, tais como o aumento na velocidade de transferência por rede sem fio e melhorias no desempenho de aplicativos móveis, representam oportunidades para melhorar a gestão da informação no canteiro de obras (CHEN; KAMARA, 2008). Assim, essas tecnologias podem ser mais amplamente exploradas para contribuir com a melhoria dos processos do setor da construção, ainda tão atrasados em comparação com outras indústrias.

A quantidade de informações necessárias para a tomada de decisão na construção tem crescido com o passar dos anos, mas a aplicação de tecnologia de informação avançada para coletar, acessar e fazer uso da informação não tem crescido na mesma proporção (NOURBAKHSH *et al.*, 2011). Avanços na TI, especialmente em computação móvel, tem resultado no desenvolvimento de ferramentas para resolver esse problema de formas que não eram possíveis há poucos anos (IRIZARRY; GILL, 2009). A chegada de *smartphones*, juntamente com tecnologia de computação móvel, proporciona aos gestores da construção oportunidades de melhorar o processo existente de gerenciamento da construção em canteiro de obras sem precedentes (KIM *et al.*, 2013).

Diversos estudos anteriores exploraram a utilização de dispositivos móveis em empreendimentos de construção. Por exemplo, Bowden *et al.* (2005) investigaram a adequação de diferentes dispositivos móveis para uso em empresas da construção, como assistentes digitais pessoais (PDAs), identificações RFID, GPS e telefones celular. Nourbakhsh *et al.* (2012) optaram pelo uso de *smartphones* para a utilização de aplicativos desenvolvidos para empreendimentos de construção, enquanto Davies e Harty (2013) utilizaram uma ferramenta BIM que permite aos trabalhadores da produção o uso de *tablets* para acessar informações do projeto e captar dados de qualidade e avanço físico de processos.

Irizarry *et al.* (2009) afirmam que há muitas potenciais aplicações de computação móvel para gerenciamento da informação em empreendimentos de construção e a identificação dessas necessidades serve como ponto de partida na concepção de aplicações de computação móvel capazes de suprir essa demanda. Nesse sentido, Nourbakhsh *et al.* (2011) desenvolveram uma pesquisa para capturar os identificar requisitos de informação para o desenvolvimento de aplicativos para uso no canteiro de obras, conforme a necessidade dos envolvidos. Para

determinar esses requisitos, os referidos autores desenvolveram uma *survey* que foi aplicada a empresas construtoras e profissionais da construção de diferentes países.

Com base nos resultados de uma *survey*, Nourbakhsh *et al.* (2011) formularam uma lista das informações consideradas mais importantes pelos envolvidos para estarem presentes em dispositivos móveis, destacando-se: (a) relato dos problemas de controle da qualidade e conformidade da qualidade; (b) atualizações de prazos; (c) informações de produtividade; (d) relatórios de infrações; (e) relatórios de acidentes; (f) visualização e esclarecimentos acerca do projeto; e (g) relatórios diários e pedidos de alteração.

Para validar o estudo realizado, Nourbakhsh *et al.* (2011) realizaram um teste que apontou que as diferenças entre os requisitos das empresas construtoras e profissionais da construção são mínimas, mudando apenas o grau de importância dado por cada um deles. Indicaram também que tais requisitos independem do país em que a empresa ou profissional atua. Os resultados desse estudo podem ser utilizados para guiar o desenvolvimento de aplicações móveis que possam ser utilizadas em empreendimentos de construção de médio e grande porte em que o gerenciamento das informações no canteiro de obras tenha influência significativa no alcance dos objetivos do projeto (NOURBAKHSK *et al.*, 2011).

Son *et al.* (2012) realizaram uma pesquisa que visou a investigar os fatores que influenciam a implementação bem-sucedida de dispositivos de computação móvel na indústria da construção. Esse estudo apontou que a satisfação dos usuários era um importante indicador de adoção ou de intenção de adoção de dispositivos de computação móvel na indústria da construção. A falta de aceitação dos usuários em TI é uma das principais restrições na implementação de dispositivos móveis bem-sucedida em qualquer empresa (SON *et al.*, 2012). Portanto, a aceitação do usuário tem sido considerada como o fator crucial na determinação do sucesso na implementação de TI (SON *et al.*, 2012).

O trabalho de Son *et al.* (2012) mostrou que fatores determinantes de utilidade percebidos, tais como influência social, relevância no trabalho, e suporte por parte da alta gerência, e fatores determinantes de facilidade de uso percebidos, tais como complexidade de treinamento e tecnológico, são críticos para a implementação bem-sucedida de dispositivos de computação móvel na indústria da construção. Ainda, constatou-se que a satisfação de profissionais da construção com dispositivos móveis é afetada mais por sua percepção quanto à utilidade do que quanto à facilidade de uso (SON *et al.*, 2012). Esses resultados

contrapõem-se à percepção geral que apenas a facilidade de uso leva a adoção bem-sucedida de dispositivos móveis na indústria da construção (SON *et al.*, 2012).

Contudo, mesmo com o crescente número de pesquisas no uso de inovações tecnológicas na construção civil, Bowden *et al.* (2005) afirmam que a indústria da construção é tipicamente caracterizada como sendo lenta para mudar e adotar novas tecnologias de informação e que tecnologias móveis não tem sido exceção. As razões principais para essa dificuldade são a falta de retorno percebido em relação ao investimento realizado e a falta de exemplos específicos da indústria de adoções de sucesso (BOWDEN *et al.*, 2005). Os mesmos autores realizaram múltiplos estudos de caso com o objetivo de investigar como essas barreiras podem ser removidas, discutindo o uso de tecnologias móveis do ponto de vista dos trabalhadores da construção, sua influência na eficiência do processo, melhoria de oportunidades para coleta de dados, e o retorno sobre investimento. Bowden *et al.* (2005) também apontou alguns benefícios da implementação de soluções de tecnologias de informação móveis na construção: melhoria da eficiência da captura de dados, melhoria no acesso à informação, redução de erros e melhoria na integridade dos dados.

Ahsan e El-Hamalawi (2007) propuseram uma forma de juntar várias tecnologias disponíveis com o objetivo de melhorar a comunicação entre os envolvidos na construção, tanto no canteiro de obras quanto no escritório, aumentando a disponibilidade de informações para apoiar a tomada de decisão. Nessa pesquisa, foi escolhido o uso de PDAs para compartilhamento de informação entre os envolvidos. A ferramenta proposta visava à captura e consulta de dados, assim como a comunicação direta entre os participantes, sendo, para isso, possível consultar dados diretamente pelo PDA ou solicitar alguma informação utilizando a tecnologia VoIP para possibilitar a conversa direta entre participantes do projeto (AHSAN *et al.*, 2007). Os mesmos autores apontam que, como forma de registro dos dados, podem ser feitos registros em vídeo e em voz, o que é mais prático para os usuários da ferramenta no canteiro de obras, não sendo necessário utilizar uma forma de registro textual. A solução proposta, que combina diferentes tecnologias de informação e comunicação em um único sistema, visa a dar suporte ao processo de tomada de decisão através da disponibilização de mais informações, que podem ser armazenadas e compartilhadas no canteiro de obras (AHSAN *et al.*, 2007).

Assim, é possível sintetizar as lições aprendidas nessas pesquisas anteriores, em que são abordadas várias questões importantes acerca da utilização e dos possíveis benefícios que a

aplicação de dispositivos móveis no canteiro de obras pode trazer. A literatura apresenta alguns dos requisitos necessários na concepção de aplicativos informatizados para uso no canteiro de obras, sendo os principais a possibilidade de relatar problemas de qualidade, e a possibilidade de consulta ao trabalho programado para a produção e a dados de produtividade, sendo esses requisitos classificados como necessários independentemente do país de aplicação (NOURBAKHSI *et al.*, 2011). Também, o uso de dispositivos móveis na construção pode trazer benefícios imediatos, como uma maior eficiência na captura de dados, acesso à informação, redução de erros, integridade dos dados e uma comunicação eficiente entre canteiro de obras e escritório (AHSAN *et al.*, 2007; BOWDEN *et al.*, 2005). Além disto, constatou-se a satisfação do usuário é um importante fator na implementação bem-sucedida de dispositivos móveis na construção, e que os fatores relativos à utilidade são mais relevantes para os usuários do que os relativos à facilidade de uso (SON *et al.*, 2012).

3.3 USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A GESTÃO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE

Segundo Kim *et al.* (2013), a coleta e compartilhamento de informações do canteiro de obras em tempo real representa um desafio, devido às condições adversas da construção, as grandes dimensões dos canteiros, a localização dispersa da mão de obra e dos equipamentos, e instalações temporárias. Nesse sentido, novas soluções em *software* permitem que dados sejam sincronizados e comunicados instantaneamente entre o canteiro de obras e o escritório.

Assim, Kim *et al.* (2013) propõem o desenvolvimento de um sistema de gestão em canteiro de obras focado em três funções importantes do gerenciamento do canteiro: monitoramento do canteiro, gerenciamento das tarefas, e compartilhamento da informação em tempo real. O monitoramento do canteiro de obras é realizado através do compartilhamento de imagens do local via câmeras *wifi* dispostas em locais específicos. Os projetos são armazenados em uma base de dados pela internet, permitindo que sejam acessados diretamente do canteiro de obras. Dessa forma, não há necessidade de ir ao escritório para acessar informações de projeto, ou de ir ao canteiro de obras para acessar imagens do local.

No gerenciamento de tarefas, estas podem ser definidas para diferentes responsáveis no canteiro de obras, podendo ter seu *status* atualizado em tempo real para todos os usuários do sistema, incluindo a visualização de onde estão localizadas (KIM *et al.*, 2013). Essa visualização pode ser feita através de um mapa, ou utilizando-se a tecnologia de realidade

aumentada (RA), em que marcações são exibidas sobre a imagem real do local em que há tarefas designadas. Kim *et al.* (2013) apresentam também um módulo de compartilhamento de informações, em que documentos, como desenhos em CAD, são compartilhados em tempo real entre os usuários do sistema.

Um número considerável de trabalhos que utilizam BIM em dispositivos móveis tem surgido nos últimos anos (SHEN; JIANG, 2012; WANG *et al.*, 2014; YEH; TSAI; KANG, 2012), e investigam o seu uso para diversas aplicações, tais como *facilities management* (IRIZARRY *et al.*, 2013), gestão da cadeia de suprimentos (IRIZARRY; KARAN; JALAEI, 2013), controle de prazos (MEŽA; TURK; DOLENC, 2014), e visualização e monitoramento de tarefas e atividades (WANG *et al.*, 2013).

Nesse contexto, Davies e Harty (2013) mostram um uso diferente na utilização de RA integrada ao BIM em dispositivos móveis, uma vez que utilizam essa tecnologia diretamente no *tablet*, de maneira a permitir que os trabalhadores acessem informações de projeto e capturem a qualidade do serviço, assim como o avanço físico da obra, diretamente no canteiro de obras. Os mesmos autores desenvolveram um estudo de caso empírico com a ferramenta que chamaram de *Site BIM* em um grande empreendimento hospitalar para fazer o controle no canteiro de obra. O método desenvolvido, aplicado em *tablets* com um *software* comercial (Artra), trouxe como benefício proporcionar suporte ativo aos usuários, bem como a aprovação da aplicabilidade pelos mesmos. Assim, o uso de BIM em dispositivos móveis ainda tem muitas aplicações a serem exploradas e tem o potencial de ajudar na melhoria dos processos da construção.

Davies e Harty (2013) afirmam que a tecnologia BIM pode auxiliar os trabalhadores do canteiro de obras e ajudar na captura de dados e imagens no próprio canteiro, de forma a confirmar o progresso de acordo com as verificações de conformidade em relação ao projeto. Os mesmos autores também afirmam que reduzir visitas ao canteiro de obras é visto apenas como um benefício muito pequeno de TI na construção civil. No referido estudo, o objetivo da inovação em TI era, em realidade, manter as pessoas no canteiro de obras e reduzir visitas desnecessárias ao escritório.

Na mesma linha de Davies e Harty (2013), o estudo de Moran (2012) propôs um conjunto de recomendações de como empresas da construção podem melhorar a gestão de dados de campo, com potencial de contribuir para o aumento da eficiência. Para isso, Moran (2012)

utilizou uma ferramenta de gestão de dados em campo da *Vela Systems*, em 15 empreendimentos de uma construtora internacional nos EUA. Posteriormente, a ferramenta da *Vela Systems*, após algumas adaptações, foi lançada pela Autodesk com o nome de *BIM 360 Field* (MULLIN, 2012).

Nesse estudo, Moran (2012) destaca como principais benefícios percebidos pelos usuários do sistema na pesquisa, os seguintes itens:

- a) Acesso a documentos da construção no canteiro;
- b) Acesso a informações em tempo real, atualizadas diariamente através da sincronização com o servidor, como rastreamento de localização de materiais, informações de projeto, *status* de qualidade e de segurança, alocação de tarefas, e registro de problemas;
- c) Anexação automática de fotografias a *checklists* de controle da qualidade, descrição de problemas e lista pendências;
- d) Definição de itens de ação para subempreiteiros, por meio de *checklists* de qualidade e listas de pendências;
- e) Filtragem de lista de pendências e problemas por tipo, área de trabalho, ou responsáveis para uma distribuição clara dos subempreiteiros; e
- f) Criação de um registro eletrônico e base de dados para todos os *checklists* da qualidade.

Os dados da pesquisa de Moran (2012) sugerem que os usuários de ferramenta de gestão de dados em campo economizam uma quantidade significativa de horas por semana desempenhando atividades de gestão da construção típicas, em comparação ao seu desempenho antes de utilizar a ferramenta (MORAN, 2012). Isso ocorre, segundo Moran (2012), provavelmente devido à automatização de certas tarefas, juntamente com a eliminação de outras atividades.

Quanto aos benefícios identificados com a utilização de dispositivos móveis no canteiro de obras para realização de controle de produção e de qualidade, Davies e Harty (2013) identificaram um número de retornos sobre o investimento relacionados à redução de perdas, à redução dos custos com pacotes para instalação de serviços, e à economia significativa no tempo gasto em administração e coordenação de pessoal. Os referidos autores ainda indicaram

a entrega informações de projeto digital ao canteiro de obras, e a captura de dados da produção diretamente do canteiro como benefícios importantes.

Nesse contexto, Moran (2012) destaca que o número de horas poupadas e ganhos de eficiência são apenas alguns dos principais tipos de economia oferecidas pelo uso de ferramentas de controle da produção e qualidade em dispositivos móveis, e que as economias na qualidade por meio da redução de retrabalhos é um benefício possivelmente mais substancial em termos de redução de custos no empreendimento.

Kim *et al.* (2013) ainda salientam que a utilização de dispositivos móveis no controle trazem uma forte potencial na melhoria de desempenho na construção, em termos de tempo, custo e qualidade. Os autores explicam que essas vantagens são obtidas devido à facilidade de localização de recursos no canteiro de obras, economizando tempo, ao compartilhamento de informações efetivo e ordens de serviços apropriadas, minimizando as possibilidades de retrabalho, e ao fornecimento de informações de trabalho sobre processos de construção precisos, reduzindo incidentes ou defeitos durante processos da construção. As recentes inovações em *tablets*, BIM e computação em nuvem são combinadas para criar um número de soluções inovadoras e inteligentes que abordam esses problemas (MORAN, 2012). Assim, Moran (2012) destaca que acredita que ferramentas de gestão de dados em campo e ferramentas de análise de dados relacionadas serão de grande importância para a indústria da construção nos próximos anos, e que há um desenvolvimento regular promissor nessas tecnologias.

3.4 FERRAMENTAS QUE UTILIZAM DISPOSITIVOS MÓVEIS NA GESTÃO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE

Diversas ferramentas computacionais que utilizam dispositivos móveis têm sido desenvolvidas para a gestão da produção e da qualidade. Algumas foram propostas em trabalhos acadêmicos enquanto outras são sistemas disponíveis no mercado. Além das ferramentas apresentadas a seguir, foram testados os softwares BIM 360 *Field*, Artra, FVS *Web*, Stant e ConstructSim.

3.4.1 KanBIM

KanBIM é um sistema desenvolvido em um trabalho de pesquisa na universidade Technion, em Israel (SACKS *et al.*, 2013), que propõe a utilização de telas *touch-screen* protegidas

contra intempéries para acessar a programação do empreendimento através de um modelo BIM e promover a discussão entre líderes de equipe sobre tarefas a serem executadas e tarefas a serem negociadas durante a semana, conforme necessidade. Uma característica importante do KanBIM é o seu caráter de sistema de gestão descentralizado, que depende fortemente do envolvimento dos encarregados (ou líderes de equipes) por meio do *software* desenvolvido, que permite a visualização do modelo em telas disponíveis no canteiro.

Sacks *et al.* (2013), explicam que nesse sistema também é possível visualizar informações de *status* da produção e da maturidade das tarefas ainda não executadas através do modelo BIM (Figura 8). Os mesmos autores explicam que há alertas para que os responsáveis pelas inspeções de qualidade realizem a verificação dos critérios necessários, aprovando-os ou reprovando-os. Contudo, essa inspeção não é feita diretamente pelo sistema, ele apenas sinaliza que a verificação é necessária. Assim que a verificação de qualidade é realizada, as tarefas inspecionadas são dadas como concluídas (SACKS *et al.*, 2013). Essa possibilidade de visualização do *status* da produção é um aspecto muito positivo do sistema KanBIM, uma vez que pesquisas anteriores produziram resultados promissores no que diz respeito a efetividade da interface BIM em fornecer representações altamente visuais do *status* corrente e futuro dos aspectos do processo de projetos de construção (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

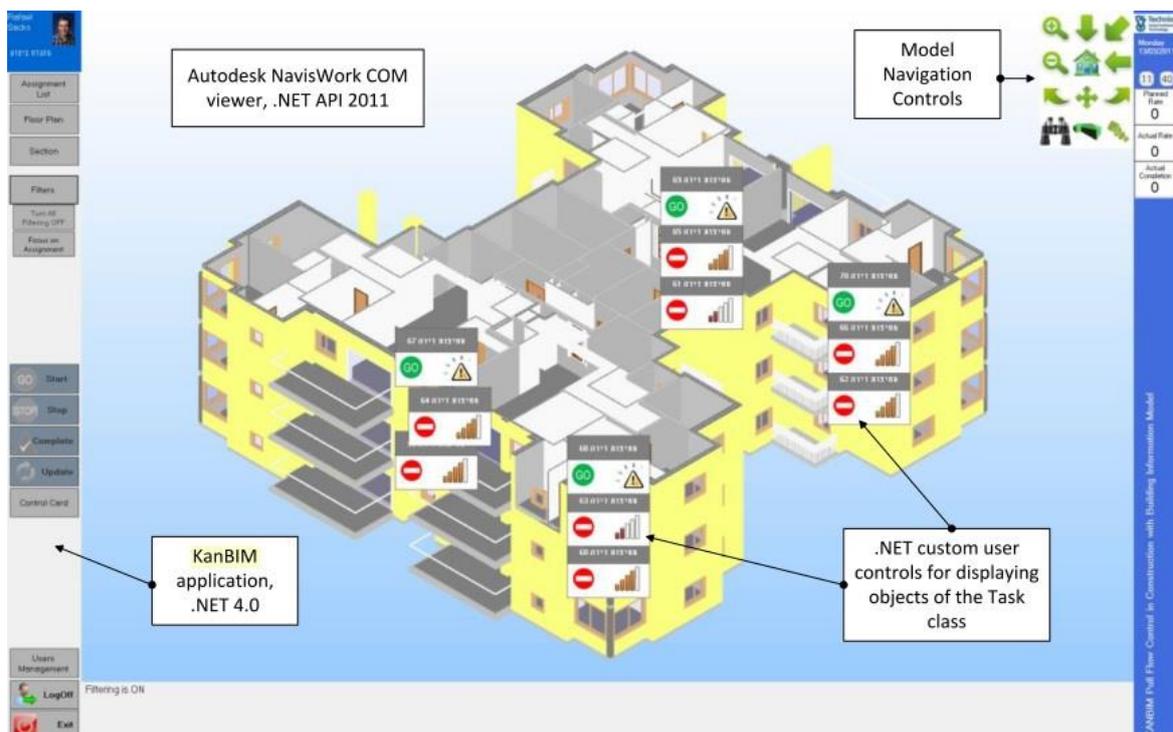


Figura 8 - Interface do sistema KanBIM fonte: Sacks, 2013

Quando uma atividade não tem ou deixa de ter os requisitos necessários para o seu desenvolvimento, ela pode ser parada, e um sinal é disparado no sistema (SACKS *et al.*, 2013). Sacks *et al.* (2013) explicam que essa função funciona como um *andon*, e tem como objetivo evitar a ocorrência de *making-do*, contudo, apesar de tentar impedir que o *making-do* ocorra, o KanBIM não possibilita o seu registro.

O KanBIM apresenta algumas limitações, como o a fixação da tela em um único lugar para o acesso às informações no canteiro de obras e a impossibilidade de se preencher os critérios de qualidade no próprio sistema.

3.4.2 *Track Our Plan*

O *software Track Our Plan (OURPLAN, 2014)* foi desenvolvido por uma empresa que foca seus produtos com base na produção enxuta. É um sistema *web*, que sincroniza os dados com o módulo móvel, utilizado em *tablet* ou *smartphone* com plataforma IOS. Esse sistema é focado no LPS e permite que o planejamento semanal seja acessado diretamente do canteiro de obras, sem necessidade de conexão com a internet, uma vez que os dados coletados podem ser sincronizados novamente com a *web* assim que uma conexão com a internet esteja disponível. Este aplicativo permite o controle e visualização de *status* da produção, assim como a inclusão de anotações e fotos diretamente do canteiro de obras, e também permite a conexão com modelos BIM através de um *plug-in* com o *software* Navisworks da empresa Autodesk. Esse *software*, contudo, também não realiza a integração entre controle da produção e da qualidade, não havendo inspeções de qualidade. Também não há funcionalidades para o registro de ocorrências de *making-do*. O *Ourplan* foi adquirido pela Autodesk e lançado pela empresa em 2015 com o nome de *BIM 360 Plan*.

3.4.3 *Office Production Controller*

O *Office Production Controller*, desenvolvido pela Vico, permite o controle da produção e a visualização do seu *status* por meio de um gráfico dos prazos, preenchido por escala de cores, atualizado diretamente do canteiro de obra com o uso de dispositivos móveis (VICO, 2015a). Esse *software* também é uma ferramenta 4D, que gera simulações para análises de estratégia de planejamento, e permite comparar as “promessas” feitas pelos subempreiteiros com dados reais de produtividade (VICO, 2015b).

Os dados também podem ser analisados por meio de linhas de balanço, e alertas mostram quando alguma interferência pode atrasar o cronograma planejado. O BIM é utilizado para

visualizar mudanças de planejamento em 4D, como aumento ou diminuição de pessoal nas equipes que estão atuando no canteiro de obras (VICO, 2015b). O *software* não permite a inspeção de qualidade, assim como o acesso aos procedimentos de inspeção (VICO, 2015a). Outra restrição é que o *software* não é voltado ao LPS e não realiza o controle das atividades informais, e que o BIM não apresenta uma visualização do *status* das informações referentes à produção e qualidade, apesar de seu utilizado nas análises 4D e 5D (VICO, 2015b).

4 MÉTODO DE PESQUISA

Nesse capítulo é apresentado o método utilizado no desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente são discutidas a estratégia de pesquisa adotada e o seu delineamento e, a seguir, são descritas as etapas do trabalho.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Devido ao objetivo do trabalho ser a proposição de um modelo de controle da produção, optou-se pela abordagem da pesquisa construtiva (*constructive research*) (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003), também denominada *design science* (MARCH; SMITH, 1995; PURAO; STOREY, 2008; VAN AKEN, 2004) ou *design science research* (GEERTS, 2011; HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009), uma vez que foca no desenvolvimento de artefatos para encontrar uma solução para classes de problemas.

A pesquisa construtiva pode ser definida como um modo de produção de conhecimento científico que envolve o desenvolvimento de construções inovadoras, que visam a resolver problemas do mundo real e, simultaneamente, fazer uma contribuição teórica à área em que é aplicado (LUKKA, 2003). Van Aken (2004) diz que esta abordagem visa ao desenvolvimento do conhecimento tanto pela concepção e criação de artefatos quanto pelo aperfeiçoamento de artefatos já existentes.

March e Smith (1995) apontam a distinção entre pesquisas descritivas e prescritivas, sendo a primeira típica das ciências naturais. Os mesmos autores salientam a importância em entender as interações entre os dois modos de ciência, uma vez que a pesquisa construtiva cria artefatos, dando origem a fenômenos que podem ser alvos de pesquisas descritivas, e que estas últimas criam conhecimento que os pesquisadores atuantes em pesquisas construtivas podem explorar em suas tentativas de desenvolver tecnologia.

As ciências naturais buscam explicar como e porque os fenômenos ocorrem, enquanto a pesquisa construtiva se preocupa em desenvolver artefatos para alcançar certos objetivos (MARCH; SMITH, 1995). Quando se lida com fenômenos artificiais, como artefatos, ou construções, esses produtos podem ser tanto criados quanto estudados, possibilitando os dois tipos de contribuição, prática e teórica (MARCH; SMITH, 1995).

A pesquisa construtiva consiste de duas atividades básicas: construir e avaliar, que pode ser relacionado, indiretamente, com as duas principais atividades das ciências naturais: descobrir e justificar (MARCH; SMITH, 1995). Como a atividade de justificar nas ciências naturais, a atividade de construir não é bem compreendida. Construir é o processo de desenvolvimento de um artefato para uma finalidade específica, e avaliação é o processo de determinar o quão bem o artefato funciona (MARCH; SMITH, 1995).

March e Smith (1995) explicam que as dificuldades principais na pesquisa construtiva resultam do fato de que o desempenho do artefato está relacionado com o ambiente em que ele opera, e a compreensão incompleta desse ambiente pode resultar no desenvolvimento de artefatos inapropriados ou que geram efeitos colaterais indesejáveis. Um desafio fundamental na construção de um artefato é antecipar os potenciais efeitos colaterais de seu uso, e garantir que os efeitos colaterais indesejados sejam evitados (MARCH; SMITH, 1995).

Lukka (2003) explica que para que uma pesquisa construtiva seja conduzida, é necessário que a pesquisa seja focada em um problema do mundo real e que a resolução na prática seja tida como relevante. O mesmo autor ainda esclarece que a pesquisa precisa produzir uma construção inovadora, que pretenda resolver o problema do mundo real detectado, e que realize uma tentativa de implementação da construção desenvolvida, testando sua aplicabilidade prática. Outro ponto importante, é que a pesquisa deve ser explicitamente conectada ao conhecimento e que é necessário estar atento a conexão entre os achados empíricos à teoria (LUKKA, 2003).

Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) e Lukka (2003) propõem a divisão da pesquisa construtiva, em que a ordem pode variar de caso para caso, visto que o método é bastante iterativo, sendo elas:

- a) Encontrar um problema prático relevante que também tenha potencial para contribuição teórica (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);
- b) Examinar o potencial de cooperação para pesquisa de longo prazo com as empresas necessárias ao estudo (LUKKA, 2003);
- c) Obter conhecimento profundo do assunto escolhido (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);

- d) Propor uma ideia inovadora e desenvolver uma construção para resolver o problema, que também tenha uma potencial contribuição teórica (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);
- e) Implementar a solução e testar como ela funciona (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);
- f) Ponderar o escopo de aplicabilidade da solução (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003), e;
- g) Identificar e analisar a contribuição teórica e a contribuição da solução construída para a pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003).

Segundo Lukka (2003), como resultado de uma pesquisa construtiva um problema do mundo real deve ser resolvido pela implementação de uma nova construção ou artefato. Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) argumentam que a utilidade do artefato deve ser avaliada e seu potencial para uma aplicação mais ampla é examinado, sendo necessário também estabelecer conexões com a teoria.

March e Smith (1995) afirma que existem quatro principais tipos de produtos na pesquisa construtiva: constructos, modelos, métodos e implementações. O artefato produzido na presente pesquisa é um modelo de controle integrado da produção e qualidade que utiliza dispositivos móveis no canteiro de obras, sendo o mesmo testado no seu ambiente de uso.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é apresentado na Figura 9. Similarmente à divisão sugerida por Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) e Lukka (2003), a pesquisa foi estruturada em três fases principais: compreensão do problema, desenvolvimento, e avaliação e reflexão. A revisão bibliográfica foi desenvolvida durante todo o período de desenvolvimento da pesquisa, a fim de dar suporte à todas as fases de construção do conhecimento.

A fase de compreensão do problema teve como objetivo encontrar um problema com relevância prática e buscar um entendimento aprofundado acerca do tópico escolhido. Essa fase contou com a realização de atividades tanto da etapa 1, na qual foi desenvolvido o estudo exploratório, quanto da etapa 2, na qual foi realizado o estudo empírico 1. No estudo exploratório, a pesquisadora participou de reuniões de planejamento semanal nos empreendimentos estudados, a fim de atingir uma compreensão melhor dos sistemas de

planejamento e controle da produção e de gestão da qualidade. Também foram realizadas coletas de dados que contribuíram com a familiarização da mesma com o modelo proposto por Leão (2014), assim como com uso de dispositivos móveis para coleta de dados no canteiro de obras. A primeira coleta de dados foi realizada juntamente com a autora do modelo utilizado (LEÃO, 2014), e o segundo estudo foi desenvolvido sem a sua presença.

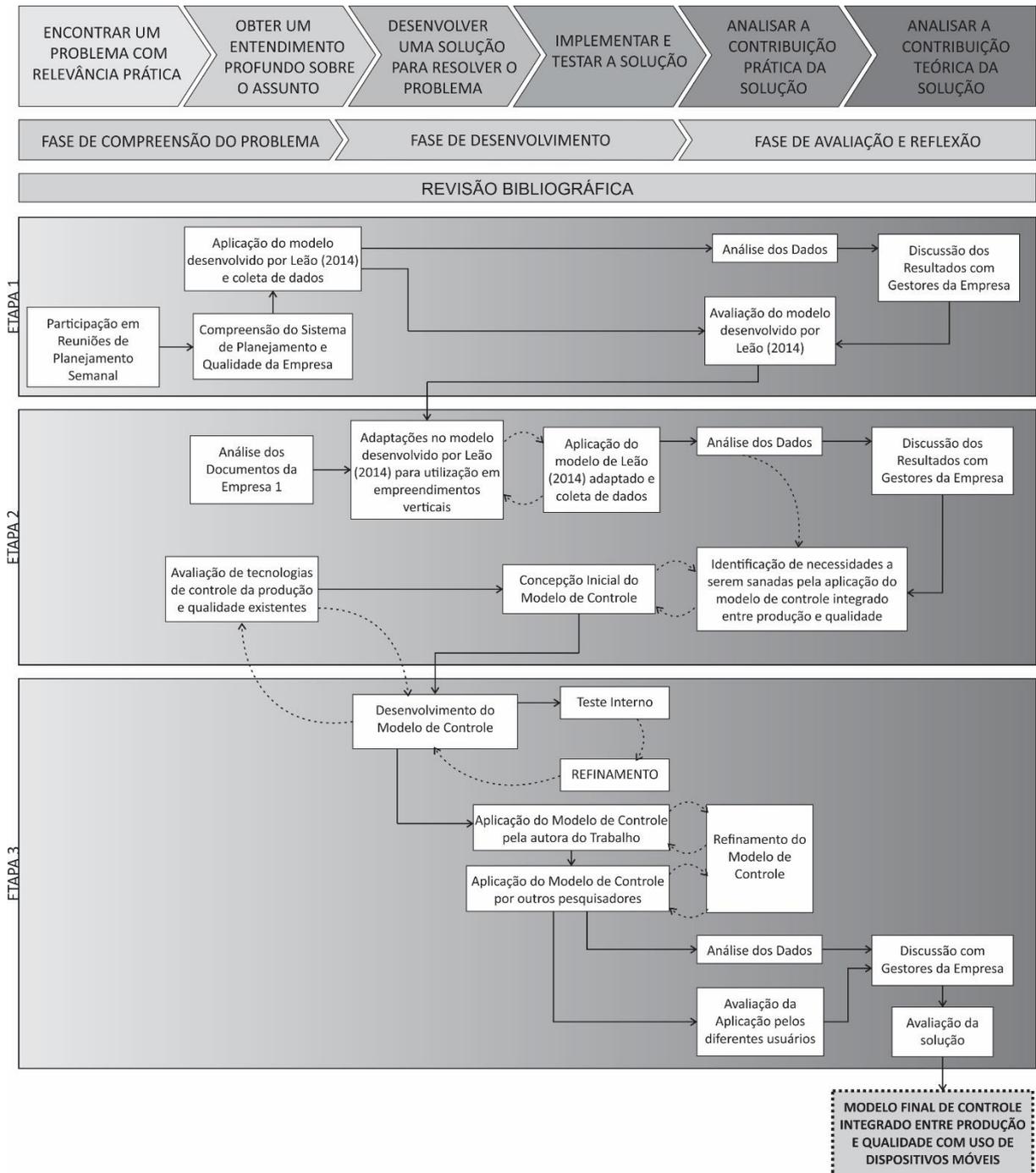


Figura 9 - Delineamento da pesquisa

Na segunda etapa da pesquisa, foi realizada uma análise da documentação cedida pela Empresa A sobre seu sistema de planejamento e de qualidade, e foi conduzida uma pesquisa para avaliação de tecnologias utilizadas no controle da produção e qualidade para análise das ferramentas disponíveis no mercado, assim como de artefatos desenvolvidos em outras pesquisas que abordam esse assunto.

A investigação acerca dos *softwares* de controle disponíveis no mercado começou a ser realizada no início da pesquisa, e estendeu-se até a fase de desenvolvimento da ferramenta utilizada para a aplicação do modelo proposto. Tal investigação contribuiu com ideias de funcionalidades e formas de organização dos dados para a ferramenta proposta. Outra contribuição foi poder testar o modelo proposto em ferramentas diferentes da desenvolvida na pesquisa, contribuindo para avaliar se o modelo de controle pode ser aplicado, e gerar benefícios para o sistema de controle integrado das empresas, independentemente da ferramenta utilizada.

A segunda fase da pesquisa, referente ao desenvolvimento da solução, teve como objetivo desenvolver, implementar e testar uma solução para o problema identificado. Nesta fase, foram realizadas atividades das etapas 2 e 3 da pesquisa, com a realização de dois estudos empíricos (1 e 2), a partir dos quais foram propostos refinamentos no modelo de Leão (2014), incluindo a sua aplicação em um empreendimento com características construtivas diferentes (empreendimentos verticais executados em alvenaria estrutural e lajes maciças pré-moldadas) daqueles em que o modelo foi aplicado em sua pesquisa original (empreendimentos horizontais com sistema construtivo de paredes moldadas *in loco*). Nesta fase, também foram desenvolvidos procedimentos de inspeção para auxiliar os responsáveis pelas verificações, visando a sanar dificuldades identificadas no canteiro de obras durante aplicação do primeiro estudo empírico.

Com os resultados obtidos nesse primeiro estudo empírico, o desenvolvimento do modelo de controle integrado proposto nessa pesquisa, assim como da ferramenta de TI para sua aplicação, teve início.

Na fase de avaliação e reflexão, tanto o modelo, quanto a ferramenta de TI, foram sendo refinados em todas as etapas da pesquisa, à medida que eram avaliados e testados, até que uma primeira versão que atendia a requisitos mínimos para início da aplicação do modelo no canteiro de obras foi disponibilizada. Os responsáveis pelo controle da produção e qualidade,

como os engenheiros residentes e estagiários, foram envolvidos durante todo o processo de concepção, no qual as funcionalidades eram discutidas com os mesmos, assim como eram consideradas suas sugestões para o desenvolvimento da ferramenta. Com isso, na etapa 3 da pesquisa (estudo empírico 2), o modelo passou a ser utilizado na rotina da obra para a realização das atividades de controle pela autora do trabalho, assim como por outros membros da equipe de pesquisa. Durante a realização desse segundo estudo, foram sendo identificadas oportunidades de melhorias e de correção de problemas. Tanto o modelo quanto a ferramenta de TI foram sendo refinados ao longo do processo de pesquisa, em um ciclo de concepção, aplicação e avaliação. Assim, uma versão final do modelo de controle integrado entre produção e qualidade é proposto ao fim da pesquisa.

Na terceira fase da pesquisa também foram analisadas as contribuições práticas e teóricas da solução desenvolvida. Os dados coletados nos estudos realizados foram analisados e discutidos com os gestores da Empresa A, o que possibilitou a identificação de benefícios e dificuldades de implementação, permitindo a identificação de oportunidades de melhorias. Ao final, na última etapa da pesquisa, foi realizada uma avaliação do modelo proposto quanto a sua utilidade e aplicabilidade pelos diferentes usuários e gestores da Empresa A.

4.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA A

A empresa A, na qual o estudo foi desenvolvido, é uma empresa construtora de porte médio localizada na cidade de Porto Alegre, que surgiu a partir da fusão de um grupo de empresas que atuam no mercado da construção há, aproximadamente, 30 anos. A empresa possui empreendimentos na Região Metropolitana de Porto Alegre e no interior do Rio Grande do Sul e em segmentos de mercado variados, tais como empreendimentos pertencentes ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), empreendimentos de alto padrão, condomínios verticais e horizontais fechados e será chamada nesse estudo de Empresa A.

Essa empresa foi escolhida para o desenvolvimento do estudo por possuir uma relação de parceria com o NORIE-UFRGS, sendo que alguns trabalhos acadêmicos relacionados ao planejamento e controle da produção e controle da qualidade já haviam sido desenvolvidos. As características da empresa em buscar aperfeiçoar os seus sistemas de planejamento e controle da produção, e da qualidade, possuindo certificações como o SiAC nível “A” do PBQP-H e ISO 9001, também foram essenciais para a escolha da mesma. Dentre os estudos anteriores que foram desenvolvidos junto à Empresa A, está o trabalho de Leão (2014).

4.4 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS EMPÍRICOS

4.4.1 Fontes de Evidências

Da mesma forma que em estudos de caso, no presente estudo buscou-se utilizar múltiplas fontes de evidência. Segundo Yin (2001), o uso de evidências provenientes de duas ou mais fontes, permite a coleta de dados que são complementares ou mesmo redundantes, aumentando a confiabilidade do estudo. Yin (2001) também sugere a criação de um banco de dados como forma de organizar e corroborar as informações provenientes das diversas fontes utilizadas, e o estabelecimento de um encadeamento entre evidências. A seguir são apresentadas as fontes de evidência utilizadas nessa pesquisa:

- a) **Análise de Documentação e de Registros em arquivo:** os documentos desempenham um papel óbvio em qualquer coleta de dados, sendo a busca sistemática por documentos relevantes importante na maioria dos estudos (YIN, 2001). Quando as provas de arquivos forem consideradas importantes, o pesquisador deve tomar cuidado ao averiguar sob quais condições elas foram produzidas e o seu grau de precisão, uma vez que as provas documentais refletem uma certa comunicação entre outras partes que estão tentando alcançar outros objetivos (YIN, 2001). Assim, ao tentar constantemente identificar essas condições, é menos provável que provas documentais induzam o pesquisador ao erro e muito mais provável que se seja corretamente criterioso ao interpretar o conteúdo dessas evidências. A contribuição mais importante da análise de documentação e registros em arquivos é corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes;
- b) **Entrevistas:** segundo Yin (2001), as entrevistas abertas permitem que os respondentes-chave sejam indagados sobre os fatos ou emitam sua opinião sobre determinados eventos. O mesmo autor define as entrevistas semi-estruturadas como entrevistas que ainda são espontâneas e assumem o caráter de uma conversa informal, mas é utilizado um conjunto de perguntas que se originam do protocolo de estudo de caso. Yin (2001) alerta que as entrevistas estão sujeitas a diferentes tipos de problemas, tais como preconceito, memória fraca e articulação pobre ou imprecisa. Por isso, é importante que sejam corroboradas com dados obtidos através de outras fontes de evidência;
- c) **Observação direta:** As observações podem variar de atividades formais a atividades informais de coleta de dados (YIN, 2001), incluindo análise de artefatos físicos, observação de processos. O referido autor relata que, de uma maneira mais informal,

podem-se realizar observações diretas ao longo da visita de campo, incluindo aquelas ocasiões durante as quais estão sendo coletadas outras evidências;

- d) Observação participante: é uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é apenas um observador passivo (YIN, 2001). Em vez disso, o pesquisador pode assumir uma variedade de funções dentro de um estudo de caso e pode, de fato, participar dos eventos que estão sendo estudados (YIN, 2001); e
- e) Registro Fotográfico: a partir de observações diretas ou participantes, podem ser feitos registros fotográficos que podem ajudar a transmitir as características importantes do estudo (YIN, 2001).

4.4.2 Estudo exploratório

Esse item apresenta a descrição dos empreendimentos em que o estudo empírico foi realizado (A1 e A2), assim como das atividades desenvolvidas durante a pesquisa.

4.4.2.1 Descrição dos Empreendimentos A1 e A2

Os empreendimentos em que os estudos foram desenvolvidos localizam-se na cidade de Alvorada, na Região Metropolitana de Porto Alegre e consistem de condomínios horizontais fechados de casas do PMCMV, ambos com sistema construtivo de paredes de concreto armado moldadas no local.

O empreendimento A1 é composto por 298 unidades habitacionais (UHs) com uma tipologia de casa de dois dormitórios, com aproximadamente 42m² de área, e infraestrutura condominial com portaria central, salão de festas, playground, mini campo de futebol gramado, quiosques com churrasqueira e vagas de estacionamento. Na Figura 10 é apresentada a implantação do empreendimento e na Figura 11 a tipologia das UHs.



Figura 10 - Implantação do empreendimento A1 (Fonte: Empresa A)



Figura 11 - Tipologia das unidades habitacionais do empreendimento A1 (Fonte: Empresa A)

Pela extensão do condomínio e característica repetitiva da obra, o estudo foi desenvolvido somente na segunda fase do empreendimento. A obra iniciou em novembro de 2012 e possuía final previsto para dezembro de 2013. Contudo, não foi possível realizar a entrega de todas as unidades nesse prazo, sendo a conclusão adiada para fevereiro de 2014.

O empreendimento A2 possui 796 UHs de duas tipologias distintas, sendo 398 casas de três dormitórios, conforme é mostrado na Figura 12 e 398 casas com duas suítes, como é mostrado na Figura 13, ambas com área de aproximadamente 51m².



Figura 12 - Planta-baixa unidade com 3 dormitórios (Fonte: Empresa A)



Figura 13 - Planta-baixa tipologia com 2 suítes (Fonte: Empresa A)

O condomínio ainda conta com portaria central, piscinas adulto e infantil, salão de festas, minicampo de futebol gramado, *playground*, quiosques com churrasqueiras e vagas de estacionamento. A obra foi dividida em três fases e nesse estudo, devido à grande dimensão do empreendimento e ao caráter exploratório do estudo, foram consideradas somente as quadras G e H da fase 2 e I da fase 3, conforme a Figura 14.



Figura 14 - Implantação do empreendimento A2 (Fonte: Empresa A)

4.4.2.2 Descrição das Atividades Desenvolvidas

A primeira coleta de dados foi realizada no empreendimento A1 de dezembro de 2013 a janeiro de 2014. O empreendimento encontrava-se em uma fase adiantada e as atividades acompanhadas eram de acabamento, tais como instalação de piso cerâmico, regularização de fachada, pintura, instalação de forro de gesso, instalação de esquadrias e entrada de energia. Foi possível realizar o controle de atividades planejadas e informais, a verificação da qualidade e o registro de ocorrências de *making-do*, por meio de visitas ao canteiro de obras, em que o modelo de Leão (2014) era aplicado. Durante esse primeiro estudo foram coletadas evidências em 5 observações participantes em reuniões de planejamento, sendo três delas com participação do engenheiro da obra e dos subempreiteiros, para elaboração do plano semanal, e 2 com a participação da gerente e de uma estagiária da qualidade, e um gerente de planejamento para apresentação dos resultados parciais obtidos na pesquisa de Leão (2014). Também foram realizadas 26 aplicações do modelo no canteiro de obras – cada aplicação corresponde a um dia de visita ao canteiro de obras, em que o modelo era utilizado. As atividades realizadas no Empreendimento A1, e as suas durações, são listadas na Figura 15.

Atividades Realizadas no Empreendimento A1			Fontes de Evidências
Data	Duração	Atividade	
18/11/2013	90 min	Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
20/11/2013	110 min	Controle da Produção e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
21/11/2013	75 min	Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
22/11/2013	65 min	Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
25/11/2013	95 min	Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
26/11/2013	45 min	Controle da Produção e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
27/11/2013	60 min	Controle da Produção com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
28/11/2013	120 min	Controle da Produção e da Qualidade e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 15 - Registro de observações realizadas na primeira etapa do estudo exploratório

29/11/2013	105 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
02/12/2013	95 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
03/12/2013	100 min	Controle da Produção e da Qualidade e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
04/12/2013	85 min	Controle da Produção e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
05/12/2013	75 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
06/12/2013	80 min	Controle da Produção e Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras e Reunião com Engenheiro da obra.	Observação participante e observação direta
09/12/2013	70 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
10/12/2013	50min	Controle da Produção e Registro de <i>making-do</i> com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
10/12/2013	-	Reunião com a Empresa	Observação participante
11/12/2013	60 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
12/12/2013	50 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
12/12/2013	120 min	Reunião com Engenheira da obra	Observação participante
13/12/2013	85 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
16/12/2013	60 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
17/12/2013	65 min	Controle da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
19/12/2013	-	Reunião com a Empresa	Observação participante
20/12/2013	80 min	Controle da Produção e da Qualidade com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
27/12/2013	90 min	Reunião com Engenheira da obra	Observação participante
03/01/2014	65 min	Controle da Produção com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
10/01/2014	55 min	Controle da Produção com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante

Figura 15 – Registro de observações realizadas na primeira etapa do estudo exploratório (continuação)

16/01/2014	60 min	Controle da Produção com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante
17/01/2014	70 min	Controle da Produção com uso do modelo e da ferramenta propostos por Leão (2014) no canteiro de obras	Observação participante

Figura 15 – Registro de observações realizadas na primeira etapa do estudo exploratório (continuação)

As verificações de controle da qualidade realizadas sempre foram feitas com o acompanhamento de um estagiário da obra, que aprovava ou reprovava os itens inspecionados, considerando os critérios estabelecidos. Os motivos da não conformidade em relação à qualidade eram registrados para as atividades reprovadas quando o estagiário tinha condições de identificá-los. Quando havia dúvidas, estas eram encaminhadas para a análise do engenheiro.

A segunda coleta de dados ocorreu no empreendimento A2 e teve duração de seis semanas, sendo que as duas primeiras foram dedicadas ao teste do modelo e da ferramenta, sendo as aplicações realizadas diariamente. Assim, a pesquisadora aplicou o modelo sem a presença da autora do mesmo, sendo cometidos alguns equívocos. Por isso, os dados coletados nestas primeiras semanas não foram considerados. As informações provenientes deste estudo também foram utilizadas como forma de avaliação do uso do modelo por terceiros na pesquisa de Leão (2014), e seus resultados são apresentados no trabalho da autora mencionada.

Durante a realização da segunda coleta, foi estabelecida uma rotina de visitas diárias ao canteiro de obras para controle da produção. Para aplicação do modelo, foi utilizado o *software Microsoft Excel* no módulo do *desktop*, e o *software KingSoft* para o módulo de campo, que permite utilizar as funções necessárias do arquivo no *tablet*. O ciclo de controle iniciava com o recebimento da programação prevista para a semana para que as atividades planejadas fossem registradas em uma planilha eletrônica, desenvolvida por Leão (2014), como atividades formais. Quando as atividades eram inseridas no banco de dados, eram gerados automaticamente os critérios de qualidade a serem verificados para cada uma delas. A programação, assim como os critérios de verificação de qualidade, era copiada para o módulo de campo do modelo para que o controle pudesse ser feito por meio de *tablets* no canteiro de obras. Quando alguma atividade que não consta na programação era identificada no canteiro,

ela era registrada no módulo de campo como informal e, a partir desse registro, devia ter seu início e fim controlados, assim como aplicados os critérios de inspeção da qualidade.

Também era realizado o controle de perdas por *making-do*. Quando se identificava alguma atividade sendo executada de forma considerada diferente do que constava nos procedimentos da empresa, eram feitos questionamentos aos trabalhadores que as executavam a fim de entender qual era a situação ideal para eles, assim como o motivo de realizar a atividade de um modo diferente do descrito no procedimento. Quando se tratava de casos de *making-do*, os desvios eram registrados de forma textual e fotográfica e classificados quanto à sua natureza e categoria no módulo de campo. Quando não estava claro se eram casos de *making-do*, o problema era levado para discussão com a engenheira da obra antes de terem seu registro efetivado.

No final da semana, as informações coletadas no módulo de campo eram transferidas para o banco de dados tanto para registro do histórico das atividades da semana, como para análise dos dados. Nas sextas-feiras eram realizadas reuniões de planejamento de curto prazo, chamadas reuniões de programação pela empresa, envolvendo a área de engenharia e as equipes de subempreiteiros para análise das atividades realizadas na semana e programação da produção para a semana seguinte. Um extrato do banco de dados pode ser visualizado na Figura 16.

ID PTEspecif	Tipo de	id	Ptgen	id_l	Lote	Quadra	id_e	Equipe	Data inicio	Data fim	Data inicio	Data
	pl			ot					plan	plan	real	Conclusa
5.142.3	Formal	5	Elétrica: entrada de energia + telefone	142	Casas 135 a 169	QN superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014		
5.141.3	Formal	5	Elétrica: entrada de energia + telefone	141	Casas 136 a 170	QM inferior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014		
5.140.3	Formal	5	Elétrica: entrada de energia + telefone	140	Casas 103 a 133	QM superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014	16/01/2014	
5.144.3	Formal	5	Elétrica: entrada de energia + telefone	144	Casas 101 a 110	QL	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014	16/01/2014	16/01/2014
3.142.3	Formal	3	Elétrica: colocacao dispositivos	142	Casas 135 a 169	QN superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014	16/01/2014	
2.142.3	Formal	2	Elétrica: colocacao CD	142	Casas 135 a 169	QN superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014		
3.140.3	Formal	3	Elétrica: colocacao dispositivos	140	Casas 103 a 133	QM superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014	16/01/2014	
2.140.3	Formal	2	Elétrica: colocacao CD	140	Casas 103 a 133	QM superior	5	Taigor eq1	13/01/2014	17/01/2014	16/01/2014	
24.119.3	Formal	24	Pintura: textura interna	119	Casas 152/154	QM inferior	6	A Marinho eq1	13/01/2014	17/01/2014		

Figura 16 - Banco de dados da ferramenta utilizada no estudo exploratório

O controle da produção foi implementado com sucesso, e foi possível realizar a identificação de algumas situações de *making-do* e registrá-las corretamente na ferramenta. O módulo de controle de qualidade não pôde ser testado, pois, para aprovar ou reprovar critérios da

qualidade, era necessária a presença de um estagiário, uma vez que a equipe de pesquisa não possuía as informações sobre inspeção dos critérios de qualidade necessárias. Entretanto, houve limitações de disponibilidade de estagiários. Na Figura 17, são listadas as atividades desenvolvidas durante a segunda etapa da coleta, na qual foi possível realizar 17 aplicações do modelo de controle integrado no canteiro de obras, sendo 15 delas com dados válidos para análise. Também houve a oportunidade de realizar uma observação participante em 1 reunião de médio prazo, que contou com a presença da engenheira da obra, da analista de planejamento e da estagiária de planejamento da empresa, e três em reuniões de curto prazo, em que participavam a engenharia e representantes de subempreiteiros da obra. Além disto, foram analisados documentos da empresa, incluindo procedimentos de execução.

Atividades Realizadas no Empreendimento A2			
Data	Duração	Atividade	Fontes de Evidências
12/03/2014	120 mins	Treinamento do modelo de controle e da ferramenta utilizada com o setor da qualidade na empresa	-
13/03/2014	60 mins	Reunião de médio prazo	Observação participante
14/03/2014	150 mins	Reunião de curto prazo	Observação participante
17/03/2014	-	Recebimento da Programação e Registro das atividades na ferramenta	Análise de Documentos
18/03/2014	60 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
20/03/2014	45 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
20/03/2014	15 mins	Entrevista não-estruturada com engenheira da obra	Entrevista
21/03/2014	90 mins	Reunião de curto prazo	Observação participante
24/03/2014	40 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
25/03/2014	-	Recebimento da Programação e Registro das atividades na ferramenta	Análise de Documentos
26/03/2014	70 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
27/03/2014	80 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
28/03/2014	150 mins	Reunião de curto prazo	Observação participante
31/03/2014	70 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante

Figura 17 - Registro de observações realizadas na segunda etapa da fase exploratória

01/04/2014	-	Recebimento da Programação e Registro das atividades na ferramenta	Análise de Documentos
01/04/2014	35 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
02/04/2014	20 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
03/04/2014	40 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
04/04/2014	85 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
07/04/2014	30 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
08/04/2014	40 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
10/04/2014	-	Recebimento da Programação e Registro das atividades na ferramenta	Análise de Documentos
10/04/2014	60 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
14/04/2014	40 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
15/04/2014	-	Recebimento da Programação e Registro das atividades na ferramenta	Análise de Documentos
15/04/2014	50 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante e Registro fotográfico
15/04/2014	15 mins	Entrevista não-estruturada com engenheira da obra	Entrevista
16/04/2014	35 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante
17/04/2014	40 mins	Utilização do modelo de controle no canteiro de obras	Observação participante

Figura 17 - Registro de observações realizadas na segunda etapa da fase exploratória (continuação)

4.4.3 Estudo empírico 1

Esse item apresenta a descrição do empreendimento em que os estudos empíricos foram realizados (A3), assim como das atividades desenvolvidas no estudo empírico 1. Apesar de ambos os estudos serem realizados no mesmo empreendimento, várias dos serviços observados foram distintos, devido à etapa de construção em que o empreendimento se encontrava.

4.4.3.1 Descrição do Empreendimento A3

O empreendimento A3 localiza-se na cidade de Canoas, na Região Metropolitana de Porto Alegre, e consiste em 10 torres compostas por térreo mais 8 pavimentos e por 166 casas

térreas, totalizando 806 UHs (Figura 18). Apesar de o empreendimento contemplar tanto as casas quanto as torres, a construção foi executada como se fossem dois empreendimentos distintos. Havia uma equipe de engenharia específica para as torres e uma para as casas, e os PCPs são independentes. São discutidas em conjunto apenas questões comuns referentes à logística. A implantação do empreendimento completo está apresentada na Figura 18.



Figura 18 - Implantação do Empreendimento A3 (Fonte: Empresa A)

Para essa pesquisa foram consideradas somente as torres, uma vez que os estudos exploratórios já haviam sido desenvolvidos em condomínios horizontais. As torres totalizam 640 UHs, sendo utilizado o sistema construtivo em alvenaria estrutural e lajes maciças pré-moldadas. Os prédios possuem 8 unidades por pavimento, sendo 4 unidades de 3 dormitórios, com área de 61,68 m², e 4 unidades de 2 dormitórios, com área de 48,88 m² a 49,4 m². As plantas-baixas das unidades de 2 e 3 dormitórios são apresentadas na Figura 19.



Figura 19 – Planta-Baixa da UH de 2 e 3 dormitórios, respectivamente (Fonte: Empresa A)

As unidades de 2 dormitórios foram comercializadas por meio do programa MCMV, devido ao seu valor de venda. A infraestrutura condominial oferece salão de festas, quiosques com churrasqueira, piscinas adulto e infantil, *playground*, mini-campo de futebol gramado e vagas de estacionamento.

A obra começou a ser acompanhada no início da execução, nas semanas em que o contrapiso das torres A, B, C e D estava sendo executado. Devido à extensão do empreendimento, e a sua característica repetitiva, ficou definido que os dados coletados e analisados nessa pesquisa se restringiriam a essas 4 torres. O prazo de entrega previsto para a obra era abril de 2017.

4.4.3.2 Descrição das Atividades Desenvolvidas

Esta etapa iniciou com uma reunião para apresentação dos objetivos do estudo à Empresa A, sendo o escopo do modelo a ser desenvolvido apresentado na forma de imagens, simulando a aplicação desse modelo em uma possível interface, e principais funcionalidades, da ferramenta de TI proposta para sua aplicação. Nesse primeiro contato, além da pesquisadora, estavam presentes o gerente de planejamento, a gerente da qualidade, uma analista de planejamento, uma analista de projetos e uma estagiária da qualidade. A empresa apresentou interesse em participar deste estudo, sendo o empreendimento A3 escolhido por essa equipe, que também apresentou algumas sugestões sobre como o modelo de controle poderia ser adaptado às necessidades da empresa. Ainda nesse encontro, foram solicitados documentos da empresa relativos a projetos, planejamento e qualidade para análise na pesquisa, que foram entregues na semana posterior.

Antes do início do acompanhamento do Empreendimento A3, foi realizada uma apresentação dos resultados do estudo exploratório para a equipe responsável pela obra, incluindo o engenheiro responsável do empreendimento e seu assistente, além da gerente e da estagiária da qualidade, no escritório da obra. Nesse encontro, a equipe de pesquisa ficou autorizada a participar da rotina da obra, acompanhando o controle da produção e da qualidade utilizada no empreendimento, assim como as reuniões de planejamento.

Após essas definições, a equipe de pesquisa passou a acompanhar a rotina da obra. Primeiramente, foi realizada uma apresentação do canteiro de obras pelo engenheiro responsável e pelo estagiário, assim como explicada a rotina de planejamento e de controle adotada. Esse primeiro período de coleta de dados no canteiro teve duração total de vinte semanas, de setembro de 2014 a fevereiro de 2015. A pesquisadora realizou observação

participante em: (a) 2 reuniões de médio prazo, com participação do engenheiro da obra, e a analista e estagiária de planejamento da empresa; (b) 1 reunião para tratar sobre logística, em que participaram o engenheiro e o assistente da obra, e o gerente geral de obras da empresa; e (c) 16 reuniões de curto prazo, com presença dos líderes das empreiteiras, do engenheiro, do assistente, e do estagiários da obra, assim como do mestre de obras e de uma técnica em segurança do trabalho. Além disto, realizou 77 visitas ao canteiro para aplicações de controle da produção e da qualidade. As atividades realizadas durante esse primeiro estudo são listadas a seguir (Figura 20):

Data	Atividades Desenvolvidas	Duração	Objetivo	Fontes de evidências
27/08/2014	Reunião no escritório da empresa	60 min	Apresentação da proposta de trabalho a ser desenvolvida na empresa	-
12/09/2014	Reunião com equipe obra	60 min	Apresentação da proposta e sobre primeiros passos a serem realizados.	-
18/09/2014	Visita obra	180 min	Conhecer a rotina de planejamento de inspeção da qualidade utilizada na obra. Conhecimento do canteiro de obras.	Observação participante e Registro fotográfico
19/09/2014	Reunião curto prazo	60 min	Observar como é feito o planejamento semanal na obra.	Observação participante e Registro fotográfico
23/09/2014	Controle da produção	120 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
24/09/2014	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
25/09/2014	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
25/09/2014	Reunião médio prazo	85 min	Observar reunião que visa a retirada de restrições das atividades a serem executadas nas 6 semanas seguintes	Observação participante
26/09/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
29/09/2014	Reunião curto prazo	90 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante e Registro fotográfico
30/09/2014	Controle da produção	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
30/09/2014	Reunião logística	85 min	Discutir a estratégia logística da obra, como posicionamento de equipamentos, estoques e acessos a serem utilizados	Observação participante
01/10/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
02/10/2014	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1

03/10/2014	Controle da produção	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
03/10/2014	Reunião curto prazo	45 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
07/10/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
08/10/2014	Controle da produção e da qualidade	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
09/10/2014	Controle da produção e da qualidade	50 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
10/10/2014	Controle da produção	50 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
13/10/2014	Reunião curto prazo	70 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
14/10/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
15/10/2014	Controle da produção	50 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
16/10/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
17/10/2014	Reunião curto prazo	35 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
21/10/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
22/10/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
23/10/2014	Controle da produção	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
24/10/2014	Reunião curto prazo	65 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
28/10/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
29/10/2014	Controle da produção e da qualidade	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1 (continuação)

30/10/2014	Controle da Produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
31/10/2014	Controle da produção e da qualidade	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
03/11/2014	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
04/11/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
05/11/2014	Controle da produção e da qualidade	50 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
06/11/2014	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
07/11/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
07/11/2014	Reunião curto prazo	80 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
10/11/2014	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
11/11/2014	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
13/11/2014	Controle da produção	30min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
14/11/2014	Controle da produção e qualidade	85 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
14/11/2014	Reunião curto prazo	80 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
17/11/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
18/11/2014	Controle da produção e da qualidade	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
19/11/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
20/11/2014	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
21/11/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
24/11/2014	Controle da produção	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1 (continuação)

24/11/2014	Reunião curto prazo	70 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
26/11/2014	Controle da produção e da qualidade	120 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
27/11/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
28/11/2014	Controle da produção e qualidade	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
28/11/2014	Reunião curto prazo	80 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
01/12/2014	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
02/12/2014	Controle da produção e da qualidade	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
03/12/2014	Controle da produção e da qualidade	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
04/12/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
05/12/2014	Controle da produção e da qualidade	75 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
08/12/2014	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
09/12/2014	Controle da produção e da qualidade	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
10/12/2014	Controle da produção e da qualidade	45 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
11/12/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
12/12/2014	Controle da produção e da qualidade	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
15/12/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
16/12/2014	Controle da produção e da qualidade	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
17/12/2014	Controle da produção e da qualidade	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1 (continuação)

18/12/2014	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
19/12/2014	Controle da Produção / Teste BIM 360 <i>Field</i>	120 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido / Avaliar o potencial de utilização da ferramenta BIM 360 <i>Field</i> na aplicação do modelo refinado a partir da proposta de Leão (2014)	Observação participante e Registro fotográfico
05/01/2015	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
06/01/2015	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
07/01/2015	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
09/01/2015	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
09/01/2015	Reunião curto prazo	40 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
13/01/2015	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
14/01/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
15/01/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
16/01/2015	Reunião curto prazo	65 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
20/01/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante e Registro fotográfico
21/01/2015	Controle da produção e da qualidade	140 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante e Registro fotográfico
22/01/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
23/01/2015	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
23/01/2015	Reunião curto prazo	75 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
26/01/2015	Controle da produção	30 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
27/01/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1 (continuação)

30/01/2015	Controle da produção	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
30/01/2015	Reunião curto prazo	60 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
03/02/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
04/02/2015	Controle da produção	70 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
05/02/2015	Controle da produção e da qualidade	40 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
06/02/2015	Controle da produção	35 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
06/02/2015	Reunião curto prazo	75 min	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
09/02/2015	Controle da produção	60 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido	Observação participante
12/02/2015	Controle da produção e da qualidade	125 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante
13/02/2015	Reunião curto prazo	70 mins	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
13/02/2015	Controle da produção e da qualidade	80 min	Controlar a produção de acordo com o planejamento semanal definido, e verificar se foi realizada com qualidade	Observação participante

Figura 20 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 1 (continuação)

Em função da mudança de tipologia e tecnologia construtiva, foram realizadas algumas adaptações no modelo de Leão (2014). Assim, os lotes de produção foram alterados, e foram criados novos pacotes genéricos, cujo conceito é apresentado na página 47, que diziam respeito à tecnologia construtiva utilizada no Empreendimento A3.

Após a criação dos pacotes genéricos, foram relacionados a eles todos os critérios de qualidade e condições de início cuja conferência era necessária. A criação dos pacotes genéricos e sua relação com os critérios de qualidade foram sendo desenvolvidos conforme os pacotes iam ocorrendo no canteiro, com o avanço da obra.

Nas primeiras semanas de coletas, o controle em campo era realizado após o recebimento da programação semanal, que geralmente ocorria nas segundas-feiras no turno da tarde ou às terças-feiras pela manhã. A partir da oitava semana de coleta, esse controle começou a ser realizado mesmo sem a programação. Assim, atividades que estavam sendo executadas no

canteiro de obras eram anotadas e, após o recebimento da programação, essas atividades eram incluídas na ferramenta utilizada por Leão (2014), para aplicação do seu modelo, com o tipo “Formal” quando constavam na programação e com o tipo “Informal Novo” ou “Informal UW (*unfinished work*)” quando não constavam.

A realização desse primeiro estudo empírico possibilitou o entendimento do sistema de gestão utilizado no Empreendimento A3, assim como os benefícios e dificuldades decorrentes da aplicação da nova versão do modelo. Com isso, foram analisados em mais profundidade os requisitos do modelo de controle integrado no canteiro de obras. Assim, de forma concomitante à realização do primeiro estudo empírico, foi construída a proposta de modelo de controle integrado, assim como a ferramenta de TI, que foi construída para a sua aplicação e avaliação. A ferramenta de TI concebida na pesquisa foi desenvolvida por uma empresa terceirizada, especializada em programação computacional.

4.4.3.3 Procedimentos de Inspeção e Condições de Início

No decorrer do Estudo Empírico 1, foi percebida a mesma dificuldade encontrada no Estudo Exploratório em relação às verificações de qualidade, pois muitas vezes o responsável pela verificação dos critérios não possuía as informações necessárias a respeito de como proceder a inspeção. Não havendo informações sobre os equipamentos a serem utilizados, a técnica de verificação, as tolerâncias e padrões de aceitação, a verificação tende a ser subjetiva e o responsável pela aplicação não consegue realizar a inspeção de forma padronizada. Assim, foram desenvolvidos procedimentos de inspeção para os pacotes de trabalho considerados mais importantes na obra do Empreendimento A3. Os pacotes selecionados foram aqueles relacionados à alvenaria estrutural, por ser uma atividade repetitiva que frequentemente necessitava de inspeções, sendo também apontados como prioridade pela Empresa A.

Para o desenvolvimento desses procedimentos de inspeção foram acompanhadas verificações de qualidade realizadas no canteiro, assim como o treinamento do estagiário da obra, instruído pelo engenheiro, para que as verificações fossem realizadas corretamente, sob a supervisão da gerente da qualidade da Empresa A, assim como discutidos os métodos de inspeção com a equipe de engenharia. Também foram utilizados documentos da empresa como o Procedimento de Execução de Serviço (PES) e a Planilha de Verificação da Qualidade (PVQ).

Após a formulação dos procedimentos de inspeção de qualidade, eles foram enviados para a gerente da qualidade da Empresa A para que fossem avaliados quanto a sua adequação com os padrões da empresa, e possibilidade de uso no canteiro de obras.

Outra necessidade percebida foi a de separar a verificação das condições de início das demais verificações de qualidade, uma vez que as primeiras devem ser controladas antes do início da execução dos pacotes de trabalho, enquanto as últimas devem ser conferidas durante a execução ou após sua conclusão. Assim, foram analisadas as condições de início determinadas na PVQ e no PES da Empresa A. Além dos documentos da Empresa A, foram consideradas que as condições referentes à logística, disponibilidade do material necessário para a execução do pacote de trabalho, assim como dos equipamentos, informações e documentos deveriam ser aprovadas para início da execução do pacote de trabalho. Também foram consideradas a conclusão dos serviços executados anteriormente e o funcionamento das instalações provisórias, quando necessário. Com essas informações, foram listadas todas as condições de início necessárias para liberar a execução dos pacotes de trabalho planejados. Essa verificação separada tem por objetivo impedir que atividades sem todos os pré-requisitos necessários iniciem, evitando, assim, perdas por *making-do*.

4.4.3.4 Avaliação de tecnologias

Foram analisados sete *softwares* comerciais e um *software* desenvolvido por meio de uma pesquisa acadêmica, em que foram avaliadas as suas principais funcionalidades. Os *softwares* avaliados foram: KanBIM, ConstructSim, *Track Our Plan*, BIM 360 *Field*, Artra, Vicco *Office Production Controller*, FVS *web*, e Stant. Os *softwares* foram escolhidos a partir de dados disponíveis em trabalhos científicos, e de uma pesquisa de mercado, em que foram consideradas as ferramentas oferecidas por grandes empresas que desenvolvem TI para a construção, assim como empresas nacionais.

Foram testadas ferramentas que ofereceram licenças educacionais de teste para avaliação, ferramentas que puderam ser observadas em uso em empresas que as utilizam nos seus sistemas de controle, ferramentas gratuitas, e ferramentas que foram apresentadas por videoconferência pelos representantes. Os demais *softwares* foram analisados a partir de informações disponibilizadas pelas empresas fabricantes, como descrição do produto, vídeos tutoriais, e revisão de literatura sobre as tecnologias desenvolvidas.

4.4.4 Estudo empírico 2

Esse item apresenta a descrição das atividades desenvolvidas no segundo estudo empírico.

4.4.4.1 Descrição das Atividades Desenvolvidas

O desenvolvimento da ferramenta iniciou pela parte *web*, estruturação da base de dados, assim como a configuração do servidor. O uso de um servidor foi necessário para que os dados pudessem ser coletados pelo *tablet* mesmo sem acesso à internet e serem sincronizados quando uma rede *wifi* estivesse disponível.

Esta primeira etapa de desenvolvimento durou nove meses, sendo realizada de forma iterativa com a empresa contratada para o desenvolvimento do *software*. As funcionalidades necessárias, formas de organização e exibição das informações, assim como uso do modelo, eram discutidas entre ambas as partes, primeiramente, uma vez por semana, e, após a conclusão da configuração do servidor, em que as alterações eram feitas muito mais rapidamente, de forma diária. Eram realizados testes pela equipe de pesquisa, que identificava os problemas e oportunidades de melhorias. Os mesmos eram repassados para a empresa responsável pela construção do sistema informatizado, que realiza as modificações necessárias e entregava uma nova versão da ferramenta. Para que a ferramenta de TI possuísse as funcionalidades mínimas para uma aplicação inicial do modelo no canteiro de obras, foram testadas 16 versões do aplicativo para *tablet*, internamente, processo que teve duração de seis meses.

Como o desenvolvimento da ferramenta de TI dispendeu um tempo longo e ainda não possuía algumas funcionalidades essenciais nessa etapa, foi definido que o modelo seria desenvolvido sem a parte relacionada a BIM e suas visualizações, devido ao curto período disponível nessa pesquisa para incluir essa função. Após a disponibilização da versão do aplicativo, que continha as funções básicas para sua utilização no canteiro de obras, foi desenvolvido o segundo Estudo Empírico, no qual o modelo de controle foi implementado em uma ferramenta de TI, que foi utilizada na coleta de dados. Esse estudo teve duração de 4 semanas, sendo aplicado nos meses de abril e maio de 2015, sendo que, durante sua aplicação, vários refinamentos foram realizados, a partir das necessidades percebidas com a sua aplicação em campo.

O empreendimento encontrava-se em uma fase em que os serviços executados no canteiro de obras eram bastante repetitivos e as principais atividades acompanhadas eram a instalação da

estrutura pré-moldada, a elevação da alvenaria estrutural, execução das instalações hidráulicas, elétricas e de gás, instalação dos contramarcos das esquadrias externas, taliscamento e reboco. Ainda, estavam sendo executadas as instalações provisórias, principalmente relacionadas à segurança. Foram coletados dados relativos ao controle da produção de atividades formais e informais, ao controle da qualidade, e às perdas por *making-do*. A aplicação do modelo foi realizada por meio de observação direta em campo, sendo que foram realizadas 14 aplicações do modelo de controle integrado no canteiro de obras, e foi possível participar de 4 reuniões de planejamento de curto prazo, com participação do engenheiro e dos estagiários da obras, dos líderes das empreiteiras, do mestre de obras e de uma técnica em segurança do trabalho. A Figura 21 mostra as atividades desenvolvidas durante a aplicação do estudo empírico 2.

Data	Duração	Atividades Desenvolvidas	Objetivo	Fontes de evidências
14/04/2015	60 min	Apresentação da ferramenta desenvolvida para aplicação do modelo de controle integrado proposto	Apresentar os resultados preliminares para a empresa e discussão de melhorias e aplicação do modelo pela equipe de obra	Registro Fotográfico
14/04/2015	110 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
16/04/2015	120 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
17/04/2015	110 min	Apresentação e treinamento do modelo e da ferramenta utilizada para sua aplicação, para a equipe de obra	Habilitar os membros da equipe de obra a utilizarem o modelo de controle integrado proposto, por meio da ferramenta desenvolvida, a fim de avaliarem sua utilidade e aplicabilidade	Registro Fotográfico
17/04/2015	80 mins	Reunião curto prazo	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
22/04/2015	140 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
23/04/2015	165 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 21 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 2

24/04/2015	140 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
24/04/2015	95 min	Reunião curto prazo	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
27/04/2015	120 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
28/04/2015	135 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
29/04/2015	90 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
29/04/2015	30 min	Apresentação da aplicação do modelo de controle integrado com uso da ferramenta desenvolvida para o diretor de planejamento, em campo	Apresentar os resultados preliminares para a empresa e discussão de melhorias e utilização pela empresa	Registro fotográfico
30/04/2015	135 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
30/04/2015	90 min	Reunião curto prazo	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante
04/05/2015	130 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
05/05/2015	90 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
06/05/2015	150 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico

Figura 21 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 2 (continuação)

07/05/2015	140 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
08/05/2015	200 min	Aplicação do modelo de controle integrado no canteiro de obras	Controlar a produção e a qualidade das atividades formais e informais, assim como registro de casos de <i>making-do</i> . Avaliar restrições, melhorias e benefícios no modelo e na ferramenta utilizados	Observação participante e Registro fotográfico
08/05/2015	95 min	Reunião curto prazo	Observar reunião que visa a conferência dos pacotes planejados para a semana anterior e comprometimento com os pacotes definidos para a semana seguinte	Observação participante

Figura 21 - Calendário de atividades desenvolvidas no Estudo Empírico 2 (continuação)

Ao final desta etapa, foi realizada uma apresentação do modelo desenvolvido para os gerentes de produção e qualidade da Empresa A. Os gestores da Empresa A salientaram que algumas novas funcionalidades deveriam ser desenvolvidas para que o modelo proposto fosse adotado pela empresa como procedimento padrão de controle da produção e da qualidade. Entre essas solicitações estava o controle de versões dos procedimentos (requisito exigido para certificação NBR ISO 9001), e a opção de “aprovado com restrição” para os critérios de qualidade, que são os serviços que não apresentam o padrão de qualidade exigido, mas que a empresa julga a correção inviável, por questões de tempo ou custo, aprovando o serviço mesmo ciente da falha apresentada.

Ainda, foi autorizado por esses gestores, o teste da ferramenta desenvolvida pela equipe de engenharia da obra acompanhada durante o estudo empírico 1 e 2. Foi disponibilizado para a Empresa A o acesso irrestrito ao modelo e à ferramenta de TI desenvolvidos para seu uso e avaliação, realizado um treinamento com a equipe de obra, com apresentação das funcionalidades e aplicação no canteiro de obras, assim como a disponibilização de *tablets*. Contudo, o modelo não foi utilizado pelos estagiários da obra, uma vez que estavam instruídos pelo engenheiro responsável a priorizar outras atividades no canteiro de obras.

Durante a aplicação do estudo exploratório 2, e com a análise dos dados obtidos, foram percebidas necessidades de melhorias no modelo proposto. Ao final, a utilidade e aplicabilidade do modelo foram avaliados pela pesquisadora, pelos demais membros da equipe de pesquisa, assim como pela Empresa A.

4.4.5 Avaliação e Reflexão

Para Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), na pesquisa construtiva, a avaliação de um artefato normalmente é realizado por meio de um teste prático, no qual se levanta questões sobre a relevância, simplicidade e facilidade de uso. Puro e Storey (2008) afirmam que a avaliação é um componente crucial para o processo da pesquisa construtiva e propõem três constructos para realizá-la: utilidade percebida, facilidade de uso, e compatibilidade com a prática existente. March e Smith (1995), por sua vez, afirmam que a pesquisa construtiva deve ser avaliada baseada em valor ou utilidade para um grupo de usuários, e que a avaliação dos constructos tende a envolver a integralidade, simplicidade, elegância, compreensibilidade, e facilidade de uso.

A partir das afirmações desses autores acerca da avaliação dos artefatos desenvolvidos, e de pesquisas anteriores (FIREMAN, 2012; LEÃO, 2014; RECK, 2013; SCHRAMM, 2009), foram propostos os seguintes constructos para a avaliação do modelo desenvolvido por essa pesquisa: utilidade e facilidade de uso.

O constructo utilidade está relacionado com os benefícios que a utilização do modelo traz para a gestão da produção, sendo dividido em quatro subconstructos: confiabilidade da informação, rastreabilidade da informação, retroalimentação eficaz, e padronização da inspeção (Figura 22). A confiabilidade da informação visa a avaliar se a informação coletada é apresentada de forma clara, sem distorções. A rastreabilidade da informação se refere à facilidade de acesso aos dados coletados, por meio de um histórico. A retroalimentação eficaz, por sua vez, diz respeito à facilidade de inserção dos dados coletados. Já a padronização da inspeção busca assegurar que esta seja conduzida por todos da mesma forma, utilizando os mesmos critérios e métodos de verificação.

Constructo	Subconstructos	Fontes de Evidência
Utilidade	Confiabilidade da informação	Observação participante, entrevista não estruturada, análise de dados
	Rastreabilidade da informação	
	Retroalimentação eficaz	
	Padronização da inspeção	

Figura 22 - Subconstructo e fontes de evidências do constructo utilidade

O constructo facilidade de uso foi dividido nos seguintes subconstructos: eficiência e aplicabilidade (Figura 23). A eficiência diz respeito ao tempo utilizado para a aplicação do

modelo, que foi medido em cada uma das aplicações. A aplicabilidade se refere à possibilidade de uso no contexto real, e foi avaliada quanto à aplicação do modelo no canteiro de obras, pelo módulo *web*, e facilidade de aprendizado. A aplicabilidade também foi avaliada quanto ao interesse da empresa em que o estudo foi desenvolvido em utilizar o modelo proposto como procedimento da empresa.

Constructo	Subconstructo	Fontes de Evidência
Facilidade de uso	Eficiência	Observação Participante
	Aplicabilidade	Observação participante, Entrevistas, Reunião

Figura 23 - Subconstructo e Aspectos de Avaliação do Constructo Aplicabilidade

Os subconstructos, de ambos os constructos, foram avaliados com base na percepção da equipe de pesquisa, que teve o contato mais próximo com a aplicação efetiva da ferramenta, no processamento e análise dos dados coletados nos estudos empíricos, em uma entrevista aberta conduzida com gestores da empresa, e em entrevistas semi-estruturadas realizada com a equipe de gestão das obras. A entrevista aberta foi realizada na sede da empresa, com a participação do diretor e do gerente de produção, assim como da analista de planejamento e da equipe de pesquisa, e teve duração de 80 minutos. Foram apresentados os resultados atingidos com a pesquisa, bem como discutida a possibilidade de continuação de pesquisas na área do controle integrado. Já as entrevistas semi-estruturadas foram feitas com o engenheiro da obra e aos estagiários envolvidos com a pesquisa, no escritório do canteiro de obras. Os roteiros das entrevistas semi-estruturadas são apresentados nos Apêndices A e B do trabalho. O constructo aplicabilidade ainda foi avaliado pelos pesquisadores que utilizaram o modelo de controle sem interferência da autora do trabalho, através de entrevistas abertas.

5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos com os estudos empíricos realizados no empreendimento A3. Inicialmente, são apresentados os sistemas de PCP e de gestão da qualidade do empreendimento no qual os estudos foram desenvolvidos, além dos dados coletados acerca do controle da produção, da qualidade, e de perdas por *making-do*. Após, são apresentadas as modificações realizadas no modelo de Leão (2014) para sua utilização no primeiro estudo empírico, e apresentadas as ferramentas de TI para controle da produção e da qualidade, que utilizam dispositivos móveis, testadas durante este estudo.

O modelo de controle integrado entre produção e qualidade com uso de dispositivos móveis proposto nessa pesquisa é, então, apresentado, assim como a ferramenta desenvolvida para possibilitar a sua aplicação. O modelo e a ferramenta foram aplicados e testados no estudo empírico 2. Por fim, as melhorias implementadas na ferramenta durante a aplicação do segundo estudo empírico são apresentadas, e os resultados dos estudos obtidos com a aplicação dos estudos empíricos são discutidos, em relação a pesquisas anteriores.

5.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DO EMPREENDIMENTO A3

A Empresa A possui um Procedimento Gerencial de Planejamento e Produção no qual é apresentado o sistema de planejamento de obras. No nível de longo prazo, é elaborado o cronograma mestre conjuntamente pelos setores de planejamento e de produção. Esse cronograma deve ser atualizado semanalmente durante a etapa de produção. A Empresa A orienta para que seja realizado um planejamento de médio prazo, que deve ocorrer mensalmente, em reunião conduzida pela equipe de obra. Nessa reunião, com base nas tarefas previstas no cronograma mestre para as 8 semanas seguintes, devem ser identificadas as restrições, discutido como removê-las, assim como atribuído um responsável e um prazo para a remoção de cada uma delas. Também é uma diretriz estabelecida pela Empresa A a realização de um planejamento de curto prazo, semanalmente, em reunião conduzida pela equipe de engenharia no canteiro de obras com a presença de todos os envolvidos na produção, incluindo líderes de equipe, mestre de obras, estagiários e técnicos. Nessa reunião devem ser programados os pacotes de trabalho a serem executados na semana, os quais devem ter suas restrições removidas. Deve ficar claro o que deve ser feito, quem é responsável pela

execução, assim como o local da execução. A empresa ainda orienta que, ao final da semana, sejam analisados os pacotes concluídos na programação anterior, calculado o PPC, e identificados os motivos da não conclusão dos pacotes de trabalho. A empresa solicita que o PPC e cronograma atualizado da obra sejam divulgados em mural no canteiro de obras, assim como a avaliação dos fornecedores.

No empreendimento A3, o cronograma mestre com as datas críticas das atividades era utilizado pelo engenheiro da obra como guia para definir os pacotes de trabalho que seriam programadas, sendo atualizado semanalmente. Contudo, não havia uma rotina de reuniões de planejamento de médio prazo para identificar e remover restrições, para liberar os pacotes de trabalho a serem programados no curto prazo. Foram acompanhadas apenas duas reuniões de médio prazo durante todo o período da coleta, pois como não havia uma rotina, algumas reuniões foram realizadas em momentos em que a equipe de pesquisa não estava no canteiro de obras, e nem era avisada sobre a realização da reunião de médio prazo. Também foi observado que as restrições eram identificadas somente nas reuniões de curto prazo, sendo sua remoção solicitada durante as próprias reuniões, incluindo, compra de materiais, envio de projetos, instalação de equipamentos, atendimento a requisitos de segurança, e execução de instalações provisórias. Muitas vezes não havia tempo hábil para remover estas restrições ao longo da semana, fazendo com que os pacotes de trabalho não pudessem ser executados, ou iniciassem sem todas as condições necessárias, resultando em perdas por *making-do*.

No Empreendimento A3, as reuniões de curto prazo estavam programadas para as sextas-feiras às 14 horas, sendo que todos os subempreiteiros deveriam participar da mesma reunião, o que representava uma oportunidade para a troca de ideias entre as equipes. Contudo, em diversas semanas, a reunião não ocorria no dia agendado devido à execução de algum pacote de trabalho considerado muito importante no canteiro de obras, tais como concretagem ou montagem de lajes pré-moldadas. A reunião era, então, transferida para outro dia, geralmente, segundas-feiras pelo turno da manhã. Em várias ocasiões, também havia ausência do representante de alguma equipe na reunião, sendo que a programação de atividades semanais da mesma tinha que ser realizada em separado. Também foi observado que algumas empresas subempreiteiras não tinham suas atividades incluídas no plano semanal, atuando inteiramente de maneira informal.

As reuniões de curto prazo no Empreendimento A3 tinham duração aproximada de uma hora. Participavam das reuniões o engenheiro, os responsáveis pelas subempreiteiras, também

chamados de líderes das equipes, um estagiário e, em algumas reuniões, o assistente e o mestre de obras. As reuniões de curto prazo iniciavam com o questionamento do engenheiro aos líderes das equipes, individualmente, quanto à conclusão ou não das atividades programadas para a semana. Os representantes das subempreiteiras informavam as atividades que haviam sido concluídas e, quando algum pacote de trabalho não tinha sido finalizado, o engenheiro os questionava quanto ao motivo de não conclusão desses serviços. Essas reuniões ocorriam em uma sala de reuniões no próprio canteiro e, conforme as respostas, o engenheiro usava uma planilha utilizada pela empresa, na qual era calculado o PPC geral da obra e o PPC individual de cada equipe. Se a causa da não conclusão do pacote de trabalho não tinha relação com a atuação do subempreiteiro, esta falha não era considerada no PPC individual da equipe.

Foi percebido que não havia uma verificação sistemática da conclusão dos pacotes de trabalho por parte de algum funcionário da Empresa A, sendo esta informação normalmente passada pelo representante de cada equipe. Ocasionalmente, o estagiário, mestre ou assistente da obra intervinham dizendo que algum pacote de trabalho ainda não tinha sido totalmente finalizado. De fato, em diversas semanas, a equipe desta pesquisa constatou, com base nos dados coletados, que pacotes de trabalho dados como concluídos ainda não estavam efetivamente finalizados. Essa falha no monitoramento fazia com que o indicador de PPC fosse distorcido e com que a elaboração de um plano fosse inadequado, pois não eram considerados diversos pacotes de trabalho de finalização de tarefas, da mesma forma que no estudo de Sukster (2005).

Após a revisão da semana anterior, o engenheiro propunha os pacotes de trabalho a serem executados por cada equipe na semana seguinte. Os pacotes de trabalho não concluídos eram reprogramados e novos pacotes a serem executados eram definidos juntamente com o líder de cada equipe. Muitas vezes o responsável pela subempreiteira não concordava com a quantidade de pacotes a serem executados, mas era pressionado pelo engenheiro para que aqueles pacotes entrassem na programação semanal. Algumas vezes o pacote de trabalho era planejado mesmo sem a concordância do líder da equipe, mas em outras situações os argumentos desse líder eram considerados procedentes e o pacote não era incluído no plano semanal. Era elaborada uma tabela, utilizada posteriormente para a verificação da conclusão dos pacotes de trabalho e para cálculo de indicadores. Nessa tabela, cada aba de planilha representa uma programação semanal, conforme mostrado na Figura 24.

Plano Semanal										
Semana: 23 23/02/2015 a 01/03/2015										
Obra: Empreendimento A										
Fase: 1ª PPC da Obra 60% Vermelho										
Engenheiro: Engenheiro A										
ID	Atividade	Fornecedor: SSJ	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	sábado	Motivo	PPC
1	Correção dos pilares Torre B								1.2	n
2	Fazer lista do estagiário torre A								1.2	n
3	Correção pilar da torre I								1.2	n
4	acompanhamento de laje e fechamento de shafts torre B 4º Pav								5.3	n
5	guarda corpo da escada torre B 4º Pav								5.3	n
6	guarda corpo da escada torre A 4º Pav									s
7	Formas de vigas e laje torre I sul									s
8	ferragem vigas e laje torre I Sul								7.2	n
9	Conclusão linha de viga torre I 100%								1.2	n
			0	0	0	0	0	0	Verde	85,71%
ID	Atividade	Fornecedor: GTX	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	sábado	Motivo	PPC
4	Protótipo de 2 apartamentos Torre C								5.3	n
10	Caixinhas torre C 3º Pav. 100 %									s
11	Acompanhamento alvenaria 4º Pav. Torre C									s
12	Acompanhamento alvenaria 4º Pav. Torre D								5.3	n
13	Costura da laje torre D 4º Pav.									s
			0	0	0	0	0	0	Vermelho	60,00%
ID	Atividade	Fornecedor: Terezinha	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	sábado	Motivo	PPC
1	marcação alvenaria torre C 4º pav. 100%								1.2	n
2	colocação da laje 4º Pav torre D								1.2	n
3	Elevação 100% alv. Torre D									s
4	grautear 100% torre D									s
5	Desforma laje torre D terreo									s
6	colocação de assoalho parte sul torre I									s
7	50% elevação alvenaria torre C									s

Figura 24 - Planilha de Controle da Produção utilizada pela Empresa A.

Após a realização das reuniões de curto prazo, ficava sob responsabilidade do estagiário da obra o preenchimento dos dados obtidos na reunião a respeito da programação anterior, para geração dos gráficos e indicadores, tais como o PPC e os motivos de não conclusão, assim como a atualização do cronograma mestre com os dados reais da obra. Algumas dessas informações eram exibidas no mural na obra como dispositivos visuais, conforme mostrado na Figura 25.



Figura 25 - Dispositivos Visuais utilizados na obra.

5.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE DO EMPREENDIMENTO A3

A Empresa A tinha seu sistema de gestão da qualidade descrito no Manual da Qualidade, que é baseado nas normas ISO 9001/2008 e no SiAC nível “A” do PBQP-H. O Manual também indicava que deveria existir um Plano de Qualidade da Obra (PQO) específico para cada empreendimento.

Na rotina observada na obra, sempre que um pacote de trabalho iniciava, era aberta uma planilha de verificação da qualidade (PVQ), ou seja, o arquivo da PVQ referente ao pacote de trabalho a ser controlado era impresso e uma data de início era preenchida. Após aberta a PVQ, era necessário fazer a inspeção dos itens descritos, que eram divididos por etapas, iniciando pelas condições de início. Como as PVQs não podem ser diretamente relacionadas a um único pacote de trabalho, as mesmas só podiam ser fechadas após a verificação de todos os itens de inspeção descritos, mesmo que para verificar todos os seus itens precise ficar aberta por um longo período. Quando algum item era reprovado, havia a necessidade de fazer uma nova inspeção, e o motivo da reprovação era descrito na parte inferior da planilha, conforme exemplo mostrado na Figura 26.

Mensalmente, era enviado para o setor da Qualidade da empresa uma tabela com a relação das PVQs verificadas, o número de lotes inspecionados e o percentual de aprovação. As reprovações eram registradas em uma planilha à parte, na qual são indicados os itens rejeitados, assim como o número de vezes que foi reprovado.

Quando não havia procedimento de execução de serviço (PES) ou PVQ para alguma atividade executada na obra, deveria ser elaborada uma Planilha de Verificação de Especificidades (PVE), em que a própria equipe de engenharia fazia propostas quanto aos critérios a serem utilizados para realizar as inspeções de qualidade. Essa planilha, entretanto, não era enviada para o setor da qualidade, sendo apenas usada para controle interno. No caso do empreendimento A3, foi criada uma PVE para as escadas de concreto pré-moldadas.

Nome: CHAPISCO APLICADO A ROLO SOBRE ESTRUTURA DE CONCRETO		Referência / Arquivo: ENG-005-PVQ-		
		Data de emissão: 27/09/2011		
Tipo de documento: PLANILHA DE VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE		Data da última revisão: 27/09/2011		
Setores envolvidos: ENGENHARIA		Versão: 00	Página: 1/1	
Obra: Empreendimento A3		Mestre: Mestre 1		
Etapa: Revestimentos		Técnico: Técnico 1		
Serviço: Chapisco interno na estrutura		Engenheiro: Engenheiro 1		
Lote: 2º Pavimento - Torre B - Parte Norte				
	Verificação 1	Verificação 2	Verificação 3	Verificação 4
1 Condições de início:				
1.1 Retirada ou reposicionamento do escoramento	12/01/15	A		
1.2 Desforma completa	12/01/15	A		
1.3 Limpeza e lavagem da estrutura	12/01/15	A		
1.4 Marcação dos locais a serem chapiscados	12/01/15	A		
1.5 Traço da argamassa	12/01/15	A		
1.6 EPIs	12/01/15	A		
2 Execução do chapisco:				
2.1 Rugosidade	26/01/15	AR		
2.2 Aderência	26/01/15	R	28/01/15	R 03/02/15 A
2.3 Continuidade	26/01/15	A		
3 Acabamento e limpeza:				
3.1 Limpeza	05/02/15	A		
Observações:				
AR-2.1. O Padrão adotado na obra é diferente do padrão usualmente utilizado pela empresa.				
R-2.2. Falta de Aderência no chapisco devido a problema na execução.				
Número de lotes básicos conferidos:	Percentual de verificações conformes:	Nota do Lote:	Detalhamento Rejeições	
1	83,3%	0,83		

Figura 26 - Exemplo de PVQ preenchida

Foi observado na rotina da obra, que não havia uma integração entre planejamento da produção e controle de qualidade. Essa falta de integração dificultou a verificação das condições de início, o que permitia o início de atividades sem que todas as condições necessárias fossem atendidas, causando problemas de segurança, que resultaram, inclusive, no embargo da obra por um período, em ocorrências de *making-do*, e em atividades de retrabalho. A falta de integração também resultou na impossibilidade de verificação de qualidade de alguns serviços. Como as inspeções não eram realizadas conforme as atividades iam sendo liberadas pela produção, alguns serviços não podiam ser verificados, pois uma atividade posterior já executada impossibilitava essa verificação, como, por exemplo, a impossibilidade de verificar as taliscas após a execução do reboco.

5.3 ANÁLISE CRÍTICA DOS MODELOS ANTERIORES E ADAPTAÇÕES REALIZADAS PARA APLICAÇÃO NO EMPREENDIMENTO A3

Após a análise do modelo integrado proposto por Leão (2014), desenvolvido a partir do método de Fireman (2012), foram identificadas algumas limitações no mesmo. Primeiramente, foi constatado que a falta de padronização da inspeção pelos usuários, a qual era realizada somente a partir do título do critério a ser verificado, não garantia a qualidade segundo os padrões da empresa, uma vez que eram considerados critérios particulares de cada responsável pela verificação, individualmente. Também se constatou que não existia uma inspeção efetiva das condições de início, que deveriam garantir, além da conclusão com qualidade das tarefas antecessoras, a disponibilidade dos materiais, equipamentos, condições de segurança e informações necessários para o início da atividade seguinte. Esse tipo de controle auxilia, principalmente, na redução de ocorrências de *making-do*.

Outras limitações identificadas diziam respeito ao uso limitado dos pacotes genérico pré-definidos, que não possibilitavam uma descrição mais detalhada da atividade a ser realizada, e à ferramenta de TI utilizada, que se mostrava de difícil manipulação, pouco automatizada, e com a transferência de informação de dados entre *tablet* e *desktop* manual.

Assim, para utilizar o modelo de Leão (2014) no Empreendimento A3, foram realizadas algumas adaptações. Primeiramente, foram alterados os lotes básicos de planejamento e verificação da qualidade. Ao invés de casas, as unidades repetitivas neste empreendimento eram pavimentos. Os lotes utilizados correspondiam à metade de um pavimento de uma torre, ou a uma porcentagem do pavimento a ser executada. Assim, os lotes foram divididos segundo a torre, o pavimento, assim como o setor do pavimento (norte ou sul), quando aplicável, tais como, por exemplo, “Torre A – Térreo – Parte Norte” ou “Torre A- Térreo – 50%”. Quando uma porcentagem era utilizada na programação, o pavimento era conferido quanto à conclusão do pacote de trabalho, porém não havia a definição da localização exata da produção planejada. Esta prática não é recomendada no LPS, uma vez que o planejamento semanal deve ser preciso, indicando atividade, local e responsável pela execução. Esse tipo de prática dificulta um controle da conclusão dos pacotes de trabalho planejados rigoroso, não sendo possível verificar se a execução está de acordo com o planejamento.

O uso do filtro também foi alterado, visto que no estudo de Leão (2014) os grandes lotes eram quadras. Neste estudo, os filtros foram aplicados por torre, conforme indicado na Figura 27.

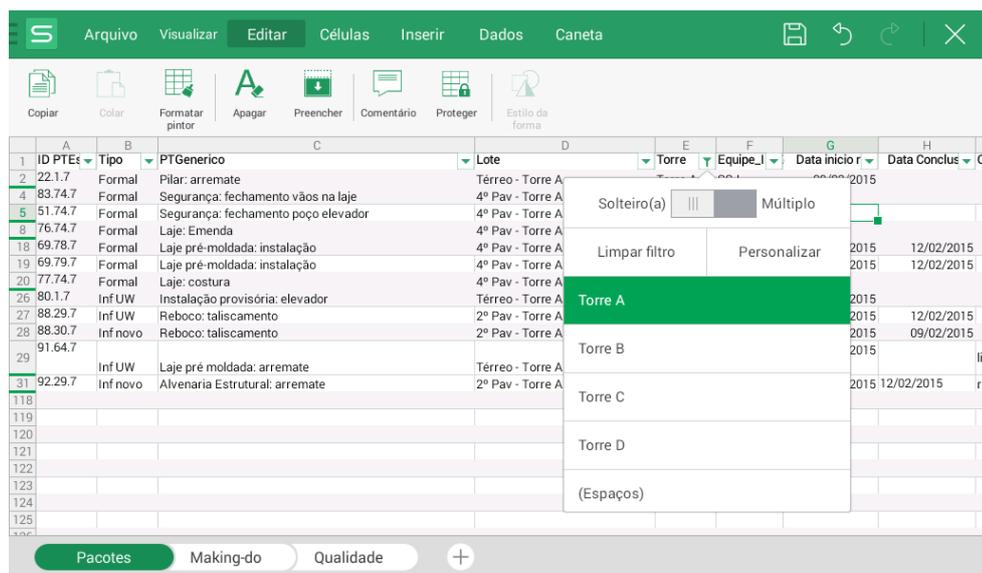


Figura 27 - Utilização de filtros por torre para localização de pacotes de trabalho no canteiro de obras.

Percebeu-se também a necessidade de incluir um novo tipo de pacote de trabalho, o pacote “Reserva”, pois é uma forma de planejamento contingencial proposta pelo LPS, algumas vezes utilizada pelo engenheiro responsável pelo Empreendimento A3.

Como o sistema construtivo e as características do Empreendimento A3 eram diferentes daquelas da obra estudada por Leão (2014), foi necessário criar novos pacotes genéricos, conforme a programação do novo empreendimento. Também foi necessário vincular os critérios de qualidade com cada um desses novos pacotes de trabalho. Para isso foi necessária uma análise dos pacotes programados e executados no canteiro de obras do Empreendimento A3, assim como a análise das PVQ e PES da Empresa A.

As PVQs da empresa tinham como escopo serviços completos, tal como alvenaria estrutural, por exemplo. Contudo, quando os pacotes genéricos são criados, cada um deles se refere a um conjunto de atividades que fazem parte de uma etapa da execução do serviço completo. Os pacotes genéricos são divididos conforme o serviço é executado e conforme é planejado. No caso da alvenaria estrutural, por exemplo, o serviço é dividido em estoque de blocos, marcação, barras de espera para o graute, elevação e, por fim, colocação do graute. Portanto, quando a relação dos pacotes genéricos com os critérios de qualidade foi realizada, foi necessário dividir quais critérios da PVQ da empresa diziam respeito a cada pacote genérico criado. Havia alguns pacotes genéricos para os quais a Empresa A não possuía PVQ, nem

PES. Nesses casos, todos os critérios de qualidade foram definidos pela equipe de pesquisa, por meio de observações no canteiro e discussões com o engenheiro da obra.

Em relação ao modelo de Leão (2014), também foram excluídos os critérios de qualidade que aparecem de forma repetida. Outra mudança realizada no modelo de Leão (2014) foi a exclusão dos critérios de qualidade pendentes, que eram identificados como impossíveis de serem avaliados pois algum pacote de trabalho seguinte já havia sido executado, impedindo sua aprovação ou reprovação.

No trabalho de Leão (2014) foi proposto o uso de um campo, no módulo de coleta, para registrar a falta de terminalidade de pacotes de trabalho. Neste estudo, considera-se que o pacote de trabalho designado como “com falta de terminalidade” deve ser considerado como um pacote não concluído e, por isso, não deve ter uma data de término atribuída. Em ambas as pesquisas, a não conclusão gera a reprogramações dos pacotes de trabalho não finalizados para efetivar sua conclusão.

Nessa pesquisa, considera-se que os pacotes de trabalho não finalizados integralmente não devem ser analisados de forma diferente, uma vez que não devem ser contabilizados no PPC como concluídos, pois isso causaria uma distorção nos dados. Nesse contexto, é importante ter clara a diferença entre avanço físico e PPC. O PPC mede a extensão com que o comprometimento do encarregado pela execução no canteiro de obras foi realizado, ou seja, tem por função medir a confiabilidade do planejamento (BALLARD, 2000). As atividades informais também devem ser controladas, pois, além de necessitarem de um controle de qualidade, elas afetam no avanço físico, e não necessitam ser planejadas em um momento posterior da execução da obra.

No Estudo Empírico 1, o conceito de falta de terminalidade foi utilizado, como no modelo de Leão (2014), abrangendo tanto pacotes de trabalho não concluídos, quanto pacotes concluídos sem qualidade. Nessa primeiro estudo, o controle de *making-do* foi realizado conforme o modelo original de Leão (2014).

5.4 ESTUDO EMPÍRICO 1

Nesse primeiro estudo empírico foi possível fazer o controle da produção, com a medição do PPC semanal, a identificação de pacotes informais e ocorrências de *making-do* no canteiro de obras. Houve dificuldade na aplicação do controle da qualidade, em função da

indisponibilidade da equipe de engenharia da obra em acompanhar a equipe de pesquisa no canteiro durante o período do estudo.

5.4.1 CONTROLE DA PRODUÇÃO

A Figura 28 apresenta o PPC semanal ao longo de 19 semanas podendo se observar que o valor do PPC varia muito e que há uma baixa eficácia do planejamento, atingindo uma média de 45%. Na Figura 29 são apresentadas as categorias aos quais pertencem os motivos da não conclusão dos pacotes de trabalho planejados. Esses motivos foram atribuídos pelo engenheiro durante as reuniões de planejamento semanal, podendo ser observado que a maioria dos motivos está relacionado à mão de obra, tendo as falhas de planejamento e suprimento de materiais uma importância secundária.

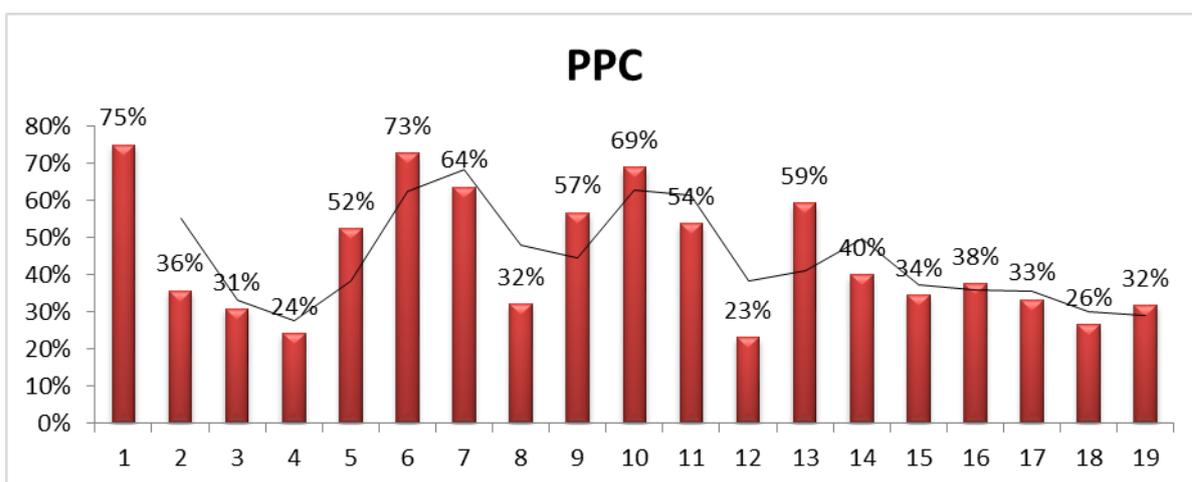


Figura 28 - PPC semanal



Figura 29 - Motivos de Não Conclusão de pacotes de trabalho atribuídos pela engenharia.

Entretanto, foi observado nas reuniões que os motivos de não conclusão de pacotes não eram devidamente investigados, como, por exemplo, a razão pela qual a mão de obra apresentou baixa produtividade. Se esses motivos fossem investigados mais a fundo, outras causas deveriam ser indicadas, tais como falhas de planejamento, resultantes da inclusão de pacotes de trabalho sem restrições removidas na programação semanal.

Na Figura 30 é mostrada a quantidade de pacotes informais executados no canteiro de obras em relação à quantidade total de pacotes de trabalho executados, ao longo das 19 semanas de coleta. Os dados apresentados mostram que a quantidade de pacotes informais executados no canteiro, apesar de variar bastante, é sempre muito elevada, chegando a representar 79% dos pacotes de trabalho executados. A média de pacotes informais executados por semana no período analisado foi de 41%.

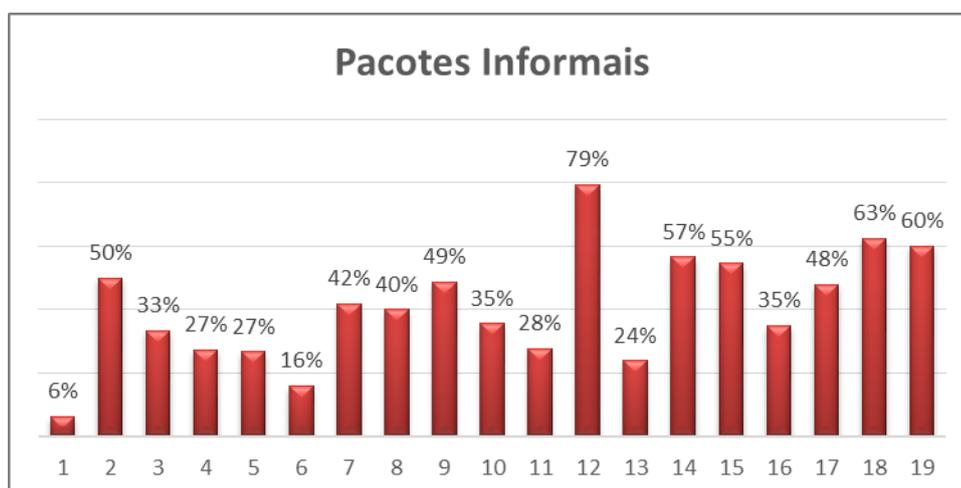


Figura 30 - Percentual de pacotes Informais executados por semana

Dos pacotes informais observados, 66% são da categoria novos e 34% da categoria falta de terminalidade, sendo que os pacotes informais de retrabalho estão incluídos nessa última categoria (Figura 31). Também cabe destacar o elevado número de pacotes informais referentes a arremates, ou seja, atividades que dizem respeito a retrabalhos, que representam 11% de todos os pacotes informais identificados na coleta.

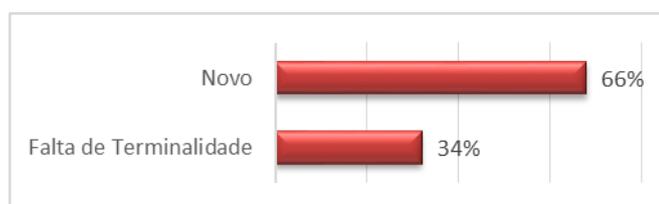


Figura 31 - Categorias de pacotes Informais

Os principais motivos observados no estudo para a ocorrência desses pacotes de trabalho informais estão relacionados com a falta de um planejamento de médio prazo efetivo, a não inclusão de empresas subempreiteiras novas no planejamento semanal e a falta de comprometimento das equipes com o planejamento durante a semana, uma vez que as equipes nem sempre eram envolvidas nas discussões acerca da estratégia de ataque utilizada na obra. Várias atividades programadas não tinham suas restrições retiradas a tempo e, por isso, não tinham condições de serem concluídas. Dessa forma, as equipes iniciam outros pacotes de trabalho, que não estavam no planejamento semanal. Esses pacotes informais, geralmente, são pacotes que as equipes optam por executar por terem a expectativa que serão programadas em breve. Em outras ocasiões, a falta de remoção de restrições faz com que as equipes executem pacotes de trabalho que deveriam ter tido sua execução finalizada em semanas anteriores. Nesses casos, a conclusão de um pacote de trabalho anterior é uma condição de início para a execução do pacote planejado, ou seja, uma restrição. Assim, as equipes, cientes da necessidade da conclusão do pacote anterior, executam o pacote de trabalho não planejado a fim de viabilizar a execução do pacote planejado. A Figura 32 apresenta os processos que mais frequentemente foram executados de maneira informal, mostrando sua relação com o total de pacotes informais executados.

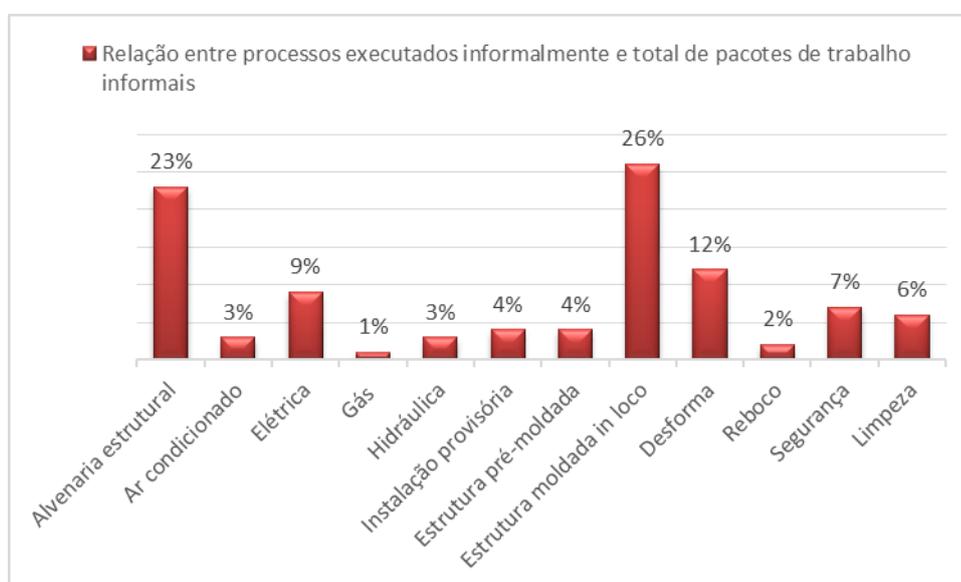


Figura 32 - Processos executados como atividade informal

Ainda foi constatado que, durante algumas semanas, os líderes de algumas subempreiteiras não participavam das reuniões de planejamento semanal e os pacotes de trabalho continuavam ocorrendo de maneira informal. Pacotes de trabalho como taliscamento para reboco e instalação de esquadrias estavam nessa situação, sem ter a empresa participando das reuniões

de curto prazo ou ter seu planejamento semanal registrado na programação. Não havia justificativa para a ausência dessas subempreiteiras no planejamento semanal, eram empresas que estavam atuando no canteiro de obras por diversas semanas, com serviços que afetavam outras equipes, assim como a estratégia de execução da equipe de engenharia.

Ainda foi observado que alguns pacotes informais ocorriam devido à falta de comprometimento de algumas equipes com o planejamento semanal, pois os pacotes eram programados para um lote específico e o pacote era executado em outro, mesmo sem restrições que impedissem a execução no lote correto. Nesses casos, o pavimento inteiro estava desimpedido para o início da execução dos pacotes planejados, contudo, não foi consultado pelos líderes das subempreiteiras qual dos setores havia sido indicado no planejamento semanal, pois acreditam que o importante é o avanço físico, e que o setor de execução planejado, sul ou norte, não tem importância. Esse tipo de atitude ocorre, pois muitas vezes, porque os líderes das subempreiteiras não participam das discussões acerca da estratégia de ataque no canteiro, pois são dispensados após a definição dos pacotes planejados para a sua empresa, não entendo como o setor do pavimento a ser executado interfere na execução das demais atividades. Foi o que aconteceu com a elevação da alvenaria que havia sido programada para a parte norte do segundo pavimento da torre “B” e foi executada na parte sul do segundo pavimento da torre “B”. O mesmo aconteceu para esse mesmo pacote de trabalho programado para a parte norte do terceiro pavimento da torre “C” e execução realizada na parte sul do terceiro pavimento da torre “C”, executada por outra equipe.

5.4.2 CONTROLE DA QUALIDADE

O controle da qualidade não teve uma coleta de dados tão sistemática quanto à do controle da produção, uma vez que houve dificuldade na coleta, pois a equipe de engenharia não possuía disponibilidade para acompanhar a equipe de pesquisa nas coletas e realizar a verificação da qualidade conjuntamente em todas as visitas. Nas oportunidades em que a equipe de engenharia esteve disponível para acompanhamento, os pacotes de trabalho tiveram sua qualidade avaliada e, quando não estava, a equipe de pesquisa fazia a avaliação para os critérios que sentia-se apta para analisar, ou fazia registros para discutir posteriormente com a equipe de engenharia da obra.

Foram observadas dificuldades na aplicação do controle da qualidade, tanto da equipe de engenharia que acompanhavam esporadicamente as coletas da pesquisa no canteiro, geralmente os estagiários, quanto dos próprios pesquisadores em aprovar ou reprovar um

critério somente pela sua descrição, sem ter instruções claras de como realizar a inspeção. Esse tipo de dificuldade já havia sido percebido no estudo exploratório e serviu para confirmar a necessidade de acesso a procedimentos de inspeção no canteiro de obras.

Durante uma entrevista não estruturada sobre o uso das PVQs, um estagiário da obra percebeu que não sabia o que deveria ser verificado no canteiro de obras para avaliar o item “acabamento” referente às esquadrias. Assim, perguntou-se ao assistente da obra o que deveria ser inspecionado para avaliar esse critério, sendo que este também não soube responder somente com base na informação contida na PVQ e precisou fazer uma consulta ao PES para explicar o que deveria ser inspecionado na avaliação do item. Esse tipo de situação mostra que, como há muitos pacotes de trabalho sendo executados no canteiro de obras, e muitos itens a serem avaliados, é difícil para a gerência da obra lembrar toda a informação necessária para fazer as inspeções.

Mesmo sem uma coleta consistente, as verificações de qualidade realizadas permitiram a identificação de algumas situações recorrentes no canteiro de obras, que foram discutidas e analisadas com o engenheiro da obra. Na fase inicial do estudo, em que a estrutura do primeiro pavimento era moldada *in loco*, o item de qualidade “selamento das peças”, referente aos pacotes genéricos de fabricação de painéis para pilares, vigas e lajes, foi frequentemente reprovado, sendo painéis sem selamento liberados para montagem no canteiro, conforme é possível observar na Figura 33. Esse item, inclusive, começou a ser destacado no planejamento semanal pelo engenheiro, para que os responsáveis não esquecessem de realizar a selagem.

A falta de qualidade nesses itens ocasiona desperdícios de materiais e custos adicionais, uma vez que os painéis de fôrmas sem selamento têm menor durabilidade e são descartados mais rapidamente, não podendo ser reaproveitados. Outro possível impacto causado pela falta de qualidade é o retrabalho, pois, em alguns casos, trabalhadores tiveram de ser colocados para realizar a selagem dos painéis após a montagem destes, como é mostrado na Figura 33.



Figura 33 - Formas já montadas sem selagem executada e selagem posterior à montagem

Outro problema de qualidade recorrente no canteiro de obras era relacionado ao critério “acabamento superficial” do pacote de trabalho “Pilar: desforma” no térreo das torres A e B. O motivo de reprovação deste critério se deve ao excesso de nata no topo e na base dos pilares, como é mostrado na Figura 34, e à espessura das quinas dos pilares. A correção foi planejada por 13 semanas seguidas durante o período de coletas e, ao fim desse período, ainda não havia sido realizada. Contudo, o serviço não é executado pelo mesmo motivo da falta de selagem nos painéis: a atividade de arremate não interfere no faturamento da empresa subempreiteira, que recebe por produção. Com isso, a Empresa A utiliza a retenção técnica da equipe para execução do arremate, caso não seja concluído pela equipe responsável no prazo necessário. Assim, o pagamento da equipe só é liberado após conclusão de serviços e, caso o serviço não seja entregue com qualidade, essa parte do pagamento pode ser utilizada para contratar um serviço terceirizado para a execução do arremate.



Figura 34 - Nata excedente na base e no topo do pilar, respectivamente

Também chamou a atenção da equipe de pesquisa a quantidade de paredes de alvenaria estrutural que apresentava deficiência nas juntas verticais. Em várias paredes, esta junta não era devidamente preenchida, podendo se visualizar a luz do lado exterior e buracos na argamassa com tamanhos consideráveis, próximos de 2 centímetros, conforme é mostrado na Figura 35.

O engenheiro da obra explicou que, no serviço de assentamento de blocos, a colocação de argamassa nas juntas verticais é um serviço mais difícil, que exige maior precisão e experiência do profissional que executa a atividade. A falha nas juntas verticais permite a percolação de água do ambiente externo para o interno, podendo causar problemas de infiltração que danificam o reboco e a pintura, assim como implicações estruturais. Como é um serviço que exige maior preparo dos profissionais, um treinamento prático poderia ser adotado para evitar a ocorrência recorrente desse tipo de problema de qualidade ou o uso de ferramenta que já determinem a quantidade de argamassa necessária para o assentamento do bloco, como o uso de meia cana.

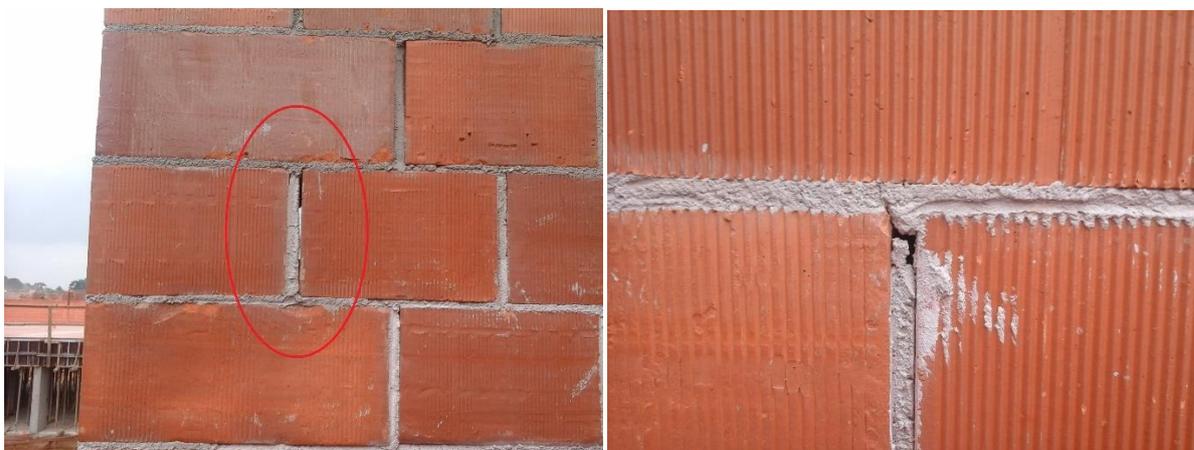


Figura 35 - Falta de qualidade nas juntas verticais

A utilização de lajes pré-moldadas era uma tecnologia nova utilizada pela Empresa A, sendo assim, não haviam experiências anteriores de sua aplicação na empresa, nem documentos como PES ou PVQ, assim, essas falhas não possuíam registro, e nem tinham critérios de verificação estabelecidos. Os primeiros lotes de lajes pré-moldadas fornecidas ao empreendimento apresentavam muitas falhas de qualidade, relativas a buracos, fissuras, dimensão da laje e exposição de ferragem (Figura 36). O problema mais sério e que tinha maior impacto no canteiro de obras eram as falhas nas dimensões das lajes. Esses problemas resultavam na necessidade de reparos das peças pré-fabricadas no próprio canteiro de obras,

contrariando a lógica de utilização de sistemas industrializados, com uma clara falta de padronização dos produtos, assim como no aumento do tempo de instalação da laje e na diminuição da produtividade da equipe da obra. A empresa de pré-fabricados também é impactada pela falta de qualidade das peças, uma vez que o retrabalho relativo a correção das lajes é de sua responsabilidade, o que também aumenta o custo.

Para solucionar os recorrentes problemas das peças entregues, foram feitas algumas reuniões entre a engenharia da obra e os representantes da empresa das peças pré-moldadas de concreto, em que os defeitos encontrados foram relatados, foi definido que deveria haver inspeção de qualidade na própria fábrica, na qual as dimensões e o travamento das formas das lajes eram conferidas e as correções necessárias realizadas. Após a realização desse diagnóstico, os problemas de qualidades referentes às lajes de concreto pré-moldadas diminuíram consideravelmente e o processo de instalação tornou-se mais eficaz.



Figura 36 - Fissuras e buracos nas lajes pré-fabricadas

Também foi verificado, durante coletas com acompanhamento da equipe de engenharia, que em diversos pontos o critério de qualidade “preenchimento do graute”, referente ao pacote de trabalho “Alvenaria Estrutural: colocação graute”, foi reprovado. A necessidade de reparo, ou seja, de retrabalho, era identificada com uma marcação sobre os pontos vazios (Figura 37). A correção dessas falhas consome muito tempo da equipe no canteiro, uma vez que é necessário abrir a coluna de graute em vários pontos para realizar a desobstrução e, então, refazer o preenchimento do material em toda sua extensão.

A maioria dos problemas ocorria por obstrução da coluna de graute devido ao uso de material após o tempo indicado. O graute utilizado na obra era feito no local, em um processo ainda

artesanal e com muita variabilidade. Para evitar a recorrência desses problemas, a equipe de engenharia optou por trocar o uso do graute feito no local por graute usinado, que é entregue pronto na obra e, assim, os funcionários das subempreiteiras, antes designados para a produção do graute, também ficam locados no preenchimento dos pontos, sendo o material consumido mais rapidamente. Com isso, a produtividade desse serviço aumentou consideravelmente e as falhas de qualidade tiveram uma queda brusca, diminuindo a necessidade de retrabalhos.



Figura 37 - Inspeção e identificação de reparo para o critério "preenchimento do graute"

5.4.3 Making-do

A coleta de perdas por *making-do* nesta etapa da pesquisa foi realizada com a utilização do modelo proposto por Leão (2014). Todas as perdas foram classificadas quanto à sua categoria e natureza, conforme proposto por Sommer (2010), refinado por Fireman (2012) e utilizado por Leão (2014). Também foram analisados os impactos que essas perdas poderiam ocasionar, assim como o risco que essas perdas apresentavam, através do uso da matriz de avaliação proposta por Fireman (2012), apresentada na Figura 38. Tanto os impactos quanto a severidade e probabilidade de ocorrência da perda foram analisadas conjuntamente com o engenheiro responsável, em reunião realizada no canteiro de obras.

PROBABILIDADE	SEVERIDADE				
	Muito Alta - I	Alta - II	Moderada - III	Baixa - IV	Muito Baixa - V
A - Improvável	intermediário	intermediário	menor	menor	menor
B - Extremamente Remota	intermediário	intermediário	intermediário	menor	menor
C - Remota	maior	intermediário	intermediário	intermediário	menor
D - Provável	maior	maior	intermediário	intermediário	intermediário
E - Frequente	maior	maior	maior	intermediário	intermediário

Figura 38 - Matriz para avaliação de risco (FIREMAN, 2012)

A partir da análise dos dados coletados, é observado que a maior ocorrência de perdas por *making-do* são das categorias ajuste de componentes e área de trabalho, que juntas somam 59% das ocorrências do estudo empírico 1 (Figura 39). Já em relação à natureza dessas perdas, destacaram-se a indisponibilidade de equipamentos e ferramentas adequados, totalizando a natureza de 41% das perdas, seguido pela indisponibilidade de espaço, informação e mão de obra qualificada (Figura 40).

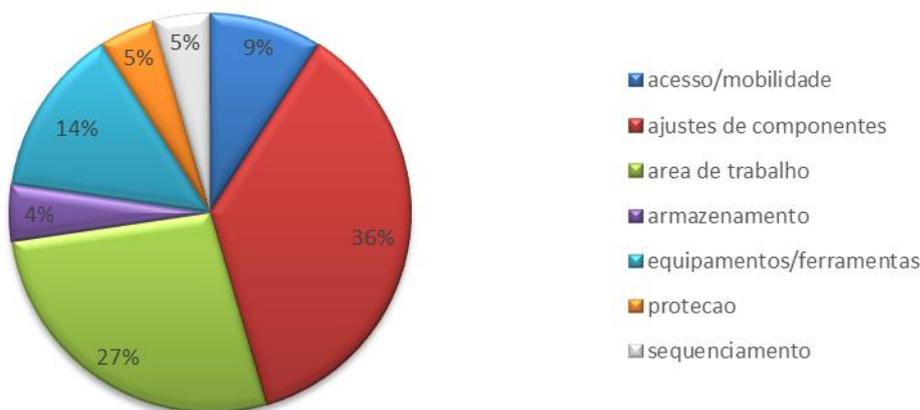


Figura 39 – Categoria de perdas por *making-do* identificadas no estudo empírico 1.

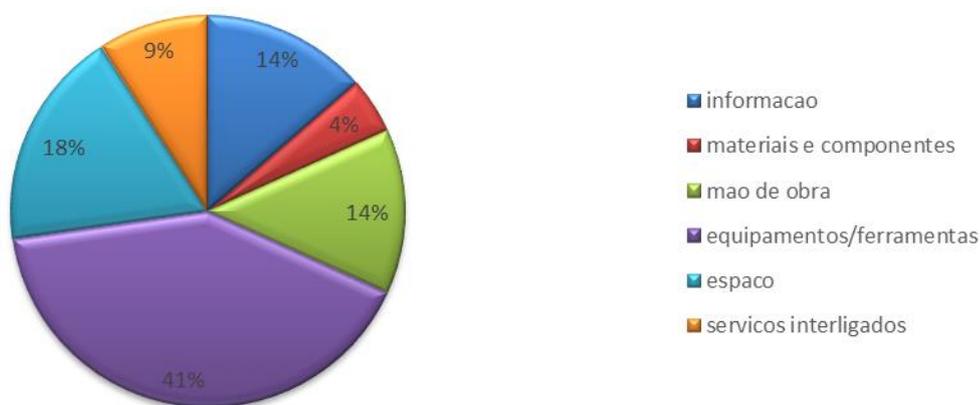


Figura 40 – Natureza das perdas por *making-do* identificadas no estudo empírico 1.

Já em relação ao impacto ocasionados pelas perdas por *making-do* registradas no estudo, destacam-se a redução da segurança e a diminuição da produtividade, como é mostrado na Figura 41. Conforme pode-se observar na Figura 42, 59% das perdas ocorreram em pacotes informais e 41% em pacotes formais. As perdas analisadas apresentaram riscos menores e intermediários, sem nenhuma ocorrência sendo classificada como de risco maior.

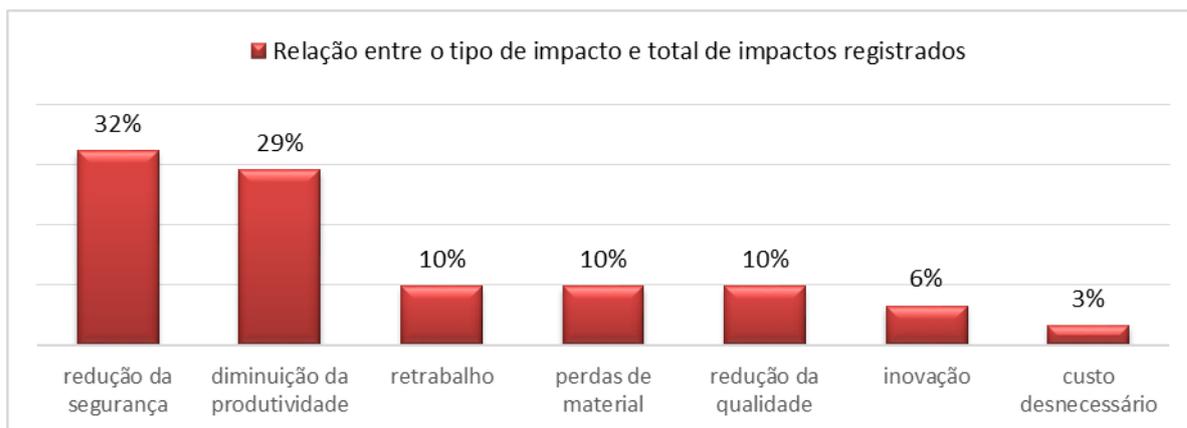


Figura 41 – Impactos das perdas por *making-do* identificados no estudo empírico 1.

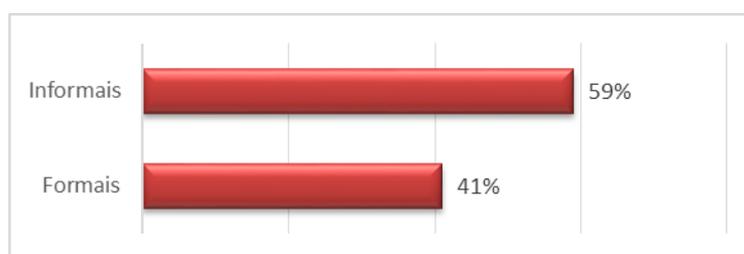


Figura 42 - Tipo de Pacote das perdas por *making-do* identificadas no estudo empírico 1

A seguir, são apresentadas algumas das perdas registradas durante a coleta no estudo empírico 1. A categoria de perda mais recorrente nessa parte da pesquisa foi ajustes de componentes, relacionados a pacotes de trabalho de serviço estrutural da obra, tais como montagem de ferragem e fôrmas, elevação e arremates da alvenaria estrutural, execução do graute e instalação da linha de vida. A Figura 43 apresenta duas ocorrências de *making-do*, em que os componentes foram ajustados para realizar o travamento das estruturas moldadas *in loco*. Foi utilizado um calço de madeira junto às barras de ancoragem para assegurar um melhor travamento das fôrmas dos pilares, uma vez que o componente disponível não estava satisfatório para realização da atividade, como é mostrado na primeira imagem. Já na segunda imagem, como os blocos da calha haviam quebrado, foi improvisado um fechamento e escoramento para seu preenchimento com o graute, uma vez que esse tipo de correção não foi previsto pela gerência da obra. Em ambos os casos o impacto indicado foi a diminuição da produtividade e o risco classificado como intermediário.



Figura 43 – Calço de madeira na barra de ancoragem e escoramento inadequado de fôrma

Em relação à categoria área de trabalho, as perdas se referem à corte de blocos em locais inapropriados. A causa está ligada à falta de espaço para a realização da atividade, como no caso dos blocos cerâmicos antes da execução da central de corte, e, em algumas situações, à mão de obra, que não realiza a atividade no local apropriado por falta de vontade. Três perdas por área de trabalho são ilustradas na Figura 44, em que os blocos, fôrmas e tubulações eram cortados em locais inapropriados. A falta de um local apropriado para a realização dessas atividades gera impactos como a redução da segurança, a redução da qualidade, a diminuição da produtividade e a perda de materiais.



Figura 44 - Corte de material em local inapropriado

O estudo empírico 1 permitiu realizar o controle da produção, identificando os pacotes de trabalho executados no canteiro, formais e informais, o controle da qualidade, em que dificuldades foram enfrentadas em função da indisponibilidade da equipe de engenharia em acompanhar a pesquisa, e nas perdas por *making-do*, que contribuíram para que a equipe de pesquisa conhecesse o sistema de controle utilizado pela empresa.

Pode-se observar que o empreendimento A3 possuía um PPC bastante variável, com uma baixa média de pacotes concluídos durante o período de coleta, atingindo apenas 45%. Foi constatado que essa deficiência do planejamento de curto prazo, se dava em função da quantidade de pacotes de trabalho com restrições não removidas incluídos na programação semanal. Essa deficiência identificada no plano de médio prazo, em que as restrições não são removidas, juntamente com a ausência de empresas subempreiteiras na elaboração do planejamento semanal, também afeta a quantidade de pacotes informais executados no canteiro de obras. A quantidade de pacotes informais identificados durante a coleta foi bastante alta, representando, em média, 41% do total de pacotes de trabalho executados. Também foi percebido que dos pacotes informais registrados, 11% se referiam a atividades de retrabalho que visavam a corrigir pacotes executados sem qualidade.

No que se refere a qualidade, esse primeiro estudo mostrou que vários problemas de qualidade ocorriam devido à falta de controle das condições de início, que não eram removidas antes do início da execução dos serviços, e resultavam em desperdício de materiais, custos adicionais e retrabalho. A falta de equipamentos adequados também interferiu em alguns processos executivos, resultando em qualidade precária. A falta de equipamentos ou ferramentas apropriadas também foi a principal natureza das perdas por *making-do* registradas, resultando na redução da segurança e na diminuição da produtividade.

Esse primeiro estudo empírico contribuiu com a inserção do uso de dispositivos móveis no canteiro de obras, em que a equipe de engenharia se mostrava otimista quanto a sua aplicação, contribuindo com sugestões de funcionalidades para a ferramenta em desenvolvimento para aplicação do modelo proposto, uma vez que consideravam a ferramenta em uso nesse primeiro estudo difícil e pouco prática. O estudo também contribuiu com a identificação de melhorias a serem realizadas no modelo de controle integrado de produção e qualidade.

5.5 MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE COM USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS

5.5.1 Escopo inicial de modelo de controle integrado de Produção e Qualidade e da ferramenta de TI para sua implementação

Inicialmente, o modelo de controle proposto, desenvolvido a partir do refinamento do modelo de Leão (2014), passou a controlar os pacotes informais como três tipos distintos, ao invés de apenas dois. Os três tipos de pacotes informais considerados foram os do tipo novo, da mesma

forma como Leão (2014), e os tipos retrabalho e falta de terminalidade passaram a ser considerados de forma distinta, em que os pacotes de trabalho informais do tipo retrabalho se referem a atividades concluídas sem qualidade, ou atividades concluídas com qualidade, mas que foram danificadas após a sua conclusão, que tem reparos não programados sendo executados. Já os pacotes de trabalho informais do tipo falta de terminalidade dizem respeito à atividades que são executadas a fim de finalizar um trabalho não concluído, que foi iniciado em semana anterior, sem nenhum planejamento. Na pesquisa de Leão (2014), ambos os conceitos eram tratados como pacotes informais do tipo falta de terminalidade.

Assim como nas adaptações apresentadas no item 5.3, a falta de terminalidade dos pacotes de trabalho passa a não ser mais controlada após a conclusão dos serviços, uma vez que atividades sem terminalidade são consideradas como não concluídas. Esses pacotes de trabalho devem ter um motivo de não conclusão especificado, assim como serem replanejados para a semana seguinte, a fim de evitar a ocorrência de pacotes informais. As atividades que tem algum critério de qualidade reprovado também devem ter um novo pacote de trabalho planejado para a semana seguinte, de forma a evitar a ocorrência de um pacote informal.

O modelo também passa a considerar o uso dos procedimentos de inspeção, no momento de avaliação dos critérios de qualidade, para dar suporte a uma conferência padronizada, que fornece as informações necessárias para auxiliar em eventuais dúvidas e evitar equívocos. Um diagrama mostrando o processo de coleta de dados dessa primeira proposta de modelo de controle integrado entre produção e qualidade é apresentado na Figura 45. As atividades destacadas, em negrito e com preenchimento mais escuro, são atividades que não constavam no modelo inicialmente proposto por Leão (2014). Além disto, foi suprimido o controle específico para analisar a falta de terminalidade dos pacotes de trabalho, uma vez que, no presente trabalho, os pacotes de trabalho com qualquer pendência são considerados como pacotes de trabalho não concluídos.

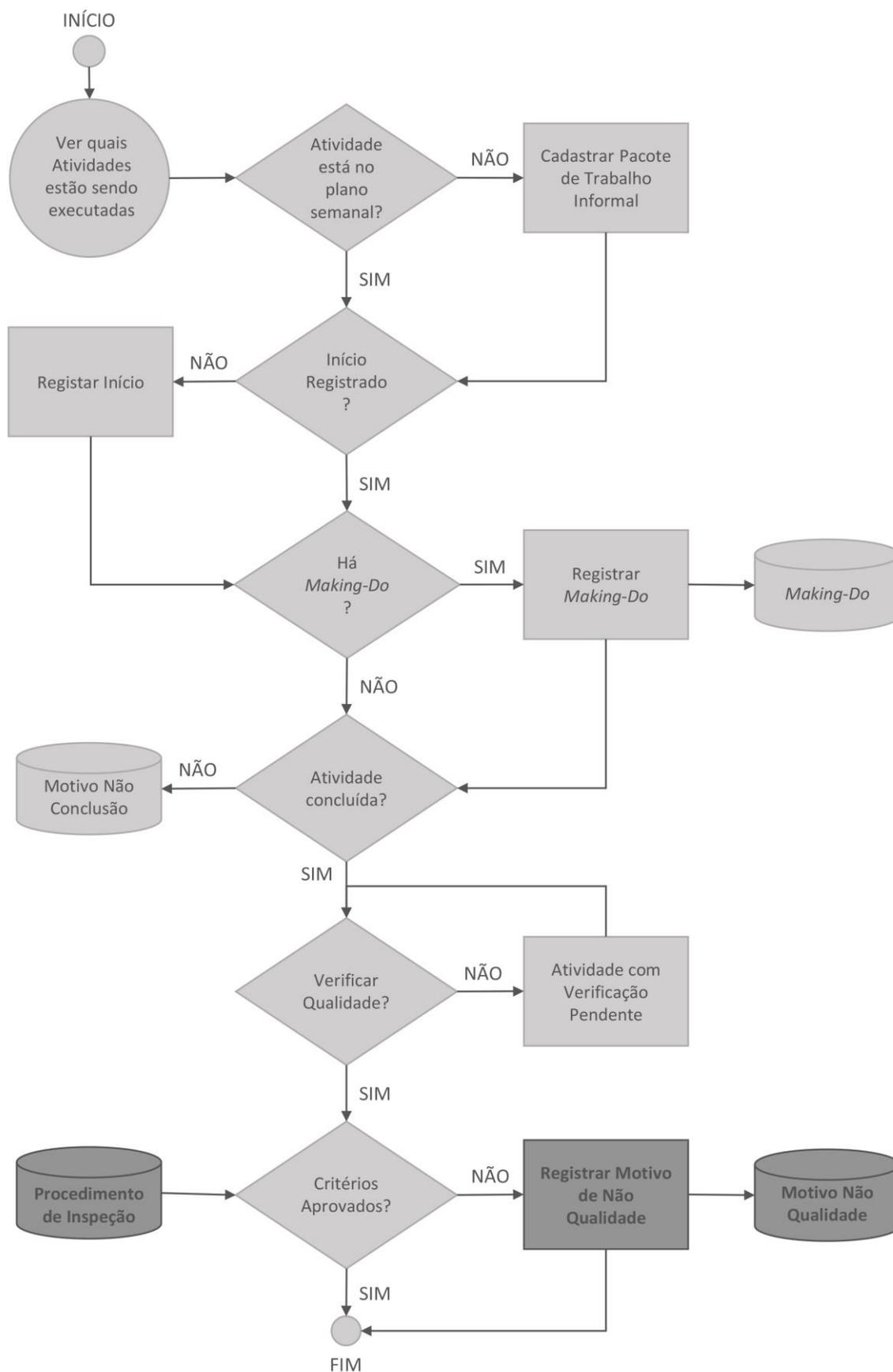


Figura 45 - Diagrama do processo de coleta de dados na concepção inicial do modelo de controle integrado

A ferramenta para implementação do modelo foi, inicialmente, concebida com a utilização das tecnologias BIM e realidade aumentada (RA) para auxiliar na visualização dos pacotes de trabalho que deveriam ser inspecionados, e para a verificação de conformidades, respectivamente. Para representar a ferramenta concebida, foram utilizadas imagens ilustrativas para apresentar as funcionalidades e operações desejadas para os envolvidos, como é mostrado na Figura 46.

Nesse escopo inicial, foi proposto a estruturação da ferramenta em dois módulos, um para computador, para cadastro e análise dos dados, e um para dispositivos móveis, em que seriam realizadas as coletas dos dados e consulta às informações necessárias. O controle da produção e da qualidade seria realizado através do aplicativo para o *tablet* diretamente em um modelo BIM, que teria os lotes de verificação do banco de dados vinculados a ele. Assim, os lotes poderiam ser exibidos em uma escala de cor que indicaria o tipo de pacote a ele vinculado e seu *status*, da produção ou da qualidade, dependendo da necessidade.

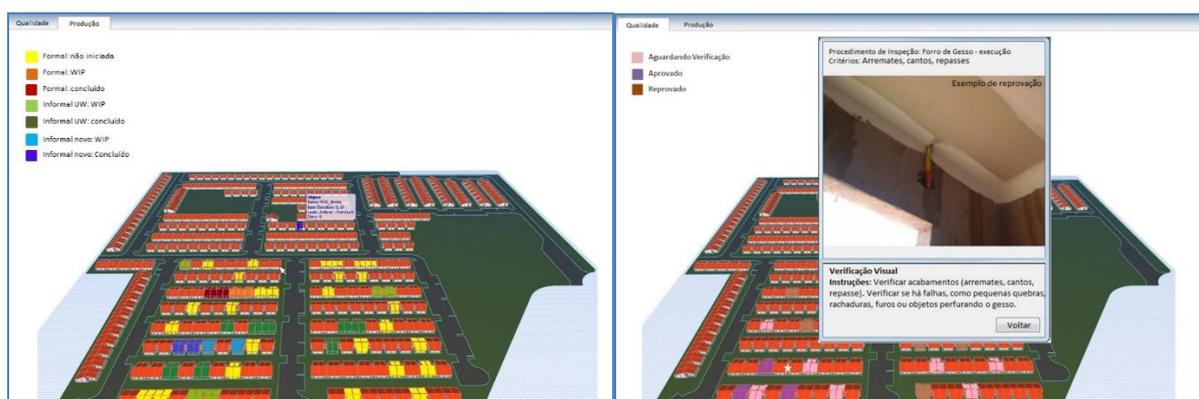


Figura 46 - Figuras ilustrativas representando a interface do módulo de campo da ferramenta concebida, com uso de BIM

Tanto o controle da produção quanto da qualidade seria acessado com um toque sobre o lote a ser verificado na tela do *tablet*, em que as informações de início ou fim da produção e aprovação ou reprovação da qualidade seriam inseridos. No controle da produção seria possível acessar os procedimentos de inspeção, os quais seriam utilizados para as inspeções de qualidade. Os critérios de qualidade seriam registrados por meio de um *checklist* e a avaliação de conformidade poderia ser apoiada pelo uso da tecnologia de RA.

Após o início do desenvolvimento, constatou-se que não seria possível construir um sistema com todas as funcionalidades de controle integradas ao BIM e com o uso de RA dentro do tempo disponível para realização da pesquisa. Assim, o modelo de controle integrado

desenvolvido abrange o cadastro, coleta, análise e consulta dos dados de produção e qualidade integrados, de forma automatizada, porém sem as funcionalidades BIM e de RA.

5.5.2 Modelo de Controle Integrado entre Produção e Qualidade

No modelo de controle integrado, além das modificações explicadas no item 5.5.1, propõe-se a verificação das condições de início em um momento anterior aos demais critérios de qualidade, assim como uma simplificação da coleta de perdas por *making-do*.

A partir do plano semanal definido pelo engenheiro da obra, em que devem ser determinados os serviços livres de restrições a serem executados durante a semana, o modelo de controle integrado entre produção e qualidade passa a ser aplicado no canteiro de obras. Todos os lotes devem ser percorridos, e em cada um deles, verificado se há alguma atividade em execução. Nos lotes em que algum serviço estiver sendo executado, é preciso verificar se esse serviço está ou não no plano semanal, e ser realizado o registro daqueles que não estiverem, como atividade informal. Para evitar eventuais incertezas quanto ao pacote de trabalho planejado, quaisquer dúvidas sobre a atividade a ser executada eram esclarecidas com o engenheiro responsável pela programação, antes do início das coletas, no início da semana. O diagrama de fluxo do modelo, que mostra a rotina de aplicação para cada lote de inspeção é mostrado na Figura 47. As atividades que não constavam no modelo inicialmente proposto por Leão (2014) também são destacadas em negrito e com o fundo em tom de cor mais escuro.

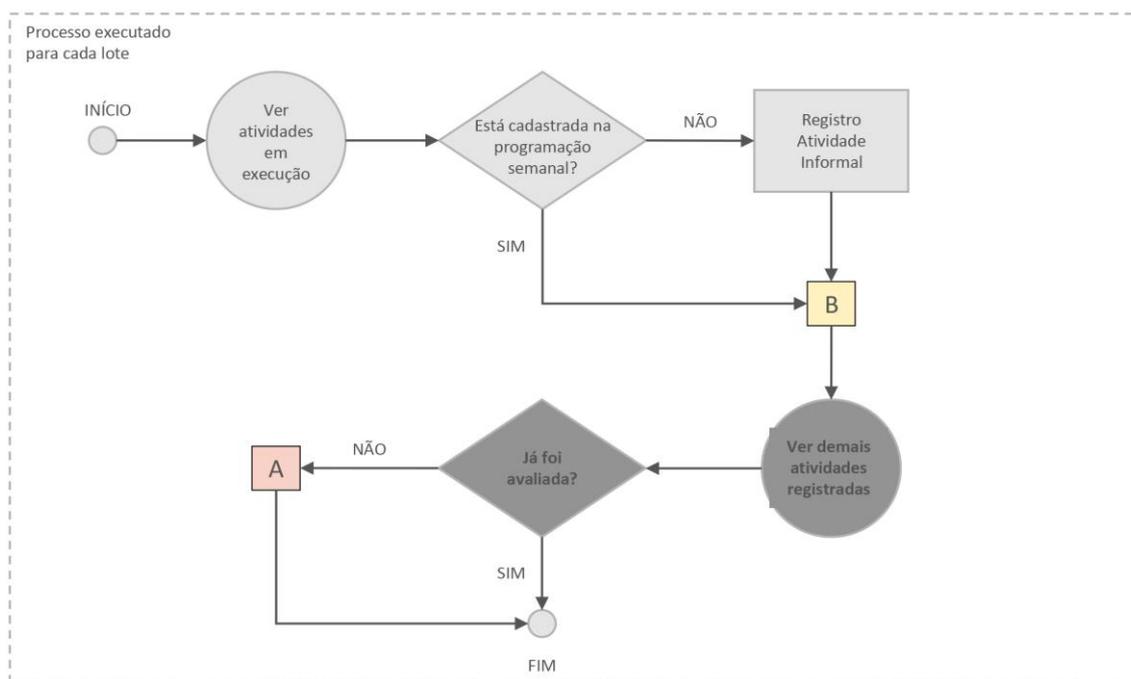


Figura 47 - Diagrama de Fluxo do modelo para a rotina a ser realizada para cada lote

Após, a data de início da atividade deve ser registrada, assim como uma data de fim, caso a atividade já tenha sido concluída. Se a atividade ainda não estiver finalizada, deve-se observar se alguma perda por *making-do* está ocorrendo. Foi definido nesse modelo, que essas perdas seriam chamadas de improvisações, a fim de deixar o registro desses dados mais fáceis e intuitivos para os estagiários, que são os responsáveis por realizar as coletas em campo, e que, geralmente, não estão familiarizados com o conceito de *making-do*. O termo improvisação é empregado, dessa forma, com a mesma conotação utilizada no trabalho de Sommer (2010), analisando-o como uma perda. Caso seja identificada uma perda por improvisação, é necessário fazer o seu registro, escolhendo-se uma das descrições disponibilizadas. A utilização das descrições das categorias de *making-do* propostas por Sommer (2010) e refinadas por Fireman (2012) é outra forma de deixar a coleta das perdas mais fácil e acessível aos responsáveis pelas coletas. Esse registro fica armazenado em um banco de dados e deve ser avaliado pelos gestores da obra, em relação a sua natureza, seus impactos e propostas para impedir a ocorrência desse tipo de perda. Também é proposta a utilização do “custo desnecessário” e da “inovação” como possíveis impactos dos casos de *making-do*. Esse processo deve ser realizado para cada atividade, conforme é mostrado na Figura 48.

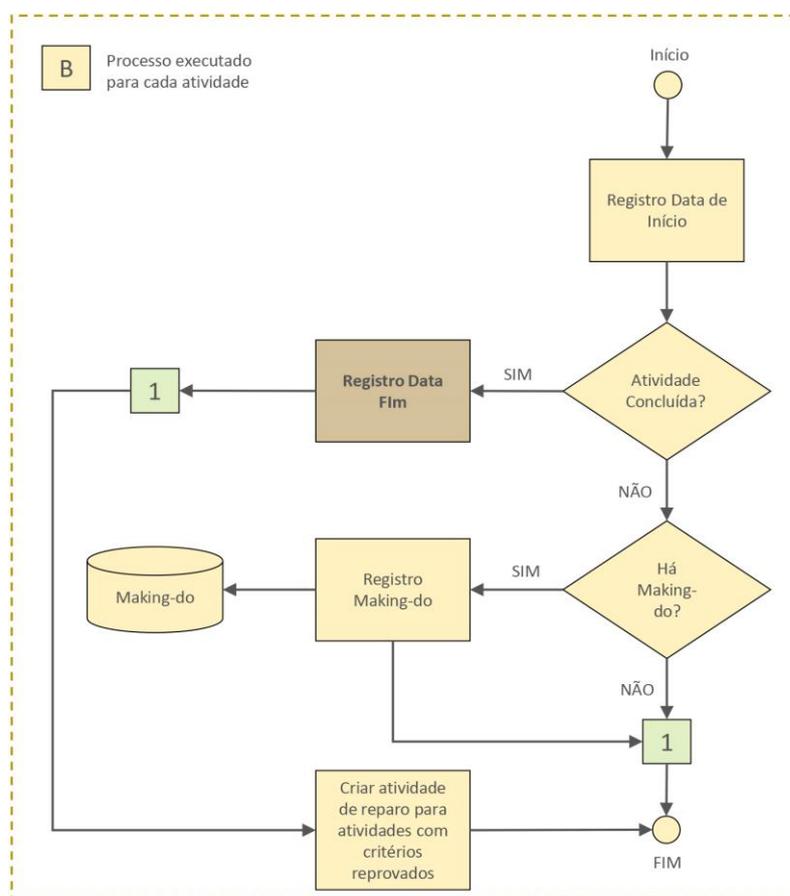


Figura 48 - Rotina “B” do Diagrama de Fluxo do modelo

É preciso verificar se algum critério de qualidade pode ser inspecionado, tanto durante, quanto após o término da execução dos pacotes de trabalho. Cada critério deve ser avaliado quanto a sua conformidade com os padrões de qualidade exigidos. Os procedimentos de inspeção devem ser utilizados nesse momento para sanar eventuais dúvidas quanto ao método de inspeção, ou das tolerâncias e padrões exigidos. Assim, os critérios são aprovados ou reprovados, gerando um registro, que deve ser utilizado pelos gestores da obra para programar atividades de reparo para os pacotes de trabalho concluídos sem qualidade. Esse processo, que deve ser realizado para cada critério de qualidade, é apresentado na Figura 49.

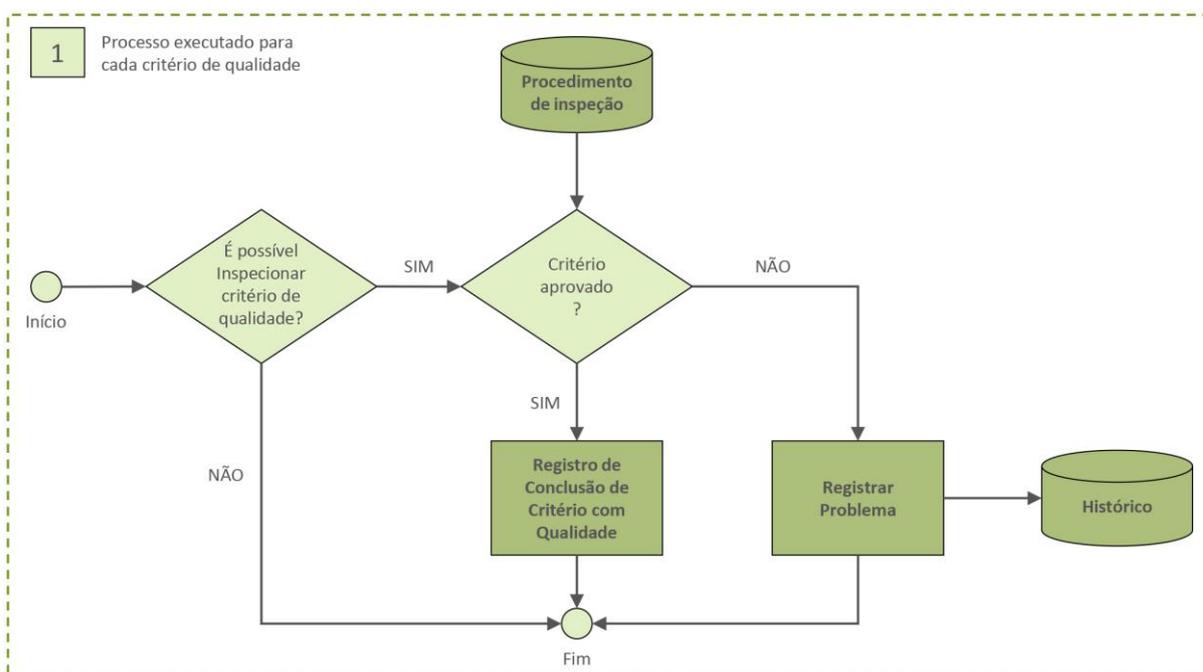


Figura 49 – Rotina “1” do Diagrama de Fluxo do processo de coleta de dados do modelo

Além de verificar as atividades em execução, é preciso conferir as demais atividades registradas no plano semanal. Nas coletas diárias, as atividades que ainda não houverem iniciado, devem ter seus critérios de de início verificados. Se as condições estiverem adequadas, a atividade está apta a iniciar, se não estiverem, as restrições presentes devem ser registradas para que os gestores da obra possam removê-las, a fim de evitar perdas por *making-do*. As atividades que já houverem iniciado devem ser controladas como as demais, uma vez que o serviço programado pode ter sido executado em um momento em que o responsável pela coleta não estava presente. Essa rotina deve ser realizada para cada uma das atividades planejadas, que não estão sendo executadas no momento da inspeção, como mostra a Figura 50.

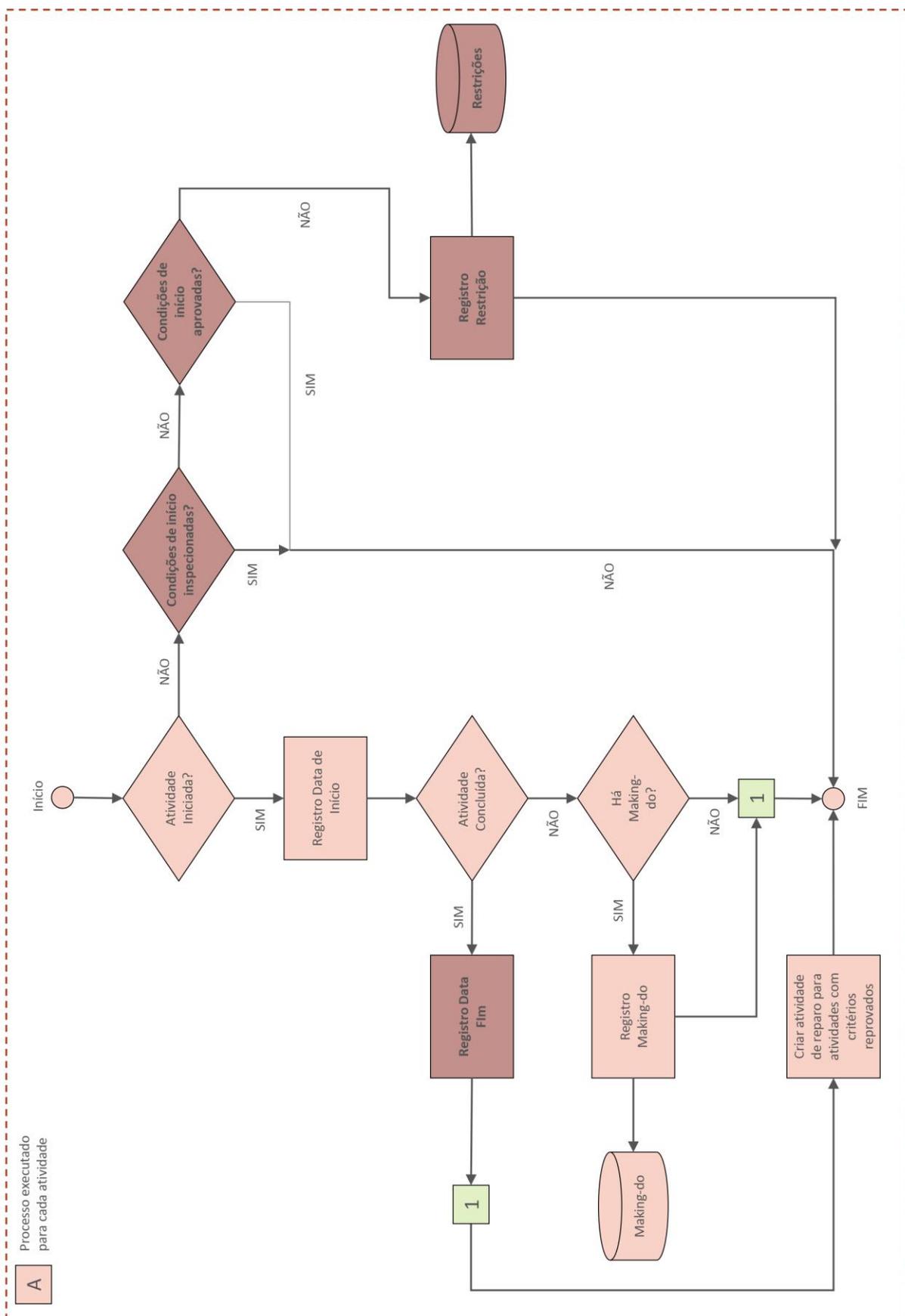


Figura 50 - Rotina "A" do Diagrama de Fluxo do processo de coleta de dados do modelo

Ao final da semana, com a análise dos dados coletados, são identificadas falhas de qualidade que indicam a necessidade de reparos, definidos os motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho formais e informais, e apontada a necessidade de reprogramação dessas atividades para a semana posterior. Também são analisados os casos de improvisações registrados, assim como os pacotes que não iniciaram devido à problemas na retirada de restrições no médio prazo, como os pacotes que não tiveram todas as condições de início aprovadas. É feita, então, a programação semanal para a semana seguinte com a reprogramação de pacotes não concluídos, reparos para os pacotes concluídos sem qualidade, e a programação de novos pacotes de trabalho, já liberados no médio prazo, reiniciando o processo.

5.5.3 Ferramenta desenvolvida para aplicação do método proposto, com o uso de dispositivos móveis

A ferramenta desenvolvida para aplicação do modelo de controle integrado da produção e qualidade foi dividida em dois módulos, o módulo *web*, acessado pelo computador e o módulo do aplicativo para *tablet*. O módulo *web* contém a base de dados e pode ser utilizado para consulta, análise e cadastro de dados e o módulo para *tablet* se refere à coleta e consulta dos dados em campo.

O módulo *web* é acessado em qualquer computador com acesso à internet, mediante inclusão de *login* e senha. Já o módulo para *tablet* necessita de internet apenas para realizar a sincronização dos dados, ou seja, antes da coleta para receber os dados relativos à programação semanal e após a coleta para enviar os dados coletados no canteiro de obras atualizados. Assim, durante a coleta de dados no canteiro de obras não é necessário que haja conexão com a internet, os dados são armazenados no dispositivo e transferidos para o banco de dados quando houver uma rede *wifi* disponível.

A programação semanal, cadastrada no módulo *web*, é acessada no módulo para *tablet* e o controle pode ser iniciado no canteiro de obras. Os dados coletados são sincronizados com o sistema *web* após cada coleta, e as informações ficam disponíveis para que possam ser analisadas pelos responsáveis, assim como utilizadas para a programação da semana posterior, reiniciando o processo.

5.5.3.1 Módulo *Web*

No módulo *web* são realizados os cadastros das informações necessárias para realizar o controle integrado da produção e qualidade. As principais informações a serem cadastradas

são os critérios de qualidade, procedimentos de inspeção, pacotes genéricos, condições de início, *templates*, equipes participantes, lotes de inspeção, motivos de não conclusão de pacotes, e a obra a ser controlada. Essas informações, como são interligadas, possuem uma hierarquia de cadastro.

Primeiramente, é preciso fazer o cadastro dos critérios de qualidade, que são itens do *checklist* a serem inspecionados durante as verificações, pois cada um desses critérios deve possuir um procedimento de inspeção correspondente. Os pacotes genéricos criados posteriormente possuirão vários critérios de qualidade a serem verificados, e a vinculação a esses critérios será solicitada no momento do seu cadastro. Por sua vez, os pacotes genéricos possuem condições de início vinculadas a eles, e as *templates* são formadas por vários pacotes genéricos. *Templates* são conjuntos pré-definidos de pacotes genéricos, tendo por finalidade facilitar a inserção de dados relativos a novas obras, por meio da importação dos pacotes genéricos utilizados, referentes a uma determinada tecnologia construtiva, tipo de empreendimento, e padrão de acabamento, tais como “Estrutura independente de concreto armado para Empreendimento Vertical Alto Padrão”, “Alvenaria Estrutural para Empreendimento vertical MCMV”, ou “Alvenaria Estrutural para Empreendimento Horizontal Alto Padrão”. Quando uma obra é criada, é solicitado o *template* que será utilizado na mesma, as equipes que farão parte da obra, dados sobre sua localização, e engenheiro responsável.

Ainda precisam ser cadastrados os motivos de não conclusão de pacotes, quando estes não são finalizadas na semana planejada. Depois de criada a obra, são cadastrados os lotes de inspeção a serem utilizados no controle da produção e da qualidade, que deve ser o mesmo, assim como as atividades a serem incluídas na programação semanal. As atividades são descrições do pacote de trabalho a ser executado da maneira como o engenheiro considerar mais apropriada para especificar o serviço a ser realizado, sendo estas vinculadas a um pacote genérico. A intenção de criar pacotes específicos, relação de pacote genérico vinculado a um lote de inspeção, a partir das atividades cadastradas é permitir ao engenheiro uma maior flexibilidade na programação semanal. Dessa forma, o engenheiro pode cadastrar uma descrição mais específica para ser utilizada na programação semanal, quando necessário, tornando clara qual atividade, especificamente, deve ser executada. Durante o estudo, houve pacotes na programação semanal como “Arremate na face inferior da laje para acabamento”, se fosse colocado no sistema apenas o pacote genérico “Laje: arremate”, haveria uma dificuldade muito maior para quem estivesse fazendo a coleta no canteiro de obras de

identificar o arremate a ser controlado. Outra possibilidade seria criar um novo pacote genérico para cada pacote mais detalhado, com seus próprios critérios de qualidade, procedimento de inspeção e condição de início, o que seria muito mais trabalhoso e um maior tempo no cadastro de informações repetidas seria despendido, uma vez que os dados associados seriam os mesmos do pacote “Laje: arremate”, por exemplo.

Ao acessar o módulo *web* pela internet, após a inclusão de *login* e senha, é mostrada uma página inicial, em que as obras cadastradas podem ser selecionadas e, através da barra superior, podem ser realizados os cadastros de dados (Figura 51). Na opção “Documentos” podem ser cadastrados documentos para serem consultados no canteiro de obras, tais como plantas, detalhamentos, procedimentos e PVQs. Na opção “Equipes” são cadastradas as empreiteiras que prestam serviço para a empresa construtora, apenas com a inserção do nome da equipe (Figura 52). Na aba “*Templates*”, podem ser criados e gerenciados os critérios de qualidade, pacotes genéricos e *templates* (Figura 53).



Figura 51 - Página inicial Módulo *Web*



Figura 52 - Cadastro de Equipes pelo Módulo *Web*



Figura 53 – Opção para Cadastro de Critérios de Qualidade, Pacotes Genéricos e *Templates* no módulo *Web*

Para criar um critério de qualidade, basta incluir o nome do critério (Figura 54). Após a criação do critério de qualidade, pode ser selecionada a opção “Gerenciar critério de Qualidade” para que todos os critérios já criados sejam exibidos. Ao lado de cada critério há a opção “Cadastrar Procedimento” (Figura 55). Para cadastrar o procedimento de inspeção, é preciso inserir uma descrição de como o critério deve ser inspecionado, com os materiais e equipamentos necessários, e podem ser adicionadas imagens auxiliares, como foi feito para o critério “Esquadro” (Figura 56). Após o cadastro, a opção ao lado de cada critério passa a ser “Visualizar Procedimento”, e pode ser selecionada para realizar a edição do procedimento e das imagens a ele vinculadas.

Figura 54 - Cadastro de Critério de Qualidade pelo Módulo *Web*

Critérios de Qualidade			
ID	Nome	Procedimento de Inspeção	Ações
7610	Dimensões (gesso)	Visualizar procedimento	Editar Deletar
471	Dimensões das peças (estrutural)	Visualizar procedimento	Editar Deletar
483	Dimensões dos elementos	Visualizar procedimento	Editar Deletar
65	Distribuição das taliscas	Visualizar procedimento	Editar Deletar
4652	Embutimento das tubulações internas (gás)	Visualizar procedimento	Editar Deletar
490	Escoramento	Visualizar procedimento	Editar Deletar
477	Espaçadores	Visualizar procedimento	Editar Deletar
601	Esperas	Visualizar procedimento	Editar Deletar
4651	Esperas (gás)	Visualizar procedimento	Editar Deletar
7640	Espessura das emendas de manta	Visualizar procedimento	Editar Deletar
64	Espessura das taliscas	Visualizar procedimento	Editar Deletar
3321	Espessura de fixação	Visualizar procedimento	Editar Deletar

Figura 55 - Opção "Gerenciar Critérios de Qualidade" no Módulo *Web*

Figura 56 - Cadastro de Procedimento de Inspeção no Módulo *Web*

Para realizar o cadastro de um pacote genérico, além do nome do pacote, é preciso selecionar os critérios de qualidade relacionados a este (Figura 57). Por isso, é importante que os critérios de qualidade sejam cadastrados antes dos pacotes genéricos. Contudo, caso seja preciso editar quais critérios de qualidade estão vinculados ao pacote genérico, é possível alterá-los através da opção “Gerenciar Pacote Genérico”. Nessa opção é possível visualizar os critérios de qualidade relacionados a cada pacote genérico, assim como cadastrar e editar as condições de início para cada um deles (Figura 58). Podem ser incluídas quantas condições de início forem necessárias, assim como editá-las e deletá-las pelo cadastro do módulo *web* (Figura 59).

Figura 57 - Cadastro de Pacote Genérico pelo Módulo *Web*

Pacotes Genéricos				
ID	Nome	Critérios de Qualidade	Condições de início	Ações
1355	Alvenaria Estrutural: elevação 100%	Esquadro Juntas verticais Prumo Final Prumo intermediário Vãos	Visualizar condições	Editar Deletar
1356	Alvenaria Estrutural: colocação graute	Fixação da armadura 2ª etapa Preenchimento do graute Traço do graute	Visualizar condições	Editar Deletar
1357	Alvenaria Estrutural: corte de blocos	Sem critério	Cadastrar condições	Editar Deletar
1358	Alvenaria Estrutural: barras espera pra graute	Posicionamento (graute)	Visualizar condições	Editar Deletar
1359	Alvenaria Estrutural: assentamento palitos	Sem critério	Cadastrar condições	Editar Deletar
1360	Ar Condicionado: instalação drenos	Sem critério	Cadastrar condições	Editar Deletar
1361	Limpeza: limpeza e organização	Sem critério	Cadastrar condições	Editar Deletar
1362	Impermeabilização: poço elevador	Sem critério	Cadastrar condições	Editar Deletar

Figura 58 - Aba de gerenciamento dos Pacotes Genéricos no Módulo *Web*

Página Inicial Obras Templates Equipes Documentos gabriela			
Editar condições de início			
Imagem	Nome da imagem	Condição	Ação
		Funcionários devem estar utilizando os EPIs apropriados: botinas, capacete, cinto de segurança amarrado à linha de vida (quando aplicável).	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		Os blocos a serem utilizados devem estar estocados no local destinado a este fim.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		A marcação deve estar finalizada e liberada, após conferência pela engenharia.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		O traço da argamassa de assentamento deve ser executado de acordo com o definido em projeto.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		Os seguintes materiais devem estar disponíveis: água, areia média, cimento ou argamassa de assentamento industrializada, linha de nylon, vergas e contravergas.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		Os seguintes equipamentos devem estar disponíveis: carrinhos para transporte de blocos e de argamassa, caixote para acondicionamento da argamassa, colher de pedreiro, esquadro metálico, nível, trena metálica, régua de alumínio com 2m de comprimento, serra de bancada com disco refratário para corte de blocos, meia cana para aplicação de argamassa, andaimes e cavaletes, gabarito para portas e janelas, prumo de face.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>
		Os seguintes documentos devem estar disponíveis: projeto arquitetônico, projeto de paginação de alvenaria, projeto estrutural, NBR 1520-1, NBR 1520-2.	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Deletar"/>

Figura 59 - Cadastro de Condições de Início pelo Módulo *Web*

Para criar um *template*, é necessário inserir um nome e selecionar os pacotes genéricos vinculados ao mesmo (Figura 60). Caso seja necessário incluir algum novo pacote genérico a um *template* já criado, é possível realizar a edição através da aba “Gerenciar *Templates*”.

Página Inicial Obras Templates Equipes Documentos	
Novo template	
Nome: *	<input type="text"/>
Pacotes genéricos	<input type="checkbox"/> Contrapiso: preparação <input type="checkbox"/> Contrapiso: concretagem <input type="checkbox"/> Contrapiso: polimento e corte de juntas <input type="checkbox"/> Contrapiso: arremate <input type="checkbox"/> Elétrica: instalações caixas na estrutura <input type="checkbox"/> Elétrica: instalações caixas na alvenaria <input type="checkbox"/> Elétrica: instalação tubulações
<input type="button" value="Cadastrar"/>	

Figura 60 - Cadastro de *Template* pelo Módulo *Web*

Na aba “Obra”, é possível criar e gerenciar Obras, assim como os motivos para a não conclusão de pacotes de trabalho. Ao criar uma obra, são requisitadas informações gerais, tais como nome e endereço da obra, assim como a identificação do engenheiro responsável. Também é solicitada o *template* que será utilizado, e as equipes que farão parte da obra (FigurasFigura 61, Figura 62 e Figura 63). Ao final, os dados inseridos são mostrados para a confirmação de cadastro da obra.

*Página Inicial Obras Templates Equipes Documentos

Informações Template Equipes Confirmação

Informações

Nome do empreendimento*
 Endereço
 Engenheiro responsável

Figura 61 - Inserção de dados para cadastro da obra

*Página Inicial Obras Templates Equipes Documentos

Informações **Template** Equipes Confirmação

Template

← Back

Figura 62 - Seleção de *Template* para cadastro da Obra

*Página Inicial Obras Templates Equipes Documentos

Informações Template **Equipes** Confirmação

Equipes

- SSJ
- SERKI
- TP SUL
- GTX
- Teresinha
- TR Rincão
- 3C
- GEYER
- PMS

← Back

Figura 63 - Seleção das Equipes para cadastro da Obra

A obra cadastrada passa a ser visualizada na página inicial, onde é selecionada, e é organizada da seguinte forma: primeiramente são exibidos os dados do empreendimento, em seguida os lotes de inspeção utilizados e, ainda, as atividades a serem executadas. Também são exibidas os planos semanais, as improvisações registradas e a análise dos dados coletados na forma de gráficos.

Após a criação da Obra a ser controlada, ainda é preciso registrar alguns dados específicos do empreendimento, tais como os lotes de inspeção, as atividades a serem executadas no canteiro e as programações semanais. Os lotes de inspeção são registrados mediante cadastro do nome pela janela “Lotes” na página da Obra. Nessa pesquisa foi utilizado um sistema de códigos para facilitar a identificação dos lotes por filtro no *tablet*. O código é dividido em três partes:

a primeira se refere à torre, a segunda ao pavimento, e a terceira ao setor específico a que o lote se refere, conforme Figura 64. Os lotes utilizados seguem os lotes utilizados nas programações feitas pelo engenheiro da obra. Para registrar um lote de inspeção é preciso selecionar “Cadastrar novo lote”, na janela “Lotes” e inserir a nomenclatura a ser utilizada, conforme Figura 65.

	1º Campo	2º Campo	3º Campo
01	Torre A	Térreo	Parte Norte
02	Torre B	2º Pav.	Parte Sul
03	Torre C	3º Pav	25%
04	Torre D	4º pav	50%
05	-	5º Pav	Parte Centro
06	-	6º Pav	1 Apartamento
07	-	7º Pav	2 Apartamentos
08	-	8º Pav	3 Apartamentos
09	-	9º Pav	-

Figura 64 – Exemplo de numeração do código utilizado no cadastro de lotes

Figura 65 - Cadastro de novo lote

As atividades são cadastradas pela seleção da opção “Nova Atividade” na janela “Atividades” (Figura 66). Nela deve ser inserida a descrição do serviço a ser executado, e selecionado o pacote genérico a que essa atividade se refere, que por sua vez, está vinculado aos critérios de qualidade, condições de início e procedimentos de inspeção pertinentes (Figura 67).

ID	Atividade	Pacote Genérico	Ações
1101	Fabricação de fôrmas dos Pilares	Pilar: fabricação fôrmas	Excluir Editar
1103	Concretagem do contrapiso	Contrapiso: concretagem	Excluir Editar
1104	Corte de juntas e polimentos do contrapiso	Contrapiso: polimento e corte de juntas	Excluir Editar
1105	Arremate do contrapiso	Contrapiso: arremate	Excluir Editar
1106	Instalação das caixinhas elétricas na Estrutura	Elétrica: instalações caixas na estrutura	Excluir Editar
1107	Instalação das caixinhas elétricas na alvenaria	Elétrica: instalações caixas na alvenaria	Excluir Editar
1108	Instalação das tubulações elétricas (conduites)	Elétrica: instalação tubulações	Excluir Editar
1109	Passagem da fiação elétrica	Elétrica: fiação	Excluir Editar
1110	Instalação dos dispositivos elétricos	Elétrica: dispositivos	Excluir Editar
1111	Arremate de elétrica	Elétrica: arremate	Excluir Editar

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nova atividade

Figura 66 - Janela para gerenciar Atividades

Figura 67 - Cadastro de nova Atividade

Após o cadastro dos dados, é possível iniciar a elaboração dos planos semanais, a terem sua conclusão e qualidade controlados pelo módulo para *tablet*. Para realizar o cadastro de uma nova programação semanal é preciso selecionar a opção “Nova programação semanal” e, em seguida, escolher uma data inicial e uma data final para indicar o período em que a programação estará vigente. Na janela referente às programações semanais, é criada uma nova opção com o período definido, que, quando selecionado, permite iniciar o cadastro dos pacotes específicos através da seleção da opção “Novo registro”. Assim, uma nova janela é aberta para que seja selecionada a atividade, o lote e a equipe que deve executar o pacote de trabalho (Figura 68). Conforme os registros vão sendo realizados, é gerada uma lista dos pacotes de trabalho que compõe a programação semanal (Figura 69), que é enviada para o aplicativo para *tablet*, no qual as informações são atualizadas e novos registros cadastrados.

Figura 68 - Cadastro de pacote específico na programação semanal

Após o registro de toda a programação semanal, as informações são enviadas para o módulo para *tablet*. Após cada coleta de dados no canteiro de obras, as informações são sincronizadas com a *web* e o *status* da produção e qualidade atualizados podem ser visualizados pelo engenheiro em qualquer computador com acesso à internet (Figura 69). Também é possível visualizar as informações coletadas com mais detalhes, através da opção em formato de lupa, em que a aprovação ou reprovação de cada critério de qualidade é exibida, assim como a data em que a verificação foi realizada (Figura 70). Ao final da semana, os motivos da não conclusão de pacotes de trabalho devem ser registrados (Figura 71).

Programação semanal											
ID	Data inicial					Data final					
3551	13/04/2015					19/04/2015					
ID	Atividade	Lote	Data início	Data fim	Tipo	Tipo Informal	Equipes	Status de produção	Status de qualidade	Motivo não conclusão	Ações
3601	Execução do Reboco	02.02.00 Torre B - 2º Pav	13/04/2015		Formal		Hold	progresso	naoiniciado	2.4 Falta de materiais do empreiteiro	Não concl.
3602	Execução do Reboco	02.03.04 Torre B 3º Pav - 50%			Formal		Hold	naoiniciado	naoiniciado	5.3 Atraso da tarefa antecedente de terceiros	Não concl.
3603	Arremate na hidráulica	01.02.00 Torre A - 2º Pav			Formal		TP SUL	naoiniciado	naoiniciado	0.0 Não Especificado	Não concl.
3604	Instalação das redes hidráulicas horizontais	01.03.00 Torre A - 3º Pav	15/04/2015		Formal		TP SUL	progresso	naoiniciado	0.0 Não Especificado	Não concl.
3605	Instalação das redes hidráulicas verticais	01.03.00 Torre A - 3º Pav	15/04/2015	15/04/2015	Formal		TP SUL	concluído	naoiniciado		Não concl.

Figura 69 - Lista com os registros da programação semanal

Condição início				Status
EQUIPAMENTOS: Inspeção Visual MÉTODO DE INSPEÇÃO: A elevação da alvenaria deve estar finalizada, assim como a instalação da tubulação elétrica.				aprovado

Critério de qualidade				Status
Fixações				aprovado
Status	Data de modificação	Motivo não qualidade	Comentário	
aprovado	16/04/2015			
Limpeza final				aprovado
Status	Data de modificação	Motivo não qualidade	Comentário	
aprovado	16/04/2015			
Posicionamento				aprovado

Figura 70 - Detalhes do registro de um pacote genérico controlado

5561	Alvenaria de vedação para o poço do elevador	01.03.00 Torre A - 3º Pav	16/04/2015		
5562	Alvenaria de vedação para o poço do elevador	01.04.00 Torre A - 4º Pav			
5563	Alvenaria de vedação para o poço do elevador	02.02.00 Torre B - 2º Pav			
5564	Alvenaria de vedação para o poço do elevador	02.03.00 Torre B - 3º Pav			

Motivo de não conclusão

- 1.1 Falta no Trabalho
- 1.2 Baixa Produtividade (mesma equipe)
- 1.3 Modificação da equipe (decisão gerencial)
- 1.4 Problema na gerência do serviço (encarregado ou mestre)
- 1.5 Falta de programação de mão de obra
- 2.1 Falta de programação de

Salvar

Figura 71 - Cadastro de Motivo de não conclusão

As ocorrências de *making-do* registradas pelo *tablet* são exibidas no módulo *web*, após a sincronização das informações, em uma janela com o título “Improvisações” (Figura 72). Nesse campo, pode-se visualizar a data do registro, o tipo e motivo da ocorrência da improvisação, que correspondem à categoria e natureza propostas por Sommer (2010) e refinadas por Fireman (2012), respectivamente, assim como o impacto, gravidade e um campo para comentários em que a descrição da ocorrência é registrada. Nessa janela também é possível acessar uma fotografia da improvisação (Figura 73).

ID	Atividade	Data criação	Tipo	Motivo	Impacto	Gravidade	Comentário	Ações
5909	Execução do Reboco	17/04/2015	Instalações provisórias criadas ou adaptadas	Espaço	Retrabalho	5	tanque sobre laje com cano furando a parede já rebocada	
10351	Desforma da Laje	14/04/2015	Bancada / área de trabalho improvisada	Espaço	Redução da segurança	3	funcionário sobre mesa de trabalho de outra empreiteira, pois o seu andaime estava guardado em outra torre. O funcionário fazia a desforma da torre b, excepcionalmente, pois a empresa em que trabalha executava serviços na torre c e d.	
6755	Elevação da Alvenaria (100% do lote)	24/04/2015	Espaço, meio ou forma para execução das tarefas improvisado	Informação	Diminuição da produtividade	3	andaime colocado no meio do patamar da escada impedindo a circulação? causando a diminuição da produtividade e a redução da segurança? uma vez que as proteções perifericas laterais estão muito altas.	
6753	Elevação da Alvenaria (100% do lote)	23/04/2015	Organização de materiais/componentes em locais inadequados	Mão de Obra	Diminuição da produtividade	1	blocos estocados na circulação, dificultando a passagem de pessoas e materiais, causando a redução da segurança e diminuição da produtividade.	
10352	Instalação de guarda-corpo metálico definitivo	22/04/2015	Bancada / área de trabalho improvisada	Espaço	Redução da segurança	2	funcionários faziam cortes no guarda corpo metálico definitivo sem nenhuma área ou bancada de trabalho destinada a este fim	

Figura 72 - Campo em que as ocorrências de *making-do* registradas pelo *tablet* são exibidas

ID	Atividade	Data criação	Tipo	Motivo	Impacto	Gravidade	Comentário	Ações
9003	Instalação de Viga Pré-moldada	09/05/2015	Criação / adaptação de equipamentos ou ferramentas	Equipamentos ou Ferramentas	Redução da segurança	5	funcionário sobre cavalete, que não possui proteção adequada	
9004	Instalação de Viga Pré-moldada	09/05/2015	Utilização de componentes inadequados			4	ferragem encaixada na viga, dificultando a descida e solicitação	
10902	Elevação da Alvenaria (100% do lote)	14/05/2015	Espaço executado improvisado			3	corte de central de produto	
10903	Elevação da Alvenaria (100% do lote)	15/05/2015	Bancada improvisada			3	corte de local, com redução da segurança	
10901	Instalação dos contramarcos	14/05/2015	Bancada improvisada			3	furos de chumbo de produto	
11951	Elevação da Alvenaria (50% do lote)	22/05/2015	Bancada improvisada			3	corte de produto apropriado para produto seguro	
10905	Aplicação do Graute na Alvenaria	19/05/2015	Organização de materiais locais			2	balde e posicionamento correto da passagem	
10904	Execução da marcação da Alvenaria (1ª fiada)	18/05/2015	Bancada / área de trabalho improvisada	Mão de Obra	Diminuição da produtividade	3	redução da segurança	

Figura 73 - Visualização de imagens de ocorrências *making-do* no módulo *web*

Após a inserção dos dados coletados em campo no sistema, estes podem ser analisados e apresentados de forma gráfica. As informações exibidas dizem respeito a indicadores de produção e qualidade, aprovação e reprovação de critérios, motivos de reprovação e categoria

das ocorrências de improvisações registradas. Os gráficos dos dados coletados podem ser gerados conforme necessidade de uso, sendo alguns exemplos apresentados na Figura 74.



Figura 74 - Dados analisados apresentados de forma gráfica no módulo *web*

5.5.3.2 Módulo para *tablet*

No módulo para *tablet* é que as informações de produção e qualidade são coletadas, assim como há o registro de pacotes de trabalho informais e de ocorrências de improvisações. Os pacotes de trabalho formais e reserva são sincronizados para o *tablet* a partir do módulo *web*, e os pacotes informais são registrados diretamente pelo *tablet*, podendo estes ser categorizados conforme os três tipos descritos no item 5.5.1.

Quando a ferramenta criada para aplicação do modelo desenvolvido é aberta no *tablet*, é preciso selecionar a obra a ser controlada. Em seguida são mostrados os lotes cadastrados para a obra selecionada, separados em duas categorias: lotes com atividades cadastradas e lotes sem atividades cadastradas. Assim, quando se está no canteiro, é preciso selecionar o lote em que se está e verificar se há atividades vinculadas a este ou não. Há a possibilidade de utilização do filtro para identificação mais eficiente do lote desejado, e a inclusão do código utilizado no cadastro dos lotes na parte *web* pode facilitar essa busca. Se o lote aparecer na lista dos lotes com atividades cadastradas é porque há uma atividade vinculada a ele, que necessita de verificação de condições de início, registro de datas de início e fim e verificações de qualidade. Essas atividades podem ser formais e reservas, programadas pelo módulo *web*,

ou informais, já cadastradas pelo aplicativo pra *tablet*. Para criar um pacote de trabalho informal, deve ser selecionada a atividade que está sendo executada, de que tipo de informal ela é, e a equipe que está executando (Figura 75). Para acessar a tela de controle de uma atividade, basta clicar sobre ela.

Na tela de controle é realizado tanto o controle da produção quanto da qualidade, e ainda podem ser registradas ocorrências de improvisações. As atividades, quando iniciadas, devem ter sua data de início registrada. As atividades ainda não iniciadas devem ter suas condições de início inspecionadas antes do início da sua execução (Figura 76). As condições de início reprovadas são registradas no sistema e os responsáveis devem providenciar a sua disponibilidade para que a atividade possa ter sua execução iniciada sem problemas.

Se for identificada alguma ocorrência de improvisação durante a execução da atividade, ela deve ser registrada por meio da seleção de uma categoria no campo “improvisação”, na tela de controle da atividade, seguida pelo comando “registrar”.

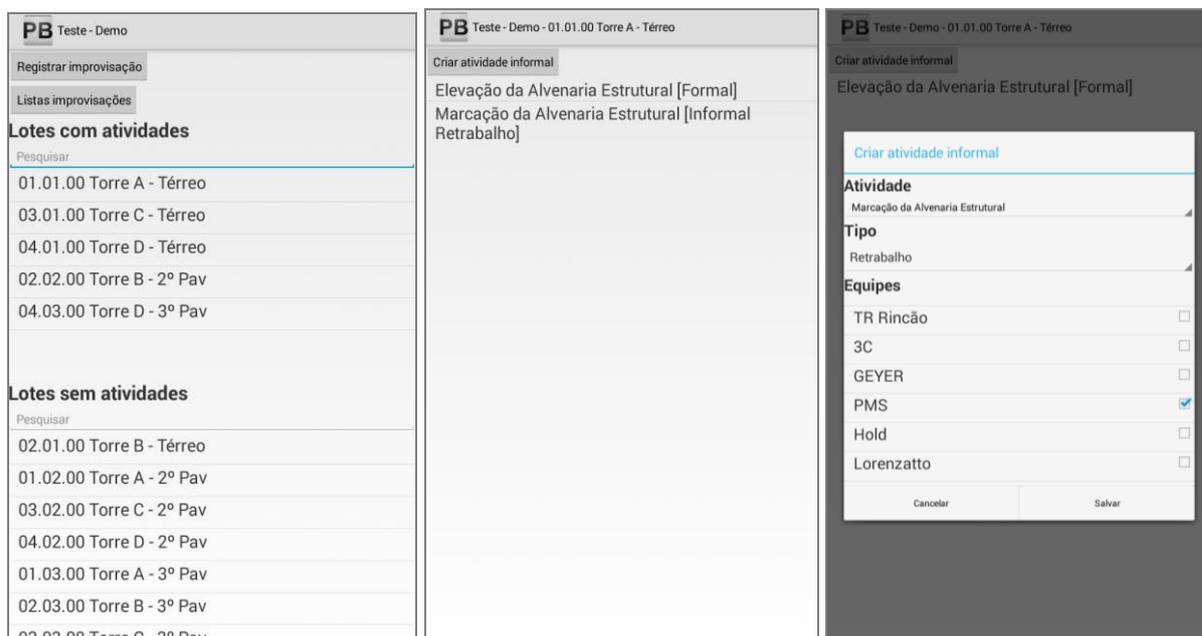


Figura 75 - Lista de lotes com ou sem atividades, atividades registradas em um lote específico, e criação de atividade informal na tela do módulo para *tablet*, respectivamente

The image shows two side-by-side panels from a mobile application. The left panel, titled 'PB Teste - Demo - 01.01.00 Torre A - Térreo - Elevação da Alvenaria...', contains the following information:

- Elevação da Alvenaria Estrutural**
- Pacote de trabalho**: Alvenaria Estrutural: elevação 100%
- Tipo**: Formal
- Status produção**: Concluído
- Data início**: 13/04/2015 (with a 'Definir data inicial' button)
- Data fim**: 14/04/2015 (with a 'Definir data final' button)
- Status qualidade**: Pendente (with buttons for 'Condições de início', 'Verificação de qualidade', and 'Improvisações')
- Improvisações**: Espaço, meio ou forma para execução das tarefas improvisado (with buttons for 'Registrar' and 'Listar improvisações')

The right panel, titled 'PB Condições de início', contains a list of requirements:

- * Funcionários devem estar utilizando os EPIs apropriados: botinas, capacete, cinto de segurança amarrado à linha de vida (quando aplicável).
- * Os blocos a serem utilizados devem estar estocados no local destinado a este fim.
- * A marcação deve estar finalizada e liberada, após conferência pela engenharia.
- * O traço da argamassa de assentamento deve ser executado de acordo com o definido em projeto.
- * Os seguintes materiais devem estar disponíveis: água, areia média, cimento ou argamassa de assentamento industrializada, linha de nylon, vergas e contravergas.
- * Os seguintes equipamentos devem estar disponíveis: carrinhos para transporte de blocos e de argamassa, caixote para acondicionamento da argamassa, colher de pedreiro, esquadro metálico, nível, trena metálica, régua de alumínio com 2m de comprimento, serra de bancada com disco refratário para corte de blocos, meia cana para aplicação de argamassa, andaimes e cavaletes, gabarito para portas e janelas, prumo de face.
- * Os seguintes documentos devem estar disponíveis: projeto arquitetônico, projeto de paginação de alvenaria, projeto estrutural, NBR 1520-1, NBR 1520-2.

Figura 76 - Tela de controle, e de avaliação das condições de início no módulo para *tablet*, respectivamente

Selecionada a descrição adequada, é aberta uma janela de registro em que devem ser registrados o motivo pelo qual ocorreu, e o impacto gerado, e a gravidade da improvisação. A gravidade deve ser categorizada de 0 a 5, em que zero significa que não há impacto negativo, e cinco que a ocorrência é muito grave, gerando impactos relevantes. Um comentário ainda pode ser adicionado, em que uma descrição do pode ser incluída, conforme mostra a Figura 77. Também há a possibilidade de anexar uma fotografia ao registro da improvisação. O registro fotográfico pode ser feito de forma instantânea, através da câmera do *tablet*, ou selecionando uma foto da galeria.

O *status* de produção é atualizado automaticamente com a inserção das datas de início e fim, ou seja, quando não há nenhuma data registrada, o *status* da produção exibido é “não iniciado”, após o registro de uma data de início, o *status* da produção passa a ser “em progresso”, e após o registro de uma data de fim, o *status* da produção exibido é “concluído”.

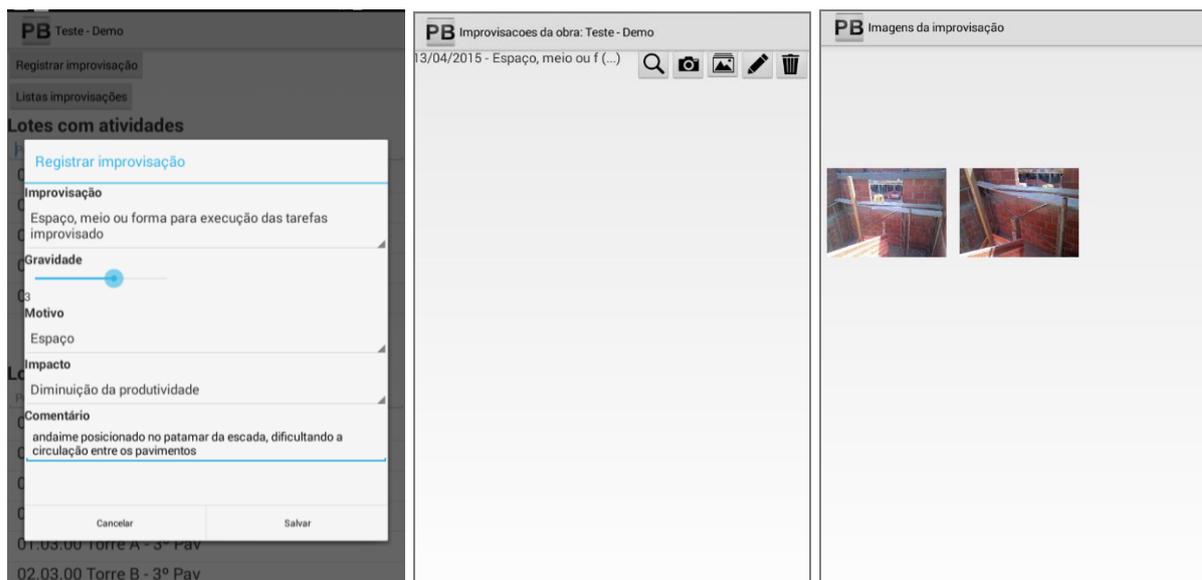


Figura 77 - Telas de registro, listagem, e fotos das improvisações no modo *ara tablet*, respectivamente

Os critérios para a verificação de qualidade de cada uma das tarefas controladas ficam disponíveis para serem acessados e avaliados durante todo o processo, ou seja, podem ser inspecionados tanto durante a execução, caso seja o momento de inspeção adequado, quanto após a conclusão da atividade. Para fazer a avaliação dos critérios de qualidade, é preciso clicar sobre o botão “verificação de qualidade” na tela de controle da atividade. Serão exibidos os critérios a serem inspecionados, que podem ser avaliados de três formas, aprovado (A), reprovado (R), ou não se aplica (Ñ). Conforme as avaliações vão sendo registradas, a cor de fundo da descrição de cada pacote fica com a cor correspondente à sua avaliação. Também pode ser visualizado o histórico de avaliações dos critérios, por meio do botão em forma de calendário, a descrição do procedimento de inspeção, através do botão em forma de planilha, e as fotos do procedimento de inspeção, pelo botão em forma de paisagem. Quando um critério de qualidade é reprovado, imediatamente é aberta uma janela para seleção do motivo de não qualidade e, se necessário, é possível incluir um comentário, como mostra a Figura 78. Também foi solicitada a possibilidade de inclusão de registros fotográficos. Quando a atividade for concluída, é atribuída uma data de fim, e, ao final do processo, a ferramenta deve ser sincronizada novamente.



Figura 78 – Tela de inspeção, procedimento de inspeção, e registro de reprovação

5.6 ESTUDO EMPÍRICO 2

No estudo empírico 2, foi controlada a produção e a qualidade com o uso do sistema de controle integrado, aplicado por meio da utilização da ferramenta de TI desenvolvida. Foi realizado o monitoramento do PPC semanal, a ocorrência de pacotes de trabalho informais, e de improvisações. Foram realizadas inspeções dos critérios de qualidade de apenas alguns pacotes de trabalho, devido a indisponibilidade da equipe de engenharia de acompanhar a equipe de pesquisa ao canteiro de obras.

5.6.1 Controle da produção e da Qualidade

O PPC semanal apresentado durante ao período de coleta do Estudo Empírico 2, coletado pela equipe de pesquisa, é apresentado na Figura 79. Os valores registrados são relativamente baixos (média de 32%) e variáveis, indicando uma baixa eficácia do planejamento. Os dados também mostram que o planejamento de médio prazo apresenta problemas, uma vez que muitas atividades são programadas sem que todas as restrições tenham sido removidas. Nas duas primeiras semanas de coleta de dados desse estudo, a obra controlada estava embargada para trabalho em altura. Entretanto, esse fato não deveria afetar o PPC, uma vez que atividades com restrições não deveriam aparecer na programação semanal.

Outro problema detectado foi a falta de um controle da produção confiável pela equipe de engenharia. Da mesma forma que no Estudo Empírico 1, a verificação da conclusão dos pacotes de trabalho e o cálculo do PPC da obra era feito apenas com o questionamento aos líderes de equipe na reunião semanal, sendo que a resposta dada muitas vezes não era precisa.

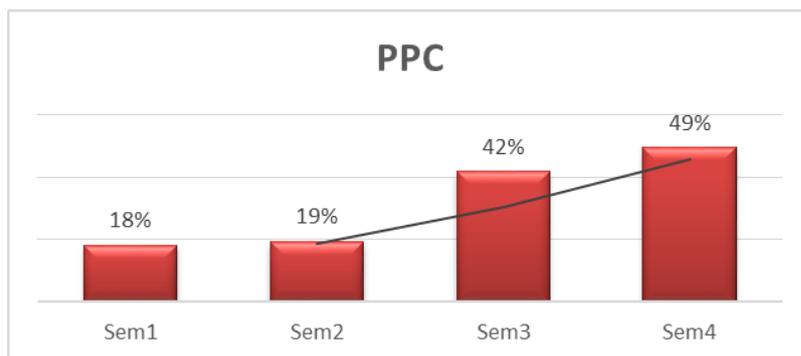


Figura 79 - PPC Semanal do Estudo Empírico 2

Os motivos de não conclusão dos pacotes eram atribuídos pelo engenheiro da obra durante as reuniões semanais. O alto número de pacotes de trabalho sem um motivo de não conclusão atribuído ocorreu devido à falta de controle dos pacotes informais pela equipe de engenharia, que acabam por não ter esses motivos registrados. Também foram classificados como “Não Especificado” os pacotes de trabalho dados como concluídos pela engenharia, que a equipe de pesquisa constatava que não estavam efetivamente concluídos. Os motivos registrados não eram investigados a fundo, sendo baseados apenas na resposta do líder da equipe quando perguntado sobre porque não concluiu o pacote de trabalho programado. Como é mostrado nas Figura 80 e Figura 81, a maioria dos motivos de não conclusão são atribuídos à mão de obra, somando 43% dos motivos atribuídos, sendo que a não conclusão dos pacotes de trabalho estão diretamente relacionados à falta de um planejamento eficaz, assim como a falta de remoção das restrições, conforme é evidenciado pela grande quantidade de pacotes de trabalho informais registrados, que ocorrem devido a indisponibilidade de recurso para a execução dos pacotes de trabalho planejados. As perdas relacionadas a materiais somaram 12%, sendo também diretamente ligadas a falhas na remoção de restrições.

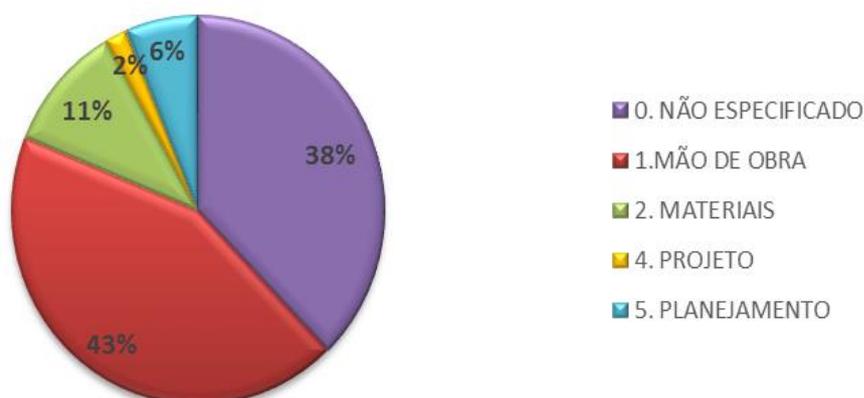


Figura 80 - Categoria dos motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho – Estudo Empírico 2

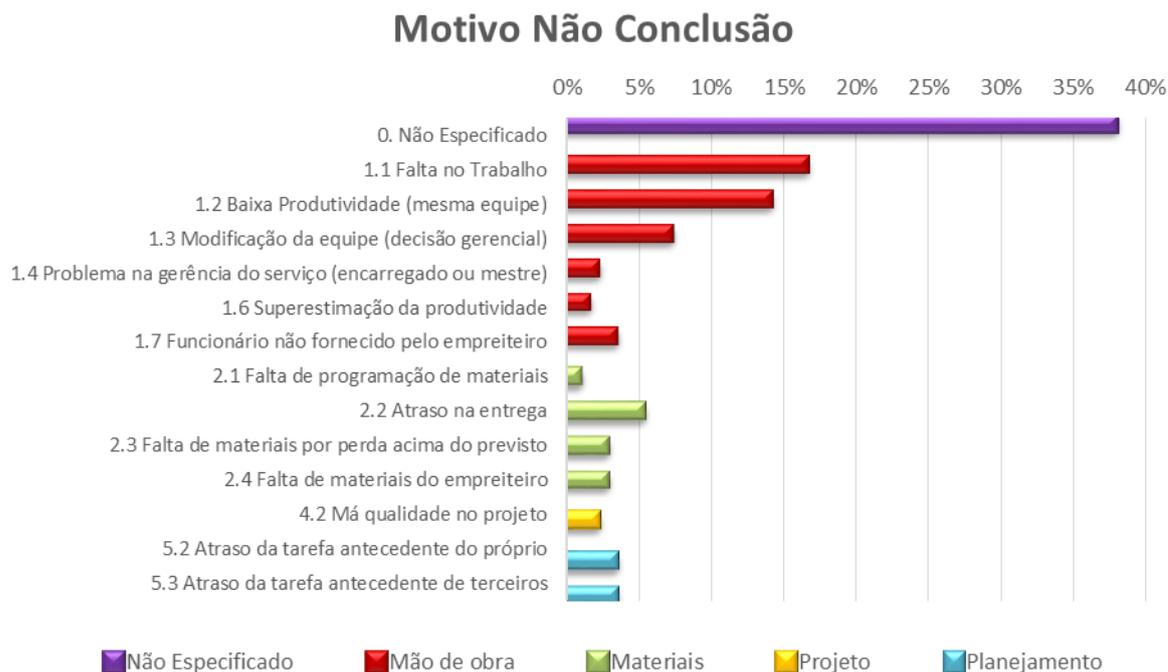


Figura 81 - Motivos de não conclusão de pacotes de trabalho - Estudo Empírico 2

A quantidade de pacotes informais sendo executados no canteiro de obras, com média de aproximadamente 44%, evidencia a ineficácia do sistema de planejamento. A Figura 82 mostra a quantidade de pacotes informais executados, em relação ao total de pacotes executados. A elevada quantidade de pacotes informais sem controle pela engenharia dificulta o planejamento mais eficaz, pois não há registro de quais pacotes de trabalho já foram executados. Assim como no primeiro estudo empírico, foi constatado que algumas equipes atuavam no canteiro de obras somente de maneira informal, não havendo registro na programação semanal. Os serviços executados por essas empresas são fundamentais na execução do empreendimento, como a equipe responsável pelo forro de gesso, pela instalação de esquadrias, pelas lajes pré-moldadas, pelas instalações de gás, e pela execução e manutenção de instalações provisórias, por exemplo.

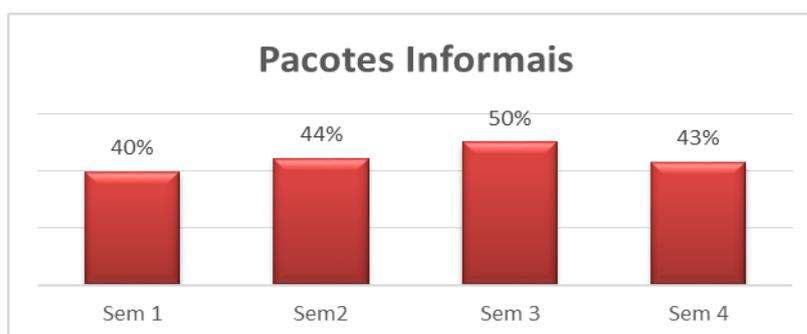


Figura 82 - Quantidade de pacotes informais executados em relação ao total de pacotes executados no período do Estudo Empírico 2.

Dos pacotes efetivamente executados no canteiro, ou seja, que tiveram uma data de início atribuída, em média 44,25% dos pacotes de trabalho são informais. A Figura 83 mostra os tipos de pacotes de trabalho executados, sendo que 64% são os pacotes de trabalho do tipo novo, devido, principalmente, à elevada quantidade de pacotes executados por empresas subempreiteiras não incluídas nos planos semanais. A falta de planejamento dos pacotes de trabalho dessas equipes ocasionou problemas referentes à execução sem todas as condições de início necessárias, como a não execução ou falta de qualidade do pacote de trabalho anterior, gerando pacotes de retrabalho. Dentre os problemas identificados estava a impossibilidade de abertura das canaletas para passagem da tubulação de gás, devido à indisponibilidade de acesso ao local, uma vez que alguns lotes estavam cobertos por entulho, e outros por materiais ou equipamentos, assim como a execução de canaletas sem a profundidade necessária, impedindo a passagem da tubulação. A instalação de lajes pré-moldadas com problemas de qualidade, como dimensão, fissuras, e posicionamento das passagens, e a instalação dos contramarcos das esquadrias após a execução do reboco também evidenciam esse problema.

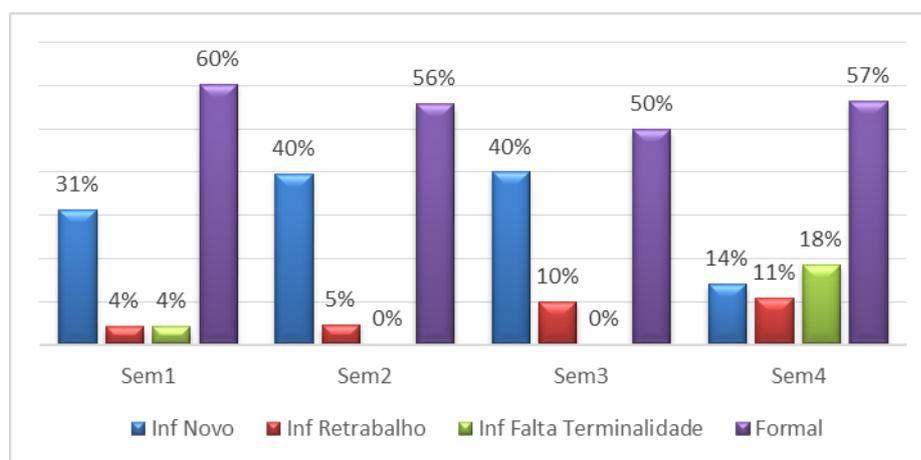


Figura 83 - Tipo de Pacote de Trabalho executados no Estudo Empírico 2

A Figura 84 mostra a quantidade de pacotes de trabalho executados informalmente para cada processo. É possível perceber que os pacotes de trabalho informais mais recorrentes estão diretamente ligados à deficiência do planejamento e à falta de qualidade de pacotes de trabalho anteriores, uma vez que se referem exatamente aos serviços executados pelas empresas que não participam das reuniões de programação, e não têm suas atividades definidas no plano, nem a produção controlada formalmente.

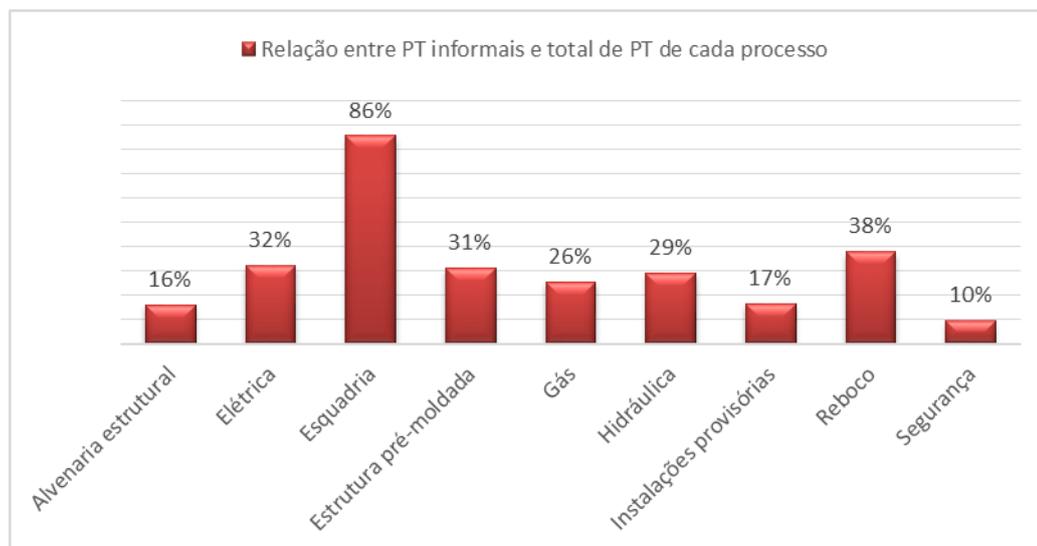


Figura 84 - Processos executados informalmente

Nas Figura 85 e Figura 86 são apresentados os pacotes de trabalho informais mais frequentes, e a comparação entre a execução formal e informal desses pacotes, respectivamente. Os pacotes de trabalho relacionados às esquadrias foram executados em sua totalidade de maneira informal, uma vez que a equipe responsável pela execução não era incluída na programação semanal. Os pacotes relacionados ao processo do reboco decorrem tanto da ineficácia do planejamento quanto da falta de qualidade nas atividades anteriores, uma vez que alguns pacotes se referiam à execução do reboco, e outros à arremates relacionados a problemas de qualidade na execução. Os pacotes relacionados à estrutura pré-moldada eram relacionados às atividades de arremate dos vários problemas de qualidade nas peças estruturais entregues no canteiro de obras, tais como deslocamento das passagens de tubulações hidráulicas e das barras estruturais, troca das tubulações hidráulicas amassadas no interior da laje, e acabamentos na face inferior da laje, e, ainda, a maioria dessas atividades de arremate necessárias são executados por uma empresa que não é incluída da programação semanal.

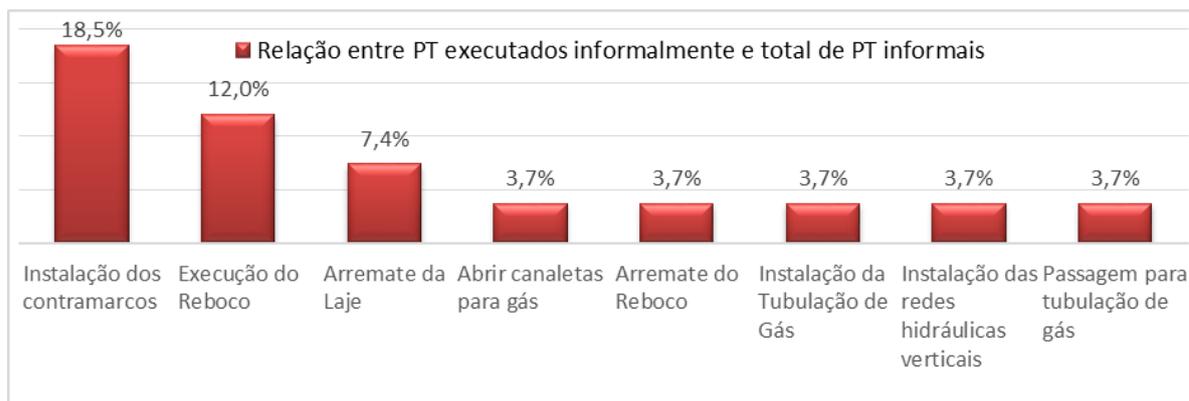


Figura 85 - Pacotes Informais mais frequentes

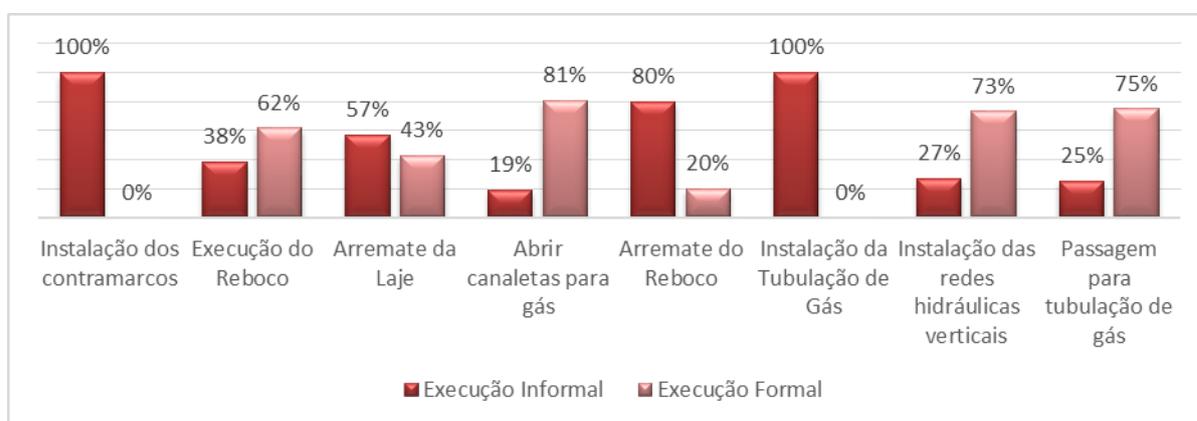


Figura 86 - comparação entre a execução formal e informal dos pacotes de trabalho informais mais frequentes

A Figura 87 mostra o indicador PPCQ, entretanto, esse indicador considera somente os pacotes efetivamente concluídos, independentemente se constavam ou não na programação semanal. A Figura 88 apresenta o indicador PPCR, que mostra a relação entre os pacotes de trabalho formais concluídos com qualidade e o número total de pacotes planejados. Esse indicador evidencia que várias atividades planejadas foram dadas como concluídas mesmo sem qualidade, devido à falta de integração entre planejamento e qualidade e a verificação da qualidade semanas após o planejamento.

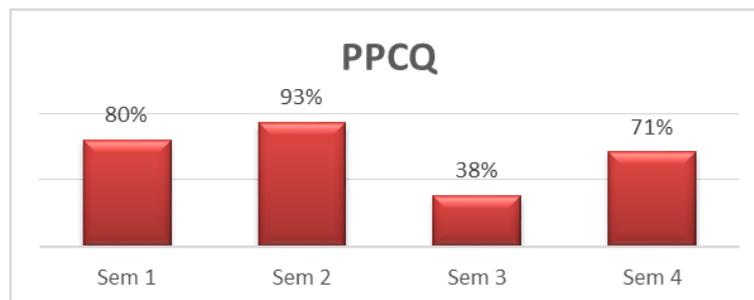


Figura 87 - Indicador PPCQ

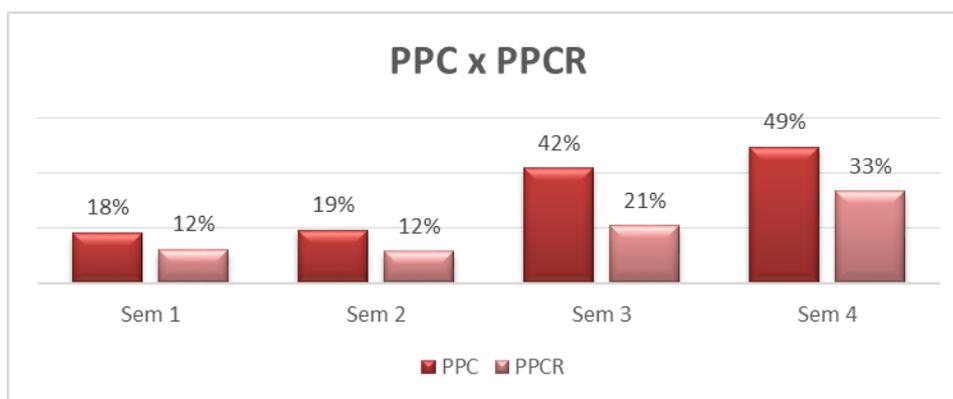


Figura 88 - Indicador PPCR comparado com o indicador PPC

Foi possível identificar que a falta de integração entre produção e qualidade também resulta na impossibilidade de se verificar a qualidade de alguns pacotes de trabalho, em função do sequenciamento das atividades. Assim, alguns pacotes de trabalho, quando não inspecionados no momento correto, durante ou após a execução, mas em um momento anterior à execução do pacote de trabalho seguinte, não há mais a possibilidade de realização da inspeção de certos critérios.

As principais atividades que apresentaram ocorrências deste problema foram as juntas verticais, a execução de taliscas, o chumbamento da esquadria, e as verificação das janelas de inspeção da alvenaria. As juntas verticais e as taliscas, quando não são conferidas antes da execução do reboco, ficam impossibilitadas de terem seus critérios de qualidade conferidos, uma vez que não é mais possível visualizá-las (Figura 89). Da mesma forma, o chumbamento das esquadrias também não pode ser inspecionado após a execução do reboco (Figura 90), e as janelas de inspeção na alvenaria estrutural após a aplicação de graute na alvenaria, uma vez que a fixação das barras estruturais e a limpeza não têm como ser avaliados (Figura 91). O mesmo ocorre com as treliças estruturais.



Figura 89 - Impossibilidade de verificação de juntas verticais e taliscas após execução do reboco

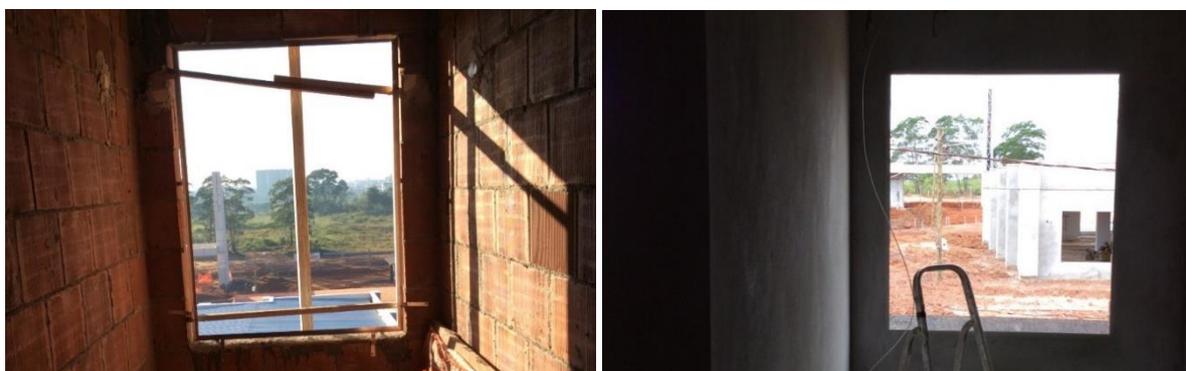


Figura 90 - Impossibilidade de verificação da fixação da esquadria após execução do reboco



Figura 91 - Janela de inspeção desobstruída para inspeção, e janela após aplicação do graute

Durante o estudo, constatou-se que, quando havia essa impossibilidade de verificação de algum critério de qualidade, ele era considerado como aprovado nas PVQs da empresa, mesmo sem a realização efetiva da inspeção. Alguns desses critérios tinham toda a inspeção inviabilizada, uma vez que era necessário acompanhar sua execução de forma contínua, como o traço da argamassa de assentamento, por exemplo. Outros critérios, como o adensamento do concreto, também necessitariam da inspeção no momento da execução.

A Figura 92 mostra a avaliação da qualidade dos pacotes de trabalho. É possível perceber a grande parcela de pacotes de trabalho que não tem sua qualidade inspecionada durante a semana, sendo a verificação dos critérios de qualidade deixada para um momento posterior. Além da possibilidade de que esses critérios não possam mais ser inspecionados quando a verificação for realizada, a quantidade de inspeções pendentes vai sendo acumulada, podendo criar dificuldades para a conferência de todos os critérios pendentes.

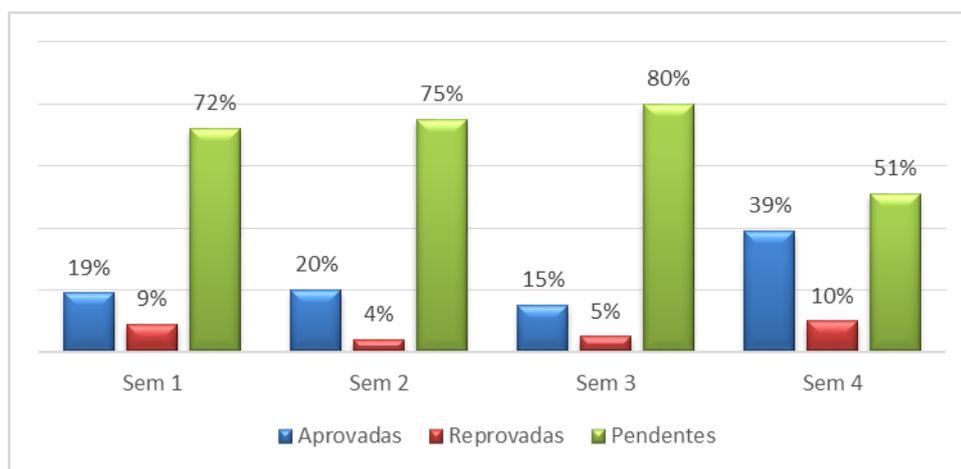


Figura 92 - Avaliação de qualidade dos pacotes de trabalho do Estudo Empírico 2

As atividades que mais apresentaram problemas de qualidade nesse segundo estudo foram a execução de reboco, a elevação de alvenaria e a instalação da rede hidráulica. Os problemas relacionados ao reboco foram relativos, principalmente, ao desempenho e à limpeza final (Figura 93). Os motivos de não qualidade desses critérios se referem a falta de instrução da força de trabalho quanto aos padrões de qualidade exigidos, ocasionando o retrabalho. Os critérios de qualidade mais reprovados na atividade de elevação de alvenaria estrutural foram referentes à execução das juntas verticais (Figura 94), um problema já havia sido identificado no primeiro estudo empírico. Segundo o engenheiro da obra, essa atividade necessitava de uma mão de obra qualificada e experiente, mas não tinham sido realizados treinamentos ou contratados novos profissionais para sanar os problemas detectados, ou seja, as atividades iniciavam sem todas as condições necessárias. Já os problemas de qualidade da atividade de instalação da rede hidráulica eram relacionados com o sequenciamento das atividades, sendo os critérios mais frequentemente reprovados relacionados à fixação das instalações. As instalações hidráulicas apresentavam problemas devido ao posicionamento das aberturas nas lajes pré-moldadas, e à execução de atividades posteriores que danificavam o trabalho já concluído com qualidade, ocasionando o retrabalho. A Figura 95 mostra a aplicação de graute no vão da laje para a fixação da instalação hidráulica na posição correta, e uma presilha de

fixação das redes hidráulicas solta devido à execução de atividade de fiação elétrica, executada posteriormente.



Figura 93 - Critérios de desempenho e limpeza reprovados na execução de reboco



Figura 94 - Problemas de qualidade nas juntas verticais das alvenarias estruturais



Figura 95 - Problemas de Qualidade no posicionamento e fixação das tubulações das redes hidráulicas, respectivamente

A falta de integração entre o planejamento e a qualidade também dificultava a conferência das condições de início, uma vez que essas condições deveriam ser verificadas nas planilhas de qualidade, que são utilizadas somente após a execução do serviço. Assim, é necessário utilizar a programação da produção para saber os pacotes de trabalho específicos a serem executados, viabilizando a inspeção das condições de início no momento e local adequado.

Nesse segundo estudo, as informações sobre as condições de início estavam disponíveis para serem inspecionadas no mesmo momento em que a produção era controlada, facilitando muito essa conferência. As condições de início que tiveram mais reprovações foram referentes à ordem de execução das atividades, em que uma atividade é executada antes da tarefa que deveria precedê-la, ou após a tarefa que deveria sucedê-la, e à falta de uso adequado de EPIs.

Um exemplo de falta de condições de início devido à ordem de execução das atividades ocorreu na instalação dos contramarcos, que deveria ser realizada antes do reboco. Contudo, como o reboco já havia sido executado sem a prévia instalação dos contramarcos, foi necessário quebrar o reboco já executado para possibilitar a instalação, e posteriormente, causando um retrabalho para executar o reparo do reboco danificado (Figura 96).



Figura 96 – Parede rebocada sem contramarco instalado no vão, e contramarco instalado sobre reboco, respectivamente

Outro problema recorrente, relacionado à ausência das condições de início necessárias, é a falta dos EPIs adequados para a execução de alguns pacotes de trabalho, destacando-se a o uso de máscaras de proteção para os funcionários que trabalhavam na operação das argamassadeiras (Figura 97).



Figura 97 - Funcionários sem EPI necessário trabalhando próximos à argamassadeira

A falta de conferência das condições de início no momento adequado, causado pela falta de integração entre produção e qualidade, gera problemas de segurança, problemas de qualidade, atividades de retrabalho e ocorrências de *making-do*. Nas primeiras semanas de coleta a obra estava embargada para trabalho em altura, devido, principalmente, à falta de proteção periférica, sendo essa, uma condição de início.

5.6.2 *Making-do*

As perdas por *making-do* foram registradas com o uso da ferramenta desenvolvida para uso do modelo proposta nessa pesquisa. A Figura 98 mostra as categorias de perdas identificadas na aplicação do Estudo Empírico 2. A categoria mais recorrente foi área de trabalho, seguida por instalações provisórias e ajuste de componentes, respectivamente. Os casos de perdas por *making-do* da categoria área de trabalho ocorreram devido à indisponibilidade de equipamentos ou ferramentas, à falta de espaço adequado para a realização das atividades e à falta de instrução da mão de obra em relação os procedimentos indicados. Já as perdas da categoria instalações provisórias ocorreram pela indisponibilidade das condições ideais, como espaço, equipamentos ou instalações provisórias indisponíveis, e as perdas por ajuste de componentes foram causadas por condições externas do clima e por serviços interdependentes. A Figura 99 apresenta a natureza das perdas identificadas nesse segundo estudo.

Categorias *Making-do*

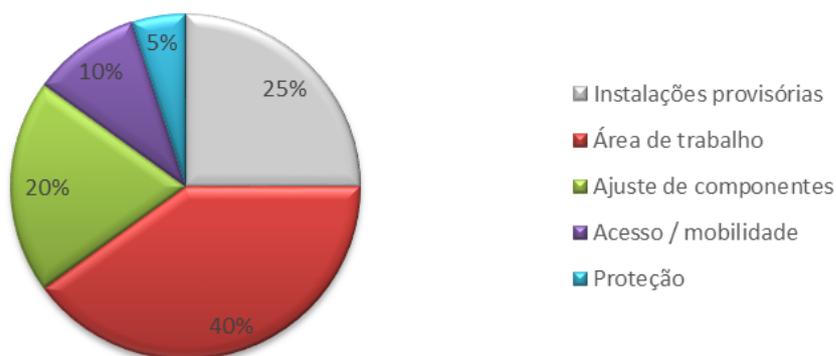


Figura 98 - Categorias de perdas por *making-do* identificadas no Estudo Empírico 2

Naturezas *Making-do*

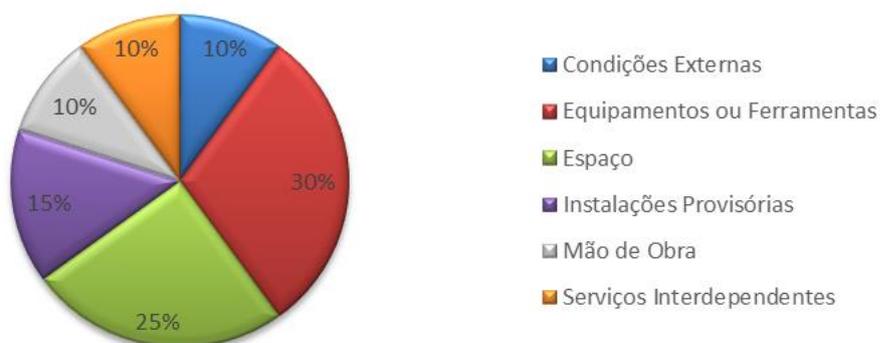


Figura 99 - Naturezas das perdas por *making-do* identificadas no Estudo Empírico 2

O impacto mais recorrente foi a redução da segurança, aparecendo em 65% das ocorrências registradas. Outros impactos frequentes foram a diminuição da produtividade e a redução da qualidade (Figura 100). Associando a gravidade atribuída a cada ocorrência de *making-do* com a probabilidade de ocorrência para determinar o risco da perda registrada, como propõe Fireman (2012) através da matriz apresentada na Figura 38, constatou-se que 27% das perdas são de risco menor, 55% de risco intermediário e 18% de risco maior. Todas as ocorrências de *making-do* foram levadas ao conhecimento do engenheiro responsável pela obra, e foram discutidas e analisadas individualmente em reunião com a pesquisadora.



Figura 100 - Impactos das perdas por *making-do* identificadas no Estudo Empírico 2

Analisando os pacotes específicos em que essas perdas ocorreram, percebe-se que em todos os registros de desforma de lajes e execução de palitos foram encontradas perdas por *making-do* (Figura 101). Pode-se observar que as atividades de instalação do guarda-corpo definitivo e retirada de escoras dos vãos também apresentaram um alto número de registros de *making-do*, verificados em metade dos pacotes de trabalho registrados.

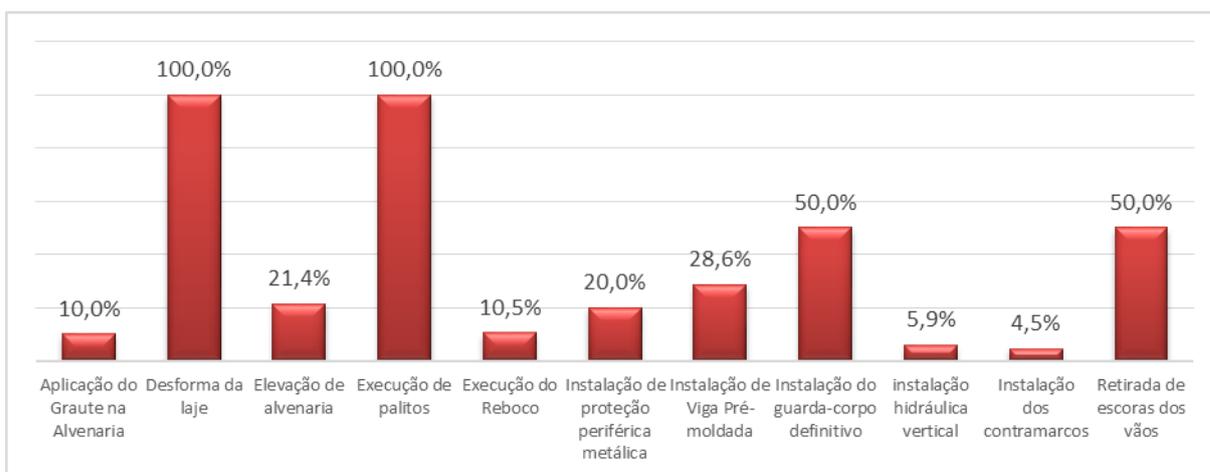


Figura 101 – Ocorrências de *making-do* em cada pacote de trabalho

As perdas da categoria área de trabalho foram as registradas com mais frequência durante esse estudo, sendo os impactos prováveis mais recorrentes a redução da segurança e a diminuição da produtividade. As naturezas dessas perdas estão relacionadas, principalmente, à indisponibilidade de equipamento ou ferramenta adequados. Contudo, algumas perdas ocorrem devido à falta de instrução da mão de obra em relação aos processos, de acordo com o PES da empresa, ou espaço apropriado a realização das tarefas. A seguir são apresentadas algumas ocorrências de *making-do* registradas no canteiro de obras.

A Figura 102 mostra dois casos de perdas por área de trabalho. Na primeira imagem (a) é mostrado o funcionário fazendo o corte de blocos no pavimento em que os funcionários executavam a marcação e elevação da alvenaria estrutural, sem uma bancada de trabalho apropriada. O procedimento correto é realizar os cortes de blocos na central de corte, localizada no térreo de cada torre. Quando questionado sobre o motivo do corte estar sendo feito em local inapropriado, o líder da equipe disse que não havia mão de obra suficiente para locar alguém na central de corte, contudo, o funcionário que realizava a atividade no pavimento poderia fazê-lo na central, indicando que essa ocorrência se deu por uma decisão da mão de obra. O corte das peças no próprio pavimento gera a redução da segurança pois, além do operador não ter uma bancada de trabalho apropriada, a poeira gerada pelo corte é aspirada pelos demais funcionários trabalhando no local. Essa ocorrência ainda impacta na diminuição da produtividade, gera um retrabalho, pois a caliça que deveria ser produzida no térreo deve ser transportada até lá, e ainda pode trazer problemas de qualidade. A segunda (b) e terceira imagem (c) mostram a improvisação da área de trabalho, em que ao invés de utilizar o equipamento adequado, foram usados uma tábua sobre dois cavaletes para o posicionamento da viga pré-moldada sobre a alvenaria estrutural, e blocos cerâmicos empilhados, respectivamente. Essas ocorrências se deram devido à indisponibilidade do equipamento adequado à equipe responsável pela execução, que optou por improvisar o local de trabalho com os recursos disponíveis. Essa perda por *making-do* acarreta na redução da segurança, pois a área de trabalho e a proteção periférica não é adequada, e na redução da produtividade, uma vez que os cavaletes colocados no patamar da escada dificultam a circulação dos funcionários entre os andares, e os blocos cerâmicos empilhados não são adequados para a execução da atividade de retirada das escoras das aberturas. Ambas as ocorrências foram registradas como de risco intermediário.



Figura 102 – Exemplo de perdas da categoria área de trabalho - Estudo Empírico 2

Na categoria instalações provisórias, foram registrados tanques colocados sobre lajes para abastecimento das argamassadeiras durante a execução do reboco. As argamassadeiras podem ser ligadas diretamente à rede fornecedora de água, contudo, a equipe responsável pela execução de reboco projetado utilizou-se desse artifício para poder continuar executando seu serviço caso houvesse falta de água no canteiro. Contudo, a carga causada pelo tanque não foi considerada no cálculo estrutural da laje, gerando esforços não previstos, reduzindo a segurança. Esse tipo de alternativa poderia ter sido levado à equipe de engenharia para definição de local apropriado para colocação da caixa d'água. Na Figura 103 é mostrado um dos casos em que o tanque foi posicionado sobre a laje, mas que para a tubulação encaminhar a água até a argamassadeira foram feitos furos nas paredes, ao invés do uso de curvas para deslocá-la sem prejuízos ao serviço já executado, causando o retrabalho.



Figura 103 - Perdas da categoria instalações provisórias registradas no Estudo Empírico 2

A Figura 104 mostra dois casos registrados na categoria ajuste de componentes. Na primeira imagem, o assentamento dos palitos cerâmicos na parte externa da alvenaria não pôde ser realizado, pois não havia espaço suficiente, uma vez que as barras do graute estavam deslocadas, impedindo o assentamento no local correto. Assim, foi feita a aplicação de graute entre os palitos e a laje, e no local em que o assentamento não foi viável, foi utilizado um pedaço de madeira apoiado por um pedaço de bloco cerâmico como fôrma para realizar o acabamento do setor. A perda foi causada pelo sequenciamento das atividades, e gera a diminuição da qualidade e a redução da produtividade. Na segunda imagem, as passagens para passagem das ferragens do graute na viga estavam deslocadas em relação ao posicionamento das barras na alvenaria. Assim, as barras foram deslocadas com marteladas, formando uma curva, para que pudessem passar pela viga. Esse procedimento também ocorreu devido ao sequenciamento das atividades, e causa a redução da qualidade, uma vez que afeta a transmissão das cargas sem prévio cálculo estrutural.



Figura 104 - Perdas por *making-do* causadas pelo sequenciamento das atividades

5.7 MELHORIAS IMPLEMENTADAS NA FERRAMENTA

Durante a aplicação da ferramenta no Estudo Empírico 2, novas necessidades foram percebidas, e foram solicitadas novas funcionalidades e modificações da ferramenta para a empresa responsável pela programação. Como algumas vezes a implementação dessas melhorias exigiam um tempo muito longo, foram estabelecidas prioridades, e nem todas elas puderam ser implementadas até o final desta pesquisa.

A primeira melhoria implementada foi a possibilidade de apagar atividades informais adicionadas pelo *tablet*, uma vez que erros de cadastro ocorriam, tais como a inserção de atividades no lote errado, e a possibilidade de apagar atividades formais incluídas via *web*,

para as situações em que algum dado era cadastrado incorretamente. Também foi implementada a possibilidade de exclusão de uma data de início ou de fim registrada erroneamente no controle da produção em alguma atividade. Antes da implementação dessas funcionalidades, era preciso anotar os registros que haviam sido feitos equivocadamente e solicitar à empresa de programação que fizesse as alterações necessárias no banco de dados do sistema.

Outra melhoria importante foi relacionada à sincronização dos dados do *tablet* com o servidor, pois alguns dados constavam de forma duplicada, ou havia perda de informação. Esse erro do sistema da ferramenta de TI foi tratado com a necessidade de correção de máxima urgência, uma vez que é primordial para funcionamento do modelo que os dados sejam confiáveis. O erro foi corrigido e a sincronização passou a funcionar adequadamente.

Ainda foram implementados novos gráficos na análise de dados, mostrando os indicadores PPCQ e o PPCR, e adicionado um novo campo no módulo *web*, na aba “improvisações”, que mostram as ocorrências de *making-do*, indicando o tipo de atividade em que foi feito o registro.

Outras funcionalidades foram solicitadas, algumas ainda na concepção da ferramenta, como o registro fotográfico dos pacotes de trabalho reprovados, mas não foram desenvolvidas em tempo hábil. O acesso a documentos, tais como procedimentos, projetos, e memoriais descritivos, não pôde ser testado nesse estudo, pois não estava funcionando adequadamente. A possibilidade de seleção de mais de um impacto no registro de ocorrências de *making-do*, e a seleção de vários lotes ao mesmo tempo para a visualização das atividades a serem controladas, tais como todos os lotes em execução em um mesmo pavimento, por exemplo, também não foram entregues no prazo.

Também houve funcionalidades consideradas importantes para tornar mais fácil o uso da ferramenta que não foram implementadas, tais como o uso de um campo de busca para selecionar a atividade a ser cadastrada no registro de atividades informais, facilitando a sua identificação no *tablet*, assim como um campo para adicionar comentários. Também foi solicitada a criação de uma lista de pendências para a verificação de qualidade de atividades dadas como concluídas, mas que não tiveram a qualidade inspecionada, ou que tiveram a qualidade reprovada, que não pôde ser desenvolvida durante a pesquisa. Já no módulo *web*, foi identificada a necessidade de uso de filtros na janela de consulta à programação semanal

para melhor visualização dos dados, e a possibilidade de registro único para atividades que se repetem em vários lotes, selecionando-se uma atividade, com a equipe correspondente, e vários lotes, gerando tantos pacotes específicos quantos lotes selecionados, facilitando o registro da programação, e o uso do menor lote possível, que também não puderam ser implementadas no tempo disponível.

5.8 DISCUSSÃO DOS INDICADORES COLETADOS

Os principais resultados obtidos nos estudos empíricos desenvolvidos nessa pesquisa são apresentados na Figura 105. Pode-se observar que os valores médios de PPC são bastante baixos em ambos os estudos, evidenciando os problemas de planejamento apontados durante a pesquisa, principalmente devido à implementação incompleta do planejamento em nível de médio prazo, uma vez que muitas atividades com restrições ainda não removidas eram inclusas no planejamento semanal. O indicador PPCR só pôde ser calculado no segundo estudo, devido às dificuldades encontradas nas inspeções de qualidade do estudo empírico 1, evidenciando um dos problemas causados pela falta de integração entre produção e qualidade, que é a quantidade de pacotes de trabalho dados como concluídos pela produção que não tem a qualidade aprovada, gerando atividades posteriores de retrabalho para obter a conclusão efetiva.

Ainda é possível observar que em ambos os estudos a quantidade de pacotes de trabalho informais executados foi bastante elevada, sendo que o PPI alcançou 40% do total de atividades executadas no canteiro de obras (Figura 105). Em relação aos tipos de pacotes de trabalho informais executados nos estudos empíricos, há uma predominância dos pacotes do tipo “novo”, representando aproximadamente 65% dos pacotes de trabalho informais (PIN) executados. Essa elevada ocorrência de pacotes de trabalho do tipo novo é decorrente da falta de um planejamento eficaz, uma vez que diversas equipes trabalhavam no canteiro de obras sem terem suas atividades planejadas nas reuniões semanais de curto prazo. No primeiro estudo, tanto os pacotes de trabalho da categoria falta de terminalidade (PIFT) quanto da categoria retrabalho (PIR) foram registrados como pacotes informais da categoria falta de terminalidade. No segundo estudo empírico, fez-se a diferenciação entre pacotes informais de falta de terminalidade e de retrabalho foi adotada, podendo-se perceber que a quantidade de ocorrência dessas duas categorias é semelhante. O indicador PIR, proposto nessa pesquisa, é calculado pela razão entre a quantidade de pacotes de trabalho informais de retrabalho e

quantidade total de pacotes informais executados, de maneira similar aos indicadores propostos por Leão (2014).

	PRINCIPAIS RESULTADOS	
	Estudo Empírico 1	Estudo Empírico 2
<i>Produção e Qualidade</i>		
PPC	45%	32%
PPCR	-	20%
PPI	43%	44%
PIN	66%	64%
PIFT		18%
PIR	34%	18%
<i>Making-do</i>		
Categoria	Ajuste de Componentes (36%) Área de Trabalho (27%) Equipamentos / ferramentas (14%)	Área de Trabalho (40%) Instalações Provisórias (25%) Ajuste de Componentes (20%)
Natureza	Equipamentos / ferramentas (41%) Espaço (18%)	Equipamentos / ferramentas (30%) Espaço (25%)
Impacto	Redução da Segurança (32%) Diminuição da Produtividade (29%)	Redução da Segurança (36%) Diminuição da Produtividade (28%)

Figura 105 - Resumo dos principais resultados do Estudo Empírico

No primeiro estudo empírico, a obra estava em seus estágios iniciais, sendo os pacotes de trabalho referentes a estrutura moldada *in loco*, elevação de alvenaria estrutural e instalação de estrutura de concreto pré-moldado, instalação de tubulação elétrica e hidráulica. As categorias de *making-do* mais frequentes foram as de ajuste de componentes e área de trabalho, de forma similar aos resultados de trabalhos anteriores (FIREMAN, 2012; LEÃO, 2014; SOMMER, 2010). Já a categoria área de trabalho apareceu de forma mais significativa no estudo de Fireman (2012), que analisou sistemas construtivos similares aos verificados nessa pesquisa em seus estudos exploratórios. Assim, é provável que a ocorrência dessa categoria esteja relacionada às peculiaridades desse sistema construtivo. Muitos pacotes de trabalho referentes a corte de material, como fôrmas, blocos cerâmicos e tubulações hidráulicas, próprias da etapa de execução nesse sistema construtivo, contribuíram para a recorrência de perdas da categoria área de trabalho.

O segundo estudo empírico também estava numa fase de execução mais avançada, tendo diversas atividades relativas instalação de contramarcos, taliscamento e reboco das paredes, fiação, e instalação de estrutura de gesso. A maior ocorrência de perdas por *making-do* foi na categoria área de trabalho, reforçando a ligação entre esse tipo de ocorrência com o sistema construtivo estudo nessa pesquisa. A categoria ajuste de componentes continuou aparecendo

como uma perda significativa, contudo, com uma frequência inferior à categoria área de trabalho.

Em relação à natureza das perdas por *making-do*, a indisponibilidade de equipamentos e ferramentas, e de espaço adequado foram predominantes em ambos os estudos. As perdas ocasionadas pela indisponibilidade de equipamentos e ferramentas adequados estão fortemente relacionados a perdas da categoria área de trabalho, devido à indisponibilidade de bancada de trabalho apropriada, e à categoria equipamentos e ferramentas. Essa relação também foi salientada por Fireman (2012) em um dos seus estudos exploratórios que analisou sistema construtivo similar ao estudado nessa pesquisa, assim como por Leão (2014). Já as perdas ocasionadas por indisponibilidade de espaço adequado estão relacionadas, principalmente, a perdas da categoria acesso/mobilidade, sendo essa relação já apresentada por Sommer (2010). Os impactos causados pelas perdas por *making-do* foram, principalmente, a redução da segurança e a redução da produtividade.

5.9 AVALIAÇÃO DO MODELO DE CONTROLE INTEGRADO

A seguir é apresentada a avaliação do modelo desenvolvido segundo os subconstructos apresentados no item 4.4.5.

5.9.1 Utilidade

A utilidade foi avaliada de acordo com quatro subconstructos: confiabilidade da informação, rastreabilidade da informação, retroalimentação eficaz, e padronização da inspeção.

A avaliação quanto à **confiabilidade da informação** mostrou que a utilização do modelo de controle integrado possibilita um controle confiável, tanto da produção quanto da qualidade, pois evita o esquecimento de conferência de algum serviço. Além da inspeção da qualidade logo após a conclusão dos pacotes de trabalho pela produção, a rotina de coleta de dados, em que todos os lotes são percorridos para controle de pacotes de trabalho informais e perdas por *making-do*, também dificulta a falta de controle sobre as atividades executadas no canteiro. A ferramenta desenvolvida também contribui com a confiabilidade e segurança dos dados, uma vez que os transfere automaticamente para o banco de dados, que os armazena em um servidor *online*.

Na avaliação da **rastreabilidade da informação**, a ferramenta desenvolvida para aplicação do modelo de controle integrado se mostrou eficaz, uma vez que armazena os dados em um

banco de dados, que pode ser acessado para consultar informações, mesmo após a conclusão da construção do empreendimento, podendo ser utilizada na gestão do ciclo de vida da edificação. Contudo, o acesso aos dados pelo módulo *web* é dificultado pela falta de filtros, fazendo com que a consulta seja demorada e cansativa.

No que diz respeito à **retroalimentação eficaz** do modelo, percebeu-se que a inspeção dos critérios de qualidade relacionados aos pacotes de trabalho planejados logo após a sua conclusão pela produção, no próprio canteiro de obras, torna o processo de controle mais eficaz em comparação com o sistema de preenchimento de PVQs em papel. Essas informações são transmitidas ao servidor, assim que a ferramenta é sincronizada, e são disponibilizadas aos envolvidos, possibilitando a tomada de ações corretivas.

Já em relação à **padronização da inspeção**, os resultados da pesquisa indicam que a utilização de procedimentos de inspeção foi apontada como uma das vantagens do modelo proposto, auxiliando, principalmente, na inspeção de critérios de qualidades que não são verificados rotineiramente. A utilização dos procedimentos de inspeção também assegura que a qualidade seja avaliada de forma padronizada, e com as mesmas técnicas por todos os inspetores, assegurando que as exigências estabelecidas pela empresa sejam atendidas.

5.9.2 Facilidade de uso

A facilidade de uso foi avaliada de acordo com dois subconstructos: eficiência e aplicabilidade. Em relação à **eficiência** do modelo, foi dispendido um tempo menor na coleta de dados, em comparação com o processo atual da empresa, uma vez que dois controles são feitos simultaneamente. Foi realizada uma análise do tempo total dispendido para realizar as coletas. Foram controlados pacotes de trabalho em 4 torres de 9 pavimentos cada, ainda na fase de estrutura. Com isso, ao longo da obra, passaram a haver mais pavimentos em execução simultaneamente, ou seja, a quantidade de lotes a serem verificados foi aumentando durante o estudo.

Assim, foi medido o tempo médio dispendido por lote durante as coletas, considerando que o tempo em cada lote é muito variável, dependendo da execução ou não de algum pacote de trabalho, formal ou informal, da ocorrência de alguma perda por *making-do*, e ainda se há inspeções de qualidade a serem realizadas. O tempo médio foi de 2,86 minutos por lote, conforme mostra a Figura 106. Esse tempo foi considerado adequado para a obra estudada, uma vez que quem fazia a aplicação do controle eram, geralmente, dois estagiários, cada um

responsável por duas torres. Ao final da execução da estrutura, eram 18 lotes por torre, ou 36 lotes por estagiário, totalizando um tempo aproximado de 102 minutos de coleta diária para cada um, para realizar o controle integrado entre produção e qualidade.

Data	Duração (min)	Quant. Lotes	Data	Duração (min)	Quant. Lotes
13/04/2015	-	-	27/04/2015	120	48
14/04/2015	110	36	28/04/2015	140	48
15/04/2015	-	-	29/04/2015	90	48
16/04/2015	120	36	30/04/2015	140	48
17/04/2015	80	36	01/05/2015	-	-
20/04/2015	-	-	04/05/2015	130	52
21/04/2015	-	-	05/05/2015	90	52
22/04/2015	140	34	06/05/2015	150	52
23/04/2015	165	44	07/05/2015	140	52
24/04/2015	140	44	08/05/2015	200	52

Duração Total: 1955 min
Quantidade lotes Total: 682

Figura 106 - Tempo dispendido e quantidade de lotes inspecionados no Estudo Empírico 2

No que se refere à **aplicabilidade** do modelo de controle integrado, com o uso de TI em dispositivos móveis, a sua utilização possibilitou o acesso imediato aos critérios de qualidade no canteiro de obras, inclusive dos pacotes de trabalho informais cadastrados em campo, permitindo o acesso à informação necessária, no momento necessário, sem necessidade de deslocamento até o escritório. Esse acesso imediato e automatizado da informação permite acessar, além dos critérios de qualidade das atividades programadas, procedimentos de inspeção, plantas, memoriais descritivos, e cadastrar informações na forma de dados e registros fotográficos.

A **aplicabilidade** foi avaliada não só pela equipe da pesquisa, mas também por gerentes, engenheiros e estagiários da Empresa A. Quando questionados sobre o uso do modelo de controle integrado proposto nessa pesquisa, as respostas obtidas foram “fácil compreensão”, “muito fácil” e “intuitivo”, por exemplo. Quanto à continuação da aplicação do modelo como procedimento da empresa, foi considerado pelos gestores como viável, mas que o mesmo necessitaria de algumas pequenas alterações para estar totalmente adaptado às necessidades da Empresa A. Essas alterações dizem respeito principalmente à opção de avaliar os critérios de qualidade como “aprovado com restrição”. Também deve haver um controle relativo às versões dos procedimentos cadastrados. Essas alterações precisam ser feitas para que os requisitos exigidos para a obtenção das certificações do SiAC do PBQPH e da ISO 9001 sejam mantidos.

Os profissionais da empresa que tiveram contato com o modelo e com sua aplicação através da ferramenta desenvolvida mostraram ter uma boa receptividade e vontade de aplicá-lo na rotina da empresa. A equipe de obra mostrou-se otimista e empolgada com a utilização do modelo de controle integrado ao invés do sistema utilizado atualmente. Os gestores das áreas de planejamento e qualidade também demonstraram interesse em adotar o modelo de controle integrado e a ferramenta desenvolvida como processo da Empresa A, e tem o interesse em adotá-la. A restrição encontrada é referente a ferramenta de TI, que para ser aplicada pela empresa precisa tornar-se mais robusta em relação à base de dados, uma vez que ao possuir uma quantidade maior de dados, o sistema torna-se muito lento, inviabilizando a sua utilização, além de receber alguns ajustes para ajustar-se totalmente às necessidades específicas da Empresa A. Foram destacados pelos entrevistados problemas técnicos, tais como cadastramento lento dos dados via *web*, falta de filtros para o controle integrado no aplicativo para *tablet*, assim como falhas que param o aplicativo, fazendo com que o mesmo precise ser reiniciado.

Outra dificuldade apontada na aplicação do modelo foi a criação de pacotes de trabalho genéricos para utilização no planejamento da produção, e a reorganização de todos os critérios de qualidade presentes nas PVQs dos serviços utilizadas pelo sistema de qualidade da empresa, de acordo com esses pacotes. Também houve uma certa dificuldade na coleta das perdas por *making-do*, tanto devido a coleta de dados contemplar, paralelamente, dados relativos à produção e à qualidade, não sendo focada apenas nas improvisações, quanto na identificação das ocorrências, havendo dúvidas se realmente se referiam a esse tipo de perda, que, muitas vezes são confundidas com falhas de qualidade. Essas dificuldades foram percebidas mesmo com as adaptações realizadas modelo a fim de tornar mais fáceis a identificação deste tipo de perda.

5.10 DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS

O principal resultado da presente pesquisa é a proposição de um modelo de controle integrado entre produção e qualidade que utiliza dispositivos móveis. Pôde-se perceber que a falta de controle integrado entre produção e qualidade dificulta a inspeção de qualidade no momento correto, que deve ser durante a execução do serviço, em alguns casos, ou logo após a sua conclusão pela produção em outros. A não inspeção dos critérios de qualidade no momento correto pode inviabilizar a sua verificação, devido ao sequenciamento das atividades.

Quando não há integração entre os sistemas, e as inspeções de qualidade não são feitas no momento adequado, muitos pacotes de trabalho são dados como concluídos mesmo sem qualidade, ocasionando a necessidade de execução de atividades de retrabalho nas semanas seguintes. Essa falta de integração também dificulta a conferência das condições de início, uma vez que esses critérios devem ser inspecionados antes da execução do serviço e, assim, é preciso saber quais serviços estão planejados. A falta de condições de início adequadas causa problemas de segurança, ocorrências de *making-do* e atividades de retrabalho.

Assim, a presente pesquisa mostra que a integração entre os dois sistemas permite um controle mais rigoroso da qualidade, evitando que alguns pacotes de trabalho não sejam inspecionados, e auxilia no controle da produção, tornando-o mais eficaz, de forma a evitar que tarefas sem qualidade ou com falta de terminalidade sejam dadas como concluídas. Também assegura a qualidade dos pacotes antecessores, auxiliando no planejamento.

Quando os sistemas de planejamento e qualidade das empresas estiverem maduros o suficiente para integrar totalmente os dois sistemas, o único indicador utilizado deve ser o PPCR, de forma que as atividades com a produção concluída sem qualidade sejam consideradas como atividades não concluídas, ou seja, pendentes, e não sejam contabilizadas no indicador. Dessa forma, a empresa terá dados confiáveis, capazes de refletir a real quantidade de pacotes efetivamente concluídos durante a semana.

O método de controle integrado nessa pesquisa foi aplicado com a utilização de uma ferramenta de TI, que possibilitou sua automatização, com o aplicativo desenvolvido para *tablet* e módulo *web*. Apesar da ferramenta desenvolvida facilitar sua aplicação e proporcionar a centralização dos dados no dispositivo móvel, sistemas tradicionais de controle da produção poderiam incorporar algumas ideias do modelo mesmo sem uma ferramenta de TI. Para isso, os critérios de qualidade devem ser divididos de acordo com os pacotes de trabalho planejados, possibilitando a conferência de cada critério no momento adequado, inclusive das condições de início, e o lote de inspeção deve ser o mesmo para a produção e para a qualidade.

Na literatura existente, é possível encontrar diversas pesquisas acerca do planejamento e controle da produção (BALLARD; HOWELL, 2003; BALLARD, 2000; BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 1999) e do controle de qualidade (DALE; WIELE; IWAARDEN, 2007; GARVIN, 2002; PICCHI, 1993). Contudo, há poucos trabalhos que abordaram a

integração entre esses dois sistemas, entre os quais as pesquisas de Leão (2014) e Fireman (2012), que antecederam o presente trabalho.

Comparando-se a ferramenta concebida nessa pesquisa com os demais *softwares* avaliados, as principais limitações da mesma são o fato de não possuir uma base robusta para armazenamento de uma grande quantidade de dados, tornando-se excessivamente lento, e a falta de uma interface gráfica elaborada e elegante. Entretanto, o sistema desenvolvido apresenta as principais funcionalidades para proporcionar a sua aplicação no canteiro de obras, a fim de viabilizar o controle integrado entre produção e qualidade. O principal diferencial entre as demais ferramentas, uma vez que foi concebido e desenvolvido especificamente para aplicação do modelo de controle integrado, é que foi desenvolvido a partir do LPS, diferencia pacotes de trabalho formais e informais, e tem um campo específico para coleta de perdas por *making-do*. A ferramenta ainda tem funcionalidades que permitem o controle das condições de início separado dos demais critérios de qualidade, assim como o cálculo de indicadores específicos do LPS.

Alguns dos *softwares* avaliados permitem a utilização de BIM para a visualização, funcionalidade que não pôde ser incluída na ferramenta desenvolvida. Outra funcionalidade apresentada por alguns dos *softwares* avaliados que não puderam ser implementados na ferramenta da pesquisa foi a possibilidade de exportação dos dados para planilhas digitais, o que facilita a manipulação e análise dos dados.

Pode-se destacar como a presente pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento no que se refere ao controle da produção. O modelo proposto permite separar o controle das condições de início dos demais critérios de qualidade, a fim de permitir sua inspeção antes do início da execução dos serviços, auxiliando na redução de perdas por *making-do*. A coleta de *making-do* também foi simplificada, para reduzir a necessidade de conhecimento por parte do usuário sobre o conceito de *making-do*. De fato, as perdas são tratadas pelo termo “improvisações”, sendo que as categorias são selecionadas em uma lista com descrições pré-estabelecidas. O registro do motivo de ocorrência, impacto e gravidade também foram disponibilizados em listas para a seleção, e ainda havia a possibilidade de incluir uma descrição da perda, e de realizar registros fotográficos. Essa alteração no modelo de controle possibilita que informações que anteriormente não eram mostradas, tornem-se visíveis.

Também foi proposto o uso de procedimentos de inspeção para padronizar as inspeções realizadas, assim como a possibilidade de consulta a outros documentos necessários na realização do controle no canteiro de obras, tais como plantas, procedimentos, e memoriais descritivos, facilitados com o uso da ferramenta de TI desenvolvida. A utilização de *templates* para o cadastro de pacotes de trabalho referentes a diferentes sistema e padrões construtivos visa a adequar o modelo ao processo existente, em que uma diversidade de empreendimentos, com tecnologias e tipologias diferentes, é desenvolvida pela mesma empresa. O principal benefício no uso das *templates* é a simplificação do cadastramento de dados, que é realizado a partir de um modelo base para as diferentes tipologias de empreendimentos desenvolvidos pela empresa.

Outra contribuição relevante é a maior flexibilidade conferida ao modelo com o uso de atividades para a elaboração das programações semanais, possibilitando uma descrição detalhada da tarefa a ser executada, sem a necessidade de cadastramento de novos pacotes genéricos, condições de início, e vinculação à critérios de qualidade. O controle e registro de pacotes de trabalho informais também é uma contribuição para a melhoria do planejamento, uma vez que expõe problemas existentes e indica oportunidades de melhoria. O desenvolvimento da ferramenta de TI para aplicação do modelo também possibilitou a automatização da sincronização de dados entre o módulo para dispositivos móveis e o módulo *web*, assim como a análise dos dados, como o cálculo de indicadores e sua apresentação em forma gráfica.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as principais conclusões obtidas na pesquisa, assim como recomendações para futuros trabalhos que visem contribuir com o avanço do conhecimento sobre o controle integrado entre produção e qualidade.

6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A principal questão de pesquisa desse trabalho é **“como controlar de forma integrada a produção e qualidade, considerando a execução de pacotes formais e informais?”**, para responder à essa questão foi **proposto um modelo de controle integrado da produção e qualidade, vinculado ao Sistema *Last Planner* de Controle da Produção, que permite monitorar a execução de pacotes formais e informais, e perdas por *making-do*, com o uso de dispositivos móveis**, que é o objetivo principal do presente trabalho.

Também puderam ser realizados os objetivos secundários propostos para a pesquisa, uma vez que foi **desenvolvido um sistema de TI capaz de dar suporte à aplicação do modelo proposto, com o uso de dispositivos móveis**, e esse modelo pode ser **testado para avaliação de sua aplicabilidade e usabilidade**.

A partir dos estudos realizados, com a utilização do modelo proposto e da ferramenta de TI desenvolvida, foi possível responder às questões secundárias desdobradas a partir da questão de pesquisa principal. Para responder **“como o uso de dispositivos móveis pode auxiliar na integração entre os controles da produção e qualidade?”**, foram observados os benefícios do modelo proposto durante a aplicação do sistema desenvolvido no estudo empírico. Através do uso de dispositivos móveis foi possível acessar dados referentes tanto à produção quanto à qualidade, no momento necessário. Assim, as condições de início, que são dados relativos à qualidade, podiam ser acessadas antes do início da execução do serviço, por estarem vinculadas ao planejamento da produção. O uso de dispositivos móveis também permitiu que os critérios de qualidade fossem avaliados logo após a conclusão dos pacotes de trabalho pela produção, mostrando se a atividade estava efetivamente concluída, ou seja, concluída com qualidade, sem a necessidade de retrabalho posterior. Para auxiliar no controle integrado, ainda foram propostos procedimentos de inspeção, que tem por finalidade instruir os responsáveis pelas inspeções de qualidade em relação a como cada critério deve ser avaliado,

mostrando a técnica e equipamentos a serem utilizados, assim como tolerâncias aceitáveis. O uso de dispositivos móveis também permite que documentos, como projetos e procedimentos executivos, sejam acessados nos locais e nos momentos necessários.

A aplicação do estudo empírico também possibilitou que a questão **“que dificuldades adicionais a falta de controle sobre os pacotes informais e perdas por *making-do* impõem ao controle efetivo da produção e qualidade?”** fosse respondida. Os resultados dos estudos mostram que a falta de controle sobre os pacotes informais faz com que vários desses pacotes de trabalho não tenham sua qualidade verificada no momento adequado, muitas vezes acarretando na impossibilidade de uma inspeção futura, devido ao sequenciamento das atividades. A falta de controle sobre os pacotes de trabalho informais também afeta a qualidade do planejamento, uma vez que sem o registro dos serviços que foram efetivamente executados, pacotes de trabalho já concluídos, executados informalmente, podem aparecer no planejamento semanal de semanas posteriores. As ocorrências de *making-do* refletem serviços que iniciaram mesmo sem que todas as condições de início necessárias estivessem disponíveis, causando perdas que, sem o devido registro, podem não ser corrigidas. A falta de controle sobre as perdas por *making-do* permite que impactos negativos na construção continuem ocorrendo, como a redução da segurança, que pode ocasionar embargos, a falta de qualidade, que gera atividades de retrabalho, e a diminuição da produtividade.

Finalmente, os estudos empíricos realizados nessa pesquisa também permitiram a resposta à questão **“como o uso de dispositivos móveis no controle integrado da produção e qualidade pode auxiliar na redução das perdas por *making-do*?”**. O método proposto, com a utilização da ferramenta de TI desenvolvida, possibilitou que as informações referentes às condições de início fossem acessadas no momento adequado, antes da execução dos serviços planejados, prevenindo a ocorrência de perdas por *making-do*. Os dispositivos móveis também permitiram o registro das perdas identificadas, com a inserção de dados descritivos e registros fotográficos, contribuindo para uma discussão mais clara das perdas ocasionadas pelas improvisações.

No modelo desenvolvido nessa pesquisa, foi utilizada uma forma simplificada de coleta de *making-do*, desenvolvida a partir do método proposto por Sommer (2010) e refinado por

Fireman (2012), em que a categoria e natureza eram selecionadas a partir de frases descritivas, e não somente com base na designação de cada uma delas.

Ainda foram adicionados como possíveis impactos causados pelas perdas por *making-do*, a inovação, já salientada por Fireman (2012) e o custo desnecessário, impacto observado em algumas perdas registradas nesse estudo.

Os dois estudos empíricos também possibilitaram ampliar o modelo proposto por Leão (2014) para empreendimentos com tipologia diferente daquela estudada pela referida autora. Foi possível realizar a aplicação do seu modelo neste outro contexto após algumas adaptações.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base na pesquisa realizada, foram propostos futuros trabalhos acerca do controle integrado entre produção e qualidade:

- a) Ampliar o modelo de controle integrado proposto, realizando o planejamento de médio prazo, com a identificação e remoção das restrições.
- b) Aplicar o modelo de controle integrado em outros contextos, considerando somente o PPCR como indicador de produção, de forma a avaliar pacotes de trabalho executados sem qualidade, como pacotes de trabalho não concluídos.
- c) Melhorar a ferramenta de TI criada nessa pesquisa, tornando-a mais robusta e confiável, assim como incluindo funcionalidades que suportem o controle integrado entre produção e qualidade.
- d) Utilizar a tecnologia BIM para facilitar a visualização dos processos em execução, como o *status* da produção e da qualidade, localização de equipes e dos tipos de pacotes de trabalho em execução.
- e) Utilizar a tecnologia de Realidade Aumentada para auxílio de verificações de conformidade.

REFERÊNCIAS

- AHSAN, S. et al. Mobile technologies for improved collaboration on construction sites. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 3, n. 4, p. 257–272, 2007.
- AKINCI, B. et al. A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control. **Automation in Construction**, v. 15, n. 2, p. 124–138, 2006.
- ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural : uma análise da relação de causa e efeito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ALSEHAIMI, A. O.; FAZENDA, P. T.; KOSKELA, L. Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 21, n. 1, p. 51–64, 2013.
- ALVES, T. DA C. L. **Diretrizes para gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra: proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.
- ASSUMPCÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: improving downstream performance. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam, Netherlands: Balkema, 1997. p. 111–125.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. G. **An update on last planner** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 11, 2003, Blacksburg. **Anais...** Blacksburg, Virginia, United States: IGLC, 2003 Disponível em:
<[http://www.leanconstruction.dk/media/16974/An Update on Last Planner.pdf](http://www.leanconstruction.dk/media/16974/An%20Update%20on%20Last%20Planner.pdf)>
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering: University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BARTZ, C. F. **Identificação de melhorias no processo de controle da qualidade em empreendimentos habitacionais de baixa renda**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BERNARDES, M. M. E S. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BERR, L. R. Proposta de um método para coleta, processamento e análise de dados da qualidade em obras de habitação de interesse social por parte de um agente externo à produção. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BIJ, H. VAN DER; EKERT, J. H. W. VAN. Interaction between production control and quality control. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 7, p. 674–690, 1999.

BOWDEN, S. et al. **Making the Case for Mobile IT in Construction** (L. Soibelman, F. Peña-Mora, Eds.)In: ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering, 2005, Cancun. **Anais...**Cancun, Mexico: American Society of Civil Engineers, 24 jun. 2005Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40794\(179\)46](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40794(179)46)>

BOWDEN, S.; THORPE, A.; BALDWIN, A. **Usability testing of hand held computing on a construction site**In: CIB W78 International Conference on IT for Construction, 20, 2003, Waiheke Island. **Anais...**Waiheke Island, New Zealand: University of Auckland, 2003

BRASIL. **Ministério de Estado do Planejamento e Orçamento. Portaria n. 134 Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Civil - PBQP-H**, 1998. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download_doc.php>

BRASIL. **Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação.**Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.sst.sc.gov.br/arquivos/id_submenu/230/avancos.pdf>

BRASIL. **Ministério das Cidades. Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC**, 2012. Disponível em: <http://www.pbqp-h.com.br/arquivos/download/Regimento_SiAC_completo.pdf>

BRASIL. **Minha Casa Minha Vida atinge 3,857 milhões de moradias — Portal Brasil.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/05/minha-casa-minha-vida-atinge-3-857-milhoes-de-moradias>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

BRITO, J. N. D. S. **Retroalimentação do processo de desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social a partir de reclamações de usuários: estudo no Programa de Arrendamento Residencial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. **O papel do Planejamento e Controle da Produção em Obras de tipologias diferentes**In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4, 2005, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre, Brasil: UFRGS, 2005

- CAMAROTTO, J. A. **Estudo das relações entre o projeto de edifícios industriais e a gestão da produção**. Tese (Doutorado) – FAU/USP: Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- CAMBRAIA, F. B. **Gestão Integrada entre Segurança e Produção: aperfeiçoamentos em um modelo de planejamento e controle**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- CHEN, Y.; KAMARA, J. M. Using mobile computing for construction site information management. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 15, n. 1, p. 7–20, 2008.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- DALE, B. G.; WIELE, T. VAN DER; IWAARDEN, J. VAN. **Managing Quality**. 5. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.
- DAVE, B.; BODDY, S.; KOSKELA, L. **Improving information flow within the production management system with web services**In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 18, Haifa. **Anais...**Haifa, Israel: National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology, 2010Disponível em: <<http://usir.salford.ac.uk/9581/>>
- DAVIES, R.; HARTY, C. Implementing “Site BIM”: A case study of ICT innovation on a large hospital project. **Automation in Construction**, v. 30, p. 15–24, 2013.
- FERREIRA, J. S. W. **Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano**. 1ª. ed. São Paulo: LABHAB; FUPAM, 2012.
- FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil: [s.n.].
- FORMOSO, C. T. et al. Material Waste in Building Industry : Main Causes and Prevention. **Journal of Construction Engineering and Management, ASCE**, v. 128, n. 4, p. 316–325, 2002.
- GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

- GEERTS, G. L. A design science research methodology and its application to accounting information systems research. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 12, n. 2, p. 142–151, 2011.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Um sistema para classificar e codificar os trabalhos que relacionam o controle da produção e o controle da qualidade. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 1, p. 89–107, 2003.
- HEINLOTH, S. Measuring Quality's Return on Investment - Is your quality system earning its keep? **Quality digest**, v. 20, n. 2, p. 26–29, 2000.
- HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A. Bridging practice and theory: a design science approach. **Decision Sciences**, v. 40, n. 1, p. 65–87, 2009.
- HOWELL, G.; MACOMBER, H. A guide for new users of the Last Planner™ System nine steps for success. **Lean Project Consulting, Inc**, p. 21, 2002.
- INGASON, H. T. Best Project Management Practices in the Implementation of an ISO 9001 Quality Management System. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 194, p. 192–200, 2 jul. 2015.
- IRIZARRY, J. et al. InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing building information through a situation awareness approach. **Automation in Construction**, v. 33, p. 11–23, 2013.
- IRIZARRY, J.; GILL, T. **Mobile Applications for Information Access on Construction Jobsites** (C. H. Caldas, W. J. O'Brien, Eds.) In: ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering. **Anais...Austin, TX, United States: American Society of Civil Engineers**, 19 jun. 2009 Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41052\(346\)18](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41052(346)18)>
- IRIZARRY, J.; KARAN, E. P.; JALAEI, F. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. **Automation in Construction**, v. 31, p. 241–254, 2013.
- KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, p. 243–264, 1993.
- KIM, C. et al. On-site construction management using mobile computing technology. **Automation in Construction**, v. 35, p. 415–423, 2013.
- KIMOTO, K. et al. The application of PDA as mobile computing system on construction management. **Automation in Construction**, v. 14, n. 4, p. 500–511, 2005.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report, n 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Thesis (Ph.D): Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. **Making do - the eighth category of waste**In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Helsingor. **Anais...Helsingor**, Dinamarca: IGLC, 2004Disponível em: <<http://usir.salford.ac.uk/9386/>>

KOSKELA, L.; HOWELL, G. **The underlying theory of project management is obsolete**In: Project Management Institute Research Conference, 2002, Seattle. **Anais...Seattle**, United States: PMI, 2002

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v. 5, n. 3, p. 243–266, 1987.

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: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LOVE, P. E. D.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management and Economics**, v. 18, n. 4, p. 479–490, jun. 2000.

LUKKA, K. **The Constructive Research Approach** (L. Ojala, O.-P. Hilmola, Eds.)In: Case study research in logistics. **Anais...Turku**: Turku School of Economics and Business Administration, 2003

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, dez. 1995.

MARTINS, R. A.; SACOMANO, J. B. Integração, Flexibilidade e Qualidade: os caminhos para um novo paradigma produtivo. **Gestão & Produção**, v. 1, p. 153–170, 1994.

MERCES, S. DO S. S. DAS; TOURINHO, H. L. Z.; LOBO, M. A. A. Locação social no Centro Histórico de Belém: investigação introdutória. **Caderno CRH**, v. 27, p. 299–311, 2014.

MEŽA, S.; TURK, Ž.; DOLENC, M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. **Automation in Construction**, v. 42, p. 1–12, 2014.

MORAN, M. **Assessing the benefits of field data management tool**. Master thesis (Master in Engineering) Structural Engineering - Construction management and engineering: Delft University of Technology, Delft, 2012.

MOURA, C. B. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2008.

MOURA, C. B.; FORMOSO, C. T. Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 3, p. 57–74, 2009.

MULLIN, L. **BIM 360 Field Keynote speech this Wednesday in San Diego - Beyond Design: the Construction and BIM blog**. Disponível em:

<<http://beyonddesign.typepad.com/posts/2012/11/bim-360-field-keynote-speech-this-wednesday-in-san-diego.html>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, n. 11, p. 69–81, 2008.

NOURBAKSH, M. et al. **Mobile Application Information Requirement in Construction Industry** (S. M. Ahmed, Ed.) In: Sixth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-VI) “Construction Challenges in the New Decade”. **Anais...** Kuala Lumpur, Malaysia: 2011 Disponível em: <<http://conectech.gatech.edu/Publications/Mehdi.pdf>>

NOURBAKSH, M. Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 474–494, 2012.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OURPLAN. **Introducing... ourPlan Track**. Disponível em: <<http://our-plan.com/track>>. Acesso em: 2 set. 2014.

PICCHI, F. A. **Sistemas de Qualidade: uso em empresas de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil): Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. **Sistemas de qualidade na construção de edifícios** **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - BT/PCC/104**. São paulo: [s.n.].

PURAO, S.; STOREY, V. C. Evaluating the adoption potential of design science efforts: The case of APSARA. **Decision Support Systems**, v. 44, n. 2, p. 369–381, 2008.

RANZANI, C. **Diretrizes para planejamento e implementação de sistema de gestão integrada em empresas da construção civil**. Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista.: Faculdade de Engenharia, Bauru, 2011.

RECK, R. H. **Proposta de método para integração da simulação de eventos discretos e visualização BIM 4D no projeto do sistema de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RIGHI, M. DE M.; ISATTO, E. L. **Sistema de controle da qualidade e planejamento de curto prazo na construção civil: integração e compartilhamento de informações** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 7, 2011, Belém. **Anais...** Belém: SIBRAGEC, 2011

RONEN, B. The complete kit concept. **The International Journal of Production Research**, v. 30, n. 10, p. 2457–2466, 1992.

RUSSELL, M. M. et al. Case Studies of the Allocation and Reduction of Time Buffer through Use of the Last Planner System. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 2, p. 04014068, fev. 2015.

SACKS, R. et al. KanBIM Workflow Management System: Prototype implementation and field testing. **Lean Construction Journal**, n. 2012, p. 19–35, 2013.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641–655, 2010.

SANTOS, L. A. DOS. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2003.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; GUIMARÃES, L. B. M. Segurança e produção: um modelo para o planejamento e controle integrado. **Produção**, v. 12, n. 1, p. 60–71, 2002.

SCHRAMM, F. K. **Projeto de Sistemas de Produção na Construção Civil Utilizando Simulação Computacional como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2009.

SHEN, Z.; JIANG, L. **An Augmented 3D iPad Mobile Application for Communication, Collaboration, and Learning (CCL) of Building MEP Systems**In: International Conference on Computing in Civil Engineering. **Anais...**Clearwater Beach, United States: American Society of Civil Engineers, 11 jun. 2012Disponível em:
<<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412343.0026>>

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SOARES, A. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Trabalho de Conclusão (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia: Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Porto Alegre, 2003.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SON, H. et al. Toward an understanding of construction professionals' acceptance of mobile

computing devices in South Korea: An extension of the technology acceptance model. **Automation in Construction**, v. 28, p. 82–90, 2012.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Trabalho de Conclusão (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia: Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Porto Alegre, 2005.

VAN AKEN, J. E. Management Research on the Basis of the Design Paradigm: the Quest for Field-tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

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**San DiegoIGLC, , jul. 2012.

VICO. **Vico Office Production Controller | On-Site Production Control | Construction Management**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-production-controller/tabid/225520/Default.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2015a.

VICO. **Vico Office | Integrated 3D-4D-5D BIM for Construction**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/trimble-buildings/vico-office-integrated-3D-4D-5D-BIM-for-Construction/tabid/310953/Default.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2015b.

WANG, X. et al. A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. **Automation in Construction**, v. 34, p. 37–44, 2013.

WANG, X. et al. Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. **Automation in Construction**, v. 40, p. 96–105, 2014.

WINCH, G. M. **Managing construction projects**. 2nd. ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2012.

YATES, J. K.; LOCKLEY, E. E. Documenting and Analyzing Construction Failures. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 1, p. 8–17, 2002.

YEH, K.; TSAI, M.; KANG, S. On-Site Building Information Retrieval by Using Projection-Based Augmented Reality. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 26, n. 3, p. 342–355, maio 2012.

YIN, R. K. **Estudo De Caso: Planejamento e métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEN, T. H. **Diretrizes para o uso de tecnologia da informação no gerenciamento das informações do processo de planejamento e controle da produção**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós Graduação em Construção Civil: Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NOS
ESTUDOS EMPÍRICOS 1 E 2

ENTREVISTA – ESTUDO EMPÍRICO 1

Nome:

Formação:

Função:

Data:

QUESTIONÁRIO:

1. Nas verificações de qualidade realizadas no canteiro de obras, você encontra serviços que não podem ter a qualidade verificada em função da execução de um serviço posterior já ter sido executado? Pode citar as ocorrências mais frequentes?
2. Como você organiza e realiza a conferência dos itens de inspeção da qualidade? Você leva a PVQ para o canteiro? Porque?
3. Como você realiza a verificação das condições de início? Em que momento? Os serviços que não possuem as condições necessárias são “travados”?
4. Como você sabe qual serviço deve ser verificado no canteiro?
5. Você faz algum tipo de controle das atividades planejadas semanalmente?
6. Qual sua avaliação quanto ao acesso dos responsáveis pelas verificações de qualidade à procedimentos de inspeção, com as instruções sobre como deve ser feita a avaliação e quais critérios devem ser utilizados na avaliação?
7. Quais as principais dificuldades encontradas na realização das atividades de controle?
8. Quais benefícios você vê no controle integrado entre produção e qualidade?

ENTREVISTA – ESTUDO EMPÍRICO 2

Nome:

Formação:

Função:

Data:

QUESTIONÁRIO:

1. Quais as facilidades apresentadas pelo modelo em relação aos atuais procedimentos de controle da produção e da qualidade?
2. Quais dificuldades foram enfrentadas ao utilizar o modelo?
3. O modelo é de fácil compreensão para novos usuários?
4. O modelo apresentou alguma falha/problemas durante o seu uso?
5. Como você avalia a visualização das informações no banco de dados e no *tablet*?
6. Quais melhorias você sugere que sejam realizadas no modelo de controle integrado?