

**Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e
Infraestrutura**

Fabiana Maria Bonesi De Luca

**Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle
Baseado em Localização**

Porto Alegre
2022

FABIANA MARIA BONESI DE LUCA

**INTEGRAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO AO
PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADO EM
LOCALIZAÇÃO**

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

Prof. Carlos Torres Formoso
PhD pela University of Salford,
Grã Bretanha
Orientador

Profa. Iamara Rossi Bulhões
Doutora pela Universidade Estadual de
Campinas, Brasil
Coorientadora

Porto Alegre
2022

FABIANA MARIA BONESI DE LUCA

**INTEGRAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO AO
PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADO EM
LOCALIZAÇÃO**

Esta dissertação de mestrado foi julgada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, área de pesquisa Gestão e Economia da Construção, e aprovada em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 2022.

Prof. Carlos Torres Formoso
PhD pela University of Salford,
Grã Bretanha
Orientador

Profa. Iamara Rossi Bulhões
Doutora pela Universidade Estadual de
Campinas, Brasil
Coorientadora

Prof. Ângela Moura Danilevicz
Coordenadora do PPGCI/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Elvira Maria Vieira Lantelme (ATITUS)
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Fernanda Aranha Saffaro (UEL)
Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Prof. Tarcisio Abreu Saurim (UFRGS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico este trabalho aos meus pais e ao Giovani pelo
imensurável apoio, paciência e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por estar presente em todos os momentos, por cuidar de tudo. Agradeço pela providência, em forma de pessoas e circunstâncias, que jamais falhou.

Aos meus pais, George e Marlene, pelo apoio incondicional ao longo de toda minha vida. Por me possibilitarem uma excelente formação, desde sempre. Agradeço por todos os valores e princípios que formam meu caráter.

Aos meus irmãos, Daniela e Eduardo, por se fazerem presentes independente da distância física. Por me ensinarem tanto sobre compaixão, empatia e generosidade.

Ao Giovani, pelo incentivo diário, pela paciência, pelo amor e parceria. Agradeço por lembrar que meus objetivos também são seus.

Ao professor Carlos Torres Formoso, pela orientação, paciência, elogios e críticas. Agradeço, sobretudo, por sua contribuição na minha formação profissional e pela confiança durante tantos anos.

À professora Iamara Bulhões, pelo conhecimento compartilhado, pelas ideias e *insights* ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Às empresas que abriram as portas e possibilitaram a realização deste estudo, em especial ao engenheiro Guilherme Martini e ao estagiário Victor Paczko, por toda a disponibilidade de tempo e recursos, pelas discussões positivas e aprendizados práticos.

Obrigada família NORIE pelo acolhimento durante tantos anos. Especialmente ao colega e amigo Fabrício de Vargas, pela troca de ideias e experiências, pelo entusiasmo e parceria no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também à amiga Manoela Conte, pelas preciosas dicas de como organizar a dissertação. Cada contribuição vinda de vocês foi essencial.

Agradeço à Karina Barth, por compartilhar seu conhecimento e por suas valiosas lições. Agradeço pela confiança e por acreditar no potencial desse trabalho.

“Se você não sabe para onde ir, qualquer caminho serve.”

(Lewis Carroll)

RESUMO

DE LUCA, F. M. B. **Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle Baseado em Localização**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

A necessidade de lidar com a complexidade tem sido cada vez mais parte do trabalho diário na gestão de empreendimentos de construção. Nesse contexto, as interações entre os componentes inter-relacionados dão origem a variabilidade e incerteza, impactando negativamente no desempenho dos projetos quando não são geridas de forma eficaz. Nesse sentido, o Trabalho Padronizado (TP) é conhecido como um dos conceitos fundamentais do Sistema Toyota de Produção, tendo um papel chave como referência para a melhoria contínua, por meio da participação dos funcionários no desenvolvimento e especificação dos trabalhos. A aplicação do TP possibilita a obtenção de um fluxo de trabalho mais estável e previsível, uma vez que confere ritmo às operações por meio da sincronização em relação ao *takt time*. Apesar de ser frequentemente abordado pela indústria da manufatura, esse tema não tem sido suficientemente explorado na indústria da Construção. O *takt time* é um dos elementos básicos do TP e está presente nos métodos de planejamento e controle baseado em localização, os quais visam criar o fluxo de trabalho dos processos da construção por meio de um ritmo de produção. A abordagem de planejamento e controle baseado em localização conhecida por *Takt Time Planning* (TTP) vem sendo discutida na literatura, tendo como característica a perspectiva colaborativa, envolvendo diretamente os próprios trabalhadores que executam as atividades. No TTP processos de produção repetitivos são identificados e sincronizados para permitir um fluxo mais estável e uniforme. Já o TP possibilita essa sincronização, uma vez que permite o balanceamento da carga de trabalho entre diferentes trabalhadores ou equipes, com base no *takt time*. Assim, a definição do TP pode ser realizada em conjunto com os processos colaborativos envolvido no TTP, possibilitando a sincronização de processos inter-relacionados. Nesse sentido, o presente trabalho propõe um método para a integração do TP ao PCP baseado em localização. *Design Science Research* foi a abordagem metodológica utilizada, sendo conduzido um estudo exploratório e um estudo empírico em empresas atuantes no mercado imobiliário. Concluiu-se que a integração do TP ao PCP baseado em localização permitiu aumentar o grau de padronização dos processos e promoveu uma tendência à sincronização dos processos, possibilitando lidar de forma eficaz com a variabilidade, diminuir as incertezas, aumentar a confiabilidade e melhorar a eficiência dos processos. De uma forma geral, esta pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento da operacionalização do TP no contexto da construção civil de forma integrada ao PCP baseado em localização, da adaptação dos elementos do TP considerados na manufatura e do uso da folga, como um elemento do TP, para proteger a produção do impacto nocivo da variabilidade.

Palavras-chave: Trabalho Padronizado. Planejamento e Controle Baseado em Localização. *Takt Time*. Folgas.

ABSTRACT

DE LUCA, F. M. B. **Integration of Standardized Work to Location-Based Planning and Control**. 2022. Dissertation (Master of Science in Civil Engineering) - Postgraduate Program in Civil Engineering: Construction and Infrastructure, Engineering School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

The need to deal with complexity has been increasingly part of the daily work in construction project management. In this context, interactions between interrelated components give rise to variability and uncertainty, negatively impacting project performance when not managed effectively. In this sense, Standardized Work (SW) is known as one of the fundamental concepts of the Toyota Production System, playing a key role as a reference for continuous improvement through employee participation in the development and specification of the works. The application of SW makes it possible to obtain a more stable and predictable workflow, as it establishes the rhythm of operations through the synchronization in relation takt time. Despite being frequently approached by the manufacturing industry, this topic has not been fully explored in the construction industry. Takt time is one of the elements of SW and is present in Location-based Planning and Control methods, which aim to create the workflow of construction processes through a production rhythm. The Location-Based Planning and Control approach known as Takt Time Planning (TTP) has been discussed in the literature for adopting a collaborative approach, directly involving workers who execute construction activities. In TTP repetitive production processes are identified and synchronized to allow a more stable and uniform flow. SW enables this synchronization, as it allows the balancing of the workload between different workers or teams, based on takt time. Thus, the definition of SW can be made together with the collaborative process involved in TTP, enabling the synchronization of interrelated processes. The aim of this research work is to propose a method for the integration of SW to Location-Based Planning and Control. Design Science Research was the methodological approach adopted in this investigation, in which an exploratory study and an empirical study were carried out in real estate companies. It was concluded that the integration of SW to Location-Based Planning and Control made it possible to increase the degree of standardization of processes and synchronize them, enabling an improvement in the management of variability, which reduced uncertainties, increased reliability and improved process efficiency. In general, this research contributed to the advancement of knowledge by the operationalization of SW in the context of construction projects, through the integration to Location-Based Planning and Control, and the adaptation of the elements of SW considered in manufacturing, and the use of slack as an element of SW, to protect production from the harmful impact of variability.

Keywords: Standardized Work. Location-Based Planning and Control. Takt Time. Slack.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção	25
Figura 2 – Estrutura da Produção	29
Figura 3 – Relação dos fluxos na construção	47
Figura 4 – Comparação entre LBMS e TTP.....	51
Figura 5 – Delineamento da Pesquisa.....	54
Figura 6 - Implantação do Empreendimento E1	58
Figura 7 - <i>Layout</i> dos apartamentos	59
Figura 8 – Atividades do Estudo Exploratório	60
Figura 9 – Implantação do Empreendimento E2	65
Figura 10 – Tipologias dos apartamentos.....	65
Figura 11 – Atividades do Estudo Empírico.....	67
Figura 12 – Desdobramento dos constructos Utilidade e Facilidade de Uso.....	72
Figura 13 – Plano de Médio Prazo	74
Figura 14 – Plano de Curto Prazo.....	75
Figura 15 – Plano de Longo Prazo do Empreendimento E1	76
Figura 16 – Lotes de produção do forro de gesso do empreendimento E1	79
Figura 17 – Apartamentos do lado B da torre 2.....	79
Figura 18 – Tabulação dos dados	82
Figura 19 – Distribuição das atividades	83
Figura 20 – Divisão do tempo (atividades do ciclo e perdas) – Estado Atual	84
Figura 21 – Folha de estudo do processo.....	87
Figura 22 – Gráfico do Estado Ideal.....	87
Figura 23 – Plano detalhado para o forro de gesso do lado A da Torre 3.....	89
Figura 24 – Cartão visual para o segundo dia do ciclo – Turno Manhã	91
Figura 25 – Adaptações das etapas do método de Mariz (2012) e Mudanças Propostas.....	95
Figura 26 – Filtro das atividades do médio prazo.....	98
Figura 27 – Plano de ação	98
Figura 28 – Plano de Curto Prazo da Empresa B	99
Figura 29 – Escadinha	100
Figura 30 – Planejamento de Longo Prazo.....	102
Figura 31 – Conjunto de atividades selecionado para o estudo	105
Figura 32 – Transcrição do Plano Elaborado no MS Project x Estado Atual	112
Figura 33 – Propostas Estado Futuro.....	113
Figura 34 – Estado Atual – Forro de Gesso.....	114
Figura 35 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Forro de Gesso.....	115
Figura 36 – Estado Atual – Impermeabilização e Proteção Mecânica	116
Figura 37 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Impermeabilização e Proteção Mecânica	117
Figura 38 – Estado Atual – Azulejo e Piso Cerâmico	118
Figura 39 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Azulejo e Piso Cerâmico	119
Figura 40 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Forro de Gesso.....	122
Figura 41 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Impermeabilização e Proteção Mecânica	122
Figura 42 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Azulejo e Piso Cerâmico	123
Figura 43 – Exemplos de estratégias visuais	124
Figura 44 – Mapeamento Diário das Atividades	125
Figura 45 – Matriz de Controle do <i>Status</i> da Produção.....	127
Figura 46 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Forro de Gesso.....	129
Figura 47 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Impermeabilização e Proteção Mecânica	130
Figura 48 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Azulejo e Piso Cerâmico	132
Figura 49 – Desvio de Ritmo e Tempo de Ciclo Reais – Conjunto de Processos Inter-relacionados	133
Figura 50 – Macro etapas do método	138
Figura 51 – Método para Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle Baseado em Localização.....	139
Figura 52 – Comparação entre trabalhos anteriores e o método proposto.....	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propostas de melhorias para colocação e aparafusamento das placas	85
Tabela 2 - Propostas de melhorias para aplicação de massa e fita.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM: *Building Information Modeling*
DSR: *Design Science Research*
FEP: Folha de Estudo de Processo
FVS: Ficha de Verificação de Serviço
IT: Instrução de Trabalho
JIT: *Just in Time*
KC: *Kit Completo*
LBMS: *Location-Based Management System*
LOB: *Line of Balance* – Linha de Balanço
LPS: *Last Planner System* – Sistema *Last Planner*
NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Construção
PCP: Planejamento e Controle da Produção
PPC: Percentual de pacotes completos
SGQ: Sistema de Gestão da Qualidade
STP: Sistema Toyota de Produção
TP: Trabalho Padronizado
TTP: *Takt Time Planning*
TWI: *Training Within Industry*
WIP: *Work in progress* – Trabalho em progresso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMA PRÁTICO	15
1.2	CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA	21
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA	22
1.5	DELIMITAÇÕES	22
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2	GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)	24
2.2	SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS COMPLEXOS	27
2.3	CONCEITOS BÁSICOS DA <i>LEAN PRODUCTION</i>	28
2.3.1	Processos e Operações.....	28
2.3.2	Perda.....	30
2.3.2.1	Making-do.....	31
2.3.2.2	Trabalho em Progresso (WIP)	32
2.3.2.3	Falta de terminalidade.....	33
2.3.3	<i>Slack</i>.....	33
2.4	VARIABILIDADE	36
2.5	TRABALHO PADRONIZADO	37
2.5.1	Origens Históricas do Trabalho Padronizado.....	37
2.5.2	Definição do Trabalho Padronizado no Sistema Toyota de Produção.....	37
2.5.2.1	Takt Time.....	39
2.5.2.2	Sequência Padrão de Atividades	41
2.5.2.3	Estoque Padrão	41
2.5.3	Ferramentas do trabalho padronizado	42
2.5.4	Aplicações do TP no Contexto da Construção Civil	42
3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	44
3.1	SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	44
3.2	<i>LAST PLANNER SYSTEM</i> (LPS).....	44
3.3	PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADO EM LOCALIZAÇÃO...	46

3.3.1	<i>Location-Based Management System (LBMS)</i>	48
3.3.2	<i>Takt Time Planning (TTP)</i>	49
3.3.3	Comparação entre LBMS e TTP	51
4	MÉTODO	52
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	52
4.2	DELINEAMENTO	53
4.3	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS	57
4.3.1	Estágio 1 – Estudo exploratório	57
4.3.1.1	Descrição da Empresa A	57
4.3.1.2	Descrição do Empreendimento E1	58
4.3.1.3	Descrição das atividades realizadas	59
4.3.2	Estágio 2 – Estudo empírico	64
4.3.2.1	Descrição da Empresa B	64
4.3.2.2	Descrição do Empreendimento E2	64
4.3.2.3	Descrição das atividades realizadas	66
4.4	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	71
5	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	73
5.1	ESTÁGIO 1 – ESTUDO EXPLORATÓRIO	73
5.1.1	Diagnóstico	73
5.1.1.1	Sistema de Planejamento e Controle da Produção existente na Empresa A... 73	
5.1.1.2	Sistema de Gestão da Qualidade existente na Empresa A..... 75	
5.1.1.3	Análise do Empreendimento E1	76
5.1.2	Processo analisado: Forro de Gesso	78
5.1.3	Processamento e Análise de Dados Coletados	80
5.1.3.1	Compreensão do conteúdo de trabalho do processo	80
5.1.3.2	Acompanhamento da execução do forro de gesso	82
5.1.3.3	Análise dos Dados	83
5.1.4	Proposta de Melhorias	89
5.1.4.1	Discussão de melhorias e padronização da rotina de trabalho..... 89	
5.1.4.2	Apresentação da rotina padronizada para gestão e equipes de trabalho	90
5.1.4.3	Acompanhamento do 2º ciclo	90
5.1.5	Avaliações e Discussões Finais	91
5.1.6	Reflexões acerca do método proposto por Mariz (2012)	92
5.1.7	Contribuições do estudo exploratório	94
5.2	ESTÁGIO 2 – ESTUDO EMPÍRICO.....	97

5.2.1 Diagnóstico.....	97
5.2.1.1 Sistema de Planejamento e Controle da Produção existente na Empresa B ...	97
5.2.1.2 Sistema de Gestão da Qualidade existente na Empresa B	100
5.2.1.3 Tecnologias Digitais utilizadas na Empresa B	101
5.2.1.4 Análise do Empreendimento E2	102
5.2.2 Refinamento e Implementação.....	104
5.2.2.1 Seleção do Conjunto de Atividades a serem analisadas	104
5.2.2.2 Processamento dos Dados Coletados.....	105
5.2.2.3 Análise dos Dados Coletados	111
5.2.2.4 Implementação e Controle do Trabalho Padronizado.....	120
5.2.2.5 Acompanhamento do Trabalho Padronizado e do Controle do <i>Status</i> da Produção	126
5.2.3 Contribuições do estudo empírico e reflexões sobre as lições aprendidas	134
6 MÉTODO DE INTEGRAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO	
AO PCP BASEADO EM LOCALIZAÇÃO.....	138
6.1 VISÃO GERAL DO MÉTODO	138
6.1.1 Diretrizes para Identificação dos Componentes do <i>kit</i> padrão.....	146
6.1.2 Diretrizes para projetar a Folga na proposta do Trabalho Padronizado.....	148
6.2 AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO	149
6.2.1 Utilidade.....	149
6.2.2 Facilidade de Uso	150
6.3 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS	152
7 CONCLUSÕES	154
7.1 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO	154
7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHO FUTUROS	157
REFERÊNCIAS	158
APÊNDICE A	169
APÊNDICE B	171
APÊNDICE C	173
APÊNDICE D	175
APÊNDICE E	177
APÊNDICE F.....	179

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo inicia com a descrição do problema prático, que também se configurou como a motivação para este trabalho. Após, são apresentados o contexto e o problema de pesquisa (lacuna do conhecimento). Na sequência, as questões e os objetivos da pesquisa, bem como a estrutura do trabalho são apresentados.

1.1 PROBLEMA PRÁTICO

Do ponto de vista institucional, esta pesquisa fez parte de um projeto de pesquisa intitulado “Controle da propagação do vírus SARS-CoV-2 em canteiros de obras com base em ações de segurança e saúde do trabalho e planejamento e controle da produção baseado em localização”. Este projeto foi coordenado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e realizado em parceria com a Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal do Ceará e com a Atitus Educação, Campus Passo Fundo e financiado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O principal objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de protocolos para controlar a propagação da COVID-19 em canteiros de obras apoiado em medidas de Saúde e Segurança do Trabalho e Planejamento e Controle da Produção baseado em localização. O estudo ocorreu no período de maio de 2020 a novembro de 2021, e contribuiu para a compreensão do problema de pesquisa, além de contribuições práticas e teóricas. Esta pesquisa enquadra-se dentro do subprojeto intitulado “Integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização, promovendo uma abordagem para facilitar a gestão de restrições de distanciamento social e melhorar o desempenho do setor”.

A pesquisadora, autora da dissertação, participou ativamente da etapa de diagnóstico do projeto, na qual foram identificados processos críticos nos canteiros de obra durante a pandemia, no que diz respeito à dificuldade de manter o distanciamento social recomendado e ao aumento do *lead time*, tais como: atividades que exigem o esforço físico (por exemplo, execução de estruturas de concreto armado) e etapas da obra na qual existe sobreposição de diversos processos. Esta sobreposição é causada principalmente pela existência de ciclos longos de produção para diversas atividades das obras, devido ao impacto das paralisações e redução do número de

funcionários durante a pandemia. Ainda, foram destacados como problemas relevantes para as empresas participantes do referido estudo, a dificuldade de sincronizar os processos de produção e de aumentar o grau de padronização dos mesmos.

Nesse contexto, foram identificadas oportunidades para o uso de conceitos e ferramentas de planejamento que poderiam melhorar o desempenho da produção, assim como facilitar a gestão de restrições de distanciamento social. Dentre as técnicas disponíveis, destaca-se o planejamento e controle baseado em localização (*Location Based Planning and Control - LBPC*) (OLIVIERI, SEPPANEN E GRANJA, 2018). Essa abordagem de planejamento tem como meta realizar uma atividade por vez, em cada local de trabalho (SEPPÄNEN et al., 2014). O LBPC é uma abordagem de PCP que permite definir os processos da construção a partir de uma relação tempo-local, visando a gerir, de forma explícita, os fluxos de trabalho na obra, ao mesmo tempo que suporta a tomada de decisão em diferentes níveis de planejamento (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2014).

Ainda, a utilização da abordagem da Filosofia da Produção Enxuta¹ conhecida como Trabalho Padronizado (TP) foi identificada como um mecanismo para melhorar as condições ergonômicas dos trabalhadores, contribuindo ainda mais para o distanciamento social, assim como contribuir para a sincronização de processos. Na Filosofia da Produção Enxuta, a padronização é focada na operação, ou seja, no trabalhador (MARTIN E BELL, 2011). Assim, a base para a melhoria contínua e qualidade é obtida por meio da participação dos funcionários no desenvolvimento e especificação das tarefas (LIKER, 2004). Este tipo de padronização recebeu uma designação específica, Trabalho Padronizado (*standardized work*) (LIB, 2003), em oposição à designação genérica de padronização do trabalho (*work standard*). Contudo, o diagnóstico trouxe evidências de que a padronização dos processos na construção civil é abordada sob uma forma distinta em comparação à abordagem associada à Produção Enxuta. Na construção civil, a padronização é geralmente estabelecida por meio de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), no qual procedimentos padrão são interpretados como uma forma

¹ Womack, Jones e Ross (1992) introduziram o termo *Lean Production* (Produção Enxuta), como denominação para um sistema de produção no qual se produz cada vez mais com cada vez menos e oferece ao cliente o que este deseja e quando deseja.

fixa de se executar uma atividade, dando pouca ênfase à melhoria contínua (SAFFARO, SILVA E HIROTA, 2008).

As dificuldades identificadas nesse primeiro estudo contribuíram para obter uma compreensão inicial dos problemas enfrentados pelo setor da construção civil, no que se refere à padronização, contribuindo para a definição do escopo deste trabalho de pesquisa.

1.2 CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA

Os empreendimentos de construção possuem atributos da complexidade, incluindo grande número e diversidade de elementos, interações entre as etapas da construção, interdependências entre processos, influência do ambiente externo, elevado grau de incerteza e variabilidade (BERTELSEN, 2003; KOSKELA, 2000). Alguns fatores ampliam a complexidade dos processos construtivos, tais como a fragmentação da indústria da construção e as crescentes demandas por projetos rápidos, seguros, de baixo custo e de alta qualidade (GIDADO, 1996). Assim, lidar com a complexidade tem sido cada vez mais parte do trabalho diário na gestão de projetos de construção (FORMOSO et al., 2015). Além disso, segundo Formoso et al. (2021), a necessidade de estar preparado para lidar com o aumento da incerteza proveniente do ambiente externo tem sido visível desde o surgimento da pandemia do COVID-19, que afetou a indústria da construção em muitos países.

Nesse contexto, muitas empresas de construção apresentam limitações quanto aos seus sistemas de planejamento e controle da produção, resultando em obras com falta de previsibilidade, grande rotatividade e *making-do*², os quais representam alguns dos fatores que compõem a variabilidade do processo na construção civil (DESCHAMPS et al., 2015). A variabilidade tem um impacto negativo no desempenho dos sistemas de produção, interrompendo o fluxo de trabalho, o que pode ter consequências prejudiciais em termos de custo, duração e qualidade do empreendimento (CRICHTON, 1966; NAHMIAS, 2009, HAMZEH et al., 2007). Entre os mecanismos para lidar com a variabilidade na construção, destaca-se a utilização de *buffers* no

² Koskela (2004) propôs o conceito de *making-do* como um tipo de perda que ocorre quando a tarefa é iniciada sem que todos os recursos necessários para sua realização estejam disponíveis ou quando a tarefa continua a ser executada diante da indisponibilidade de algum recurso.

planejamento e controle da produção, sendo que estudos mais recentes têm sugerido a utilização de uma gama mais abrangente de recursos de folga (FORMOSO et al., 2021).

Ainda, a construção é, na maioria dos casos, caracterizada pelo desenvolvimento de produtos únicos, na qual os fluxos são desordenados e há uma falta de conexão e articulação entre os processos (SACKS, 2016). Nesse sentido, o estudo de Seppänen (2009) identificou, através de medições dos fluxos de equipes ao longo das zonas de trabalho, que segmentos do processo de construção apresentavam grandes intervalos de tempo e eram desconexos.

Contudo, existem métodos e técnicas de planejamento e abordagens da *Lean Construction*³ que buscam reduzir os problemas de variabilidade, bem como os níveis de desperdício, melhorando a previsibilidade dos fluxos da construção e promovendo melhoria nas condições de trabalho.

Nesta perspectiva, Ballard e Tommelein (2021) enfatizam os métodos de planejamento e controle baseados em localização (*Location Based Planning and Control* - LBPC), tais como *Location Based Management System* (LBMS) e o *Takt Time Planning* (TTP). Segundo Ballard e Tommelein (2021), os métodos mencionados tornam o uso do espaço explícito e, assim, possibilitam agilizar ainda mais o fluxo de trabalho, levando em consideração a disponibilidade e limitações de espaço.

O LBMS contribuiu para o fluxo ininterrupto de trabalho, ou seja, possibilita que os recursos se desloquem de um local para outro sem esperar, completando em sequência as zonas de trabalho e promovendo uma produção equilibrada e ideal para as equipes envolvidas na construção (KENLEY E SEPPÄNEN, 2010). Por outro lado, a abordagem conhecida como *Takt Time Planning* (BALLARD E TOMMELEIN, 2021; BINNINGER ET AL., 2018; FRANDSON, 2019; FRANDSON; SEPPÄNEN; TOMMELEIN, 2015) adota uma perspectiva colaborativa, envolvendo os principais especialistas que executam os processos na elaboração dos planos. Este envolvimento pode potencialmente contribuir para um maior entendimento comum sobre o plano de ataque da obra, e por meio de metas diárias, tem por objetivo reduzir a variação nas durações de uma atividade (FRANDSON, 2019), conferindo maior estabilidade

³ *Lean Construction* (Construção Enxuta) é resultado da adaptação e transferência dos conceitos e princípios da Filosofia *Lean Production* às peculiaridades do setor da construção (KOSKELA, 1992).

aos processos. O TTP é um método que suporta o fluxo contínuo⁴ das atividades (FRANDSON, 2019). A estruturação do trabalho nesse método enfatiza a continuidade do trabalho em cada local (FRANDSON E TOMMELEIN, 2014).

Faloughi et al. (2015) afirmam que, se possível, deve-se tanto eliminar 'trabalhadores esperando pelo trabalho', quanto eliminar 'trabalho esperando pelos trabalhadores', ou seja, o ideal é alcançar uma produção ininterrupta e contínua. De fato, a sincronização dos processos permite que se consiga melhorias na direção do fluxo contínuo, sem interromper o fluxo das equipes. Nesse sentido, o Trabalho Padronizado (TP) é um tipo de procedimento orientado à ação, no qual são estabelecidos procedimentos detalhados para o trabalho de cada um dos operadores no processo de produção (OHNO, 1997). Assim, o TP conduz à padronização das operações e permite a sincronização dos processos, ou seja, faz com que os processos tenham tempo de ciclo similares, operacionalizando o fluxo contínuo (MARIZ, 2012).

Ohno (1997) sugere que existem três elementos necessários para o TP, os quais devem estar sempre presentes: *takt time*, sequência e estoque padrão. Conforme Alvarez e Antunes (2005), *takt time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. O termo “*takt*” origina-se da manufatura e se refere a um tempo constante em que as atividades de produção devem ser concluídas (HOPP e SPEARMAN, 2008) ou a “batida” em que a produção avança. No que diz respeito ao estoque padrão, se refere à quantidade mínima de itens necessários no processo que permite ao operador trabalhar de forma eficiente (OHNO, 1997).

Nesse contexto, verifica-se que o *takt time* é o elemento em comum que se manifesta tanto nos métodos de planejamento baseado em locais, quanto no TP. O objetivo do TTP é identificar processos repetitivos na produção e equilibrá-los para permitir um fluxo estável e uniforme, sendo que o *takt time* é mantido em grande parte dos processos (BINNINGER et. al., 2017). Já o TP confere ritmo às operações de um processo por meio do cumprimento do *takt time* (MARIZ, 2012), possibilitando um fluxo de trabalho mais estável e previsível (BULHÕES,

⁴ No contexto do *Lean Production* (Produção Enxuta), Fluxo Contínuo diz respeito a produzir uma peça de cada vez sem interrupção entre estas, ou seja, sem geração estoque (WOMACK; JONES, 2004; ROTHER; SHOOK, 1999).

PICCHI E FOLCH, 2006). Se observa, contudo, que o TTP não aborda o TP como meio necessário para que a sincronização aconteça.

Apesar do TP ser frequentemente abordado pela indústria de manufatura e ter sido extensivamente pesquisado ao longo dos anos, este assunto ainda tem suas deficiências dentro da indústria da Construção, principalmente devido à alta variabilidade presente nos empreendimentos de construção (DE BORTOLI, S. A. et al., 2017). Segundo Ohno (1997) e Shook (2008), o papel do TP na melhoria contínua é um dos aspectos mais importantes da Filosofia da Produção Enxuta e um dos mais subutilizados em outras empresas.

No contexto da construção civil, o estudo de Saffaro (2007) destaca a importância do papel da prototipagem no detalhamento do TP. De acordo com a referida autora, a prototipagem intensifica o entendimento do método de trabalho adequado a uma situação específica. No entanto, Saffaro (2007) aponta a necessidade de investigar qual deve ser o escopo do método de trabalho padronizado no ambiente da construção civil.

Fazinga (2012) sugere investigar a contribuição do TP como ferramenta para o planejamento da produção, mais especificamente, quanto à definição dos planos de curto prazo. Fireman et al. (2018) estudaram o papel da folga no PCP, e sugerem novos estudos sobre o uso de folgas como um elemento básico do TP na construção. Os estudos de Fernandes et al. (2015) e De Bortoli et al., (2017) identificaram que a implementação do TP contribuiu para melhores condições de trabalho aos operários, bem como na criação de ferramentas visuais de controle e monitoramento da produção. Os referidos autores sugerem que a definição e a implementação do TP na construção sejam realizadas para processos críticos do canteiro de obras.

Alguns estudos relacionados à padronização associada ao LBPC vêm sendo realizados. Frandson e Tommelein (2014) apontaram o benefício de envolver representantes das equipes na implementação do TTP, com foco na padronização de alguns detalhes do trabalho.

Tommelein e Emdanat (2022) apontam algumas ferramentas para equilibrar a produção no TTP, incluindo o estudo detalhado das etapas dos processos, antes da produção (a fim de refinar os meios e métodos que serão utilizados) e durante a produção (para detectar possíveis melhorias). Além disso, Tommelein e Emdanat (2022) apontam potenciais benefícios da padronização do trabalho no TTP. Nesse sentido, a alocação dos funcionários na execução de

locais semelhantes pode tornar o trabalho mais previsível e aumentar a eficiência das equipes, à medida que se deslocam de um local para outro (TOMMELEIN E EMDANAT 2022).

Ainda, há relatos na literatura de que o TTP causa uma sensação desnecessária de urgência e estresse para os trabalhadores (FRANDSON et al., 2015), bem como o uso não otimizado de recursos (LEHTOVAARA et al., 2019), com simulações mostrando um excesso de horas de espera para os trabalhadores (SEPPÄNEN, 2014). Assim, Lehtovaara et al. (2020) sugerem a realização de estudos sobre TTP que analisem, em maiores detalhes, o fluxo dos trabalhadores através dos locais, observando seus movimentos, suas produtividades, o equilíbrio dos recursos e a ocorrência de etapas que não agregam valor. Nesse sentido, por meio da análise das etapas críticas das operações de um processo, o TP teria potencial de propor uma melhor distribuição das tarefas entre os trabalhadores, um melhor sequenciamento de atividades e minimização de partes do trabalho que não agregam valor (FENG E BALLARD, 2008).

Diante do exposto acima, nenhum dos trabalhos que abordam o TP na construção civil exploraram a integração deste com o planejamento e controle baseado em localização. Essa integração tem o potencial de aumentar o grau de padronização dos ciclos de produção, e aumentar a eficiência das operações, assim como contribuir para a sincronização de processos, conforme planejado.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base nos problemas identificados no setor da construção e na lacuna de conhecimento identificada na literatura, definiu-se a questão principal de pesquisa:

Como integrar o trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização?

Esta questão foi desdobrada em duas questões secundárias:

- Quais componentes devem compor o trabalho padronizado no contexto da construção civil?
- Como padronizar os processos da construção civil de forma a manter a flexibilidade e autonomia necessárias para gerenciar a variabilidade e incerteza inerentes desse setor?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal da pesquisa é:

Propor um método para integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Propor os componentes que devem compor o trabalho padronizado para os processos produtivos do setor da construção civil.
- Identificar os mecanismos que permitem padronizar os processos e gerenciar a variabilidade de forma flexível no contexto da construção civil.

1.5 DELIMITAÇÕES

Apesar dessa pesquisa ter forte relação com assuntos relacionados à gestão da qualidade este tema é abordado de forma superficial no trabalho, uma vez que o foco é o desenvolvimento de uma abordagem de padronização para melhorar o desempenho do LBPC.

Além disso, não está no escopo desta pesquisa o desenvolvimento de métodos de planejamento e controle baseado em localização, apenas a utilização de conceitos e ferramentas relacionados à esta abordagem de planejamento e controle da produção.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo de introdução, em que são expostos a motivação, contexto e justificativa, problema de pesquisa, questões e objetivos da pesquisa e delimitações, este trabalho dispõe de mais seis capítulos.

Os capítulos 2 e 3 se referem à revisão de literatura. O capítulo 2 aborda o tema da gestão da produção na construção civil e apresenta alguns conceitos relacionados ao Sistema Toyota de Produção e aos sistemas sociotécnicos complexos. Neste capítulo ainda são apresentados os principais conceitos da *Lean Production*, bem como os principais conceitos a respeito da variabilidade. Nesse capítulo ainda foi dada especial ênfase ao trabalho padronizado. O capítulo

3 é dedicado a apresentar os sistemas de planejamento e controle da produção e foca-se, principalmente, na abordagem de planejamento e controle baseado em localização.

O capítulo 4 apresenta o método de pesquisa, no qual é descrita a estratégia de pesquisa, com a abordagem adotada para este trabalho, o delineamento da pesquisa e a descrição do estudo exploratório e do estudo empírico, além dos constructos definidos para avaliação do artefato desta pesquisa.

O capítulo 5 traz os resultados desta pesquisa, com a descrição detalhada das atividades realizadas nos dois estágios do trabalho.

O capítulo 6 apresenta o método proposto, a avaliação da solução e as contribuições teóricas.

Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões da pesquisa, além de sugestão para trabalhos futuros.

2 GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo tem como propósito apresentar um conjunto de conceitos e princípios básicos relacionados à gestão da produção. Primeiramente é apresentado o Sistema Toyota de Produção (STP). Após, são abordados os conceitos relacionados à gestão de sistemas sociotécnicos complexos, possibilitando à pesquisadora ampliar a base de conhecimento, de forma a permitir maior sucesso na implementação de padrões em ambientes como o da construção civil. Na sequência, são discutidos alguns conceitos e princípios básicos resultantes do esforço de abstração do STP, incluindo o conceito de *slack*, como mecanismo para lidar com a variabilidade no contexto de empreendimentos complexos. Posteriormente, é apresentada uma revisão de conceitos relacionados à variabilidade. Por fim, o trabalho padronizado é abordado em função da sua contribuição para a sincronização de processos na construção civil e à redução da variabilidade.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

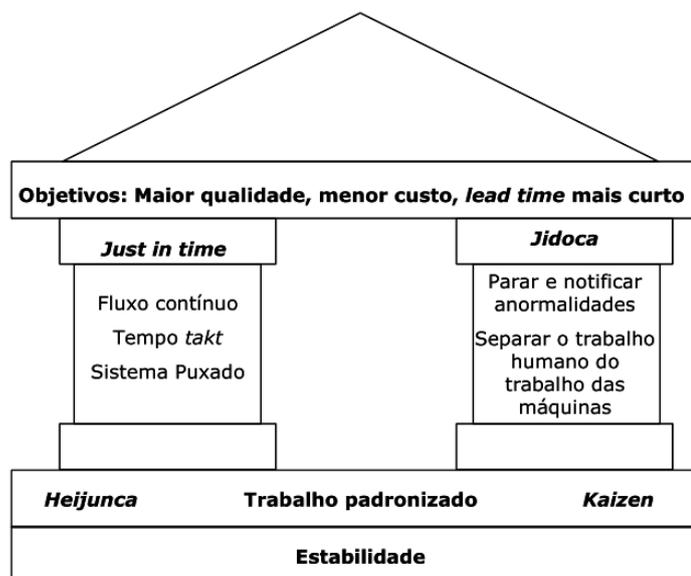
A indústria automotiva japonesa enfrentou no período do pós-guerra restrições de mercado, o qual exigia a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de carros sob condições de baixa demanda (OHNO, 1997). Segundo Ohno (1997), nesse período, o maior desafio da Toyota era aumentar a produtividade, a fim de alcançar a indústria americana, para que assim, pudesse se estabelecer e sobreviver, competindo com os sistemas de produção e de vendas em massa já estabelecidos na Europa e nos Estados Unidos.

Ohno (1997) percebeu que a filosofia da produção em massa, que utiliza grandes lotes de produção, ou seja, produzir tantas unidades de um determinado produto quantas forem possíveis, num dado período de tempo, não era aplicável ao contexto japonês. Nesse contexto, a Toyota não apresentava uma solidez financeira para investir nas caras tecnologias especializadas utilizadas na produção em massa (LIKER, 2004). Adicionalmente, a Toyota enfrentou o problema de que o pequeno mercado japonês, comparado com o mercado americano, requeria um aumento da variedade de produtos com pequenos lotes (LIKER, 2004). Assim, de forma a desenvolver um sistema de produção que fosse capaz de fazer frente aos

ganhos proporcionais pela produção em larga escala (GHINATO, 1996), o STP adotou a estratégia de produzir em pequenos lotes, segundo a demanda do cliente, limitada em termos de quantidade, porém diversificada (LIKER, 2004). Dessa forma, a Toyota passou a incorporar a flexibilidade como um fator primordial no seu sistema de produção (WOMACK et al., 1992). Segundo (Ohno, 1997), enquanto a produção em massa não respondia facilmente à mudança, o STP possuía flexibilidade para se adaptar às difíceis condições impostas pelas diversas exigências do mercado. Essa capacidade de adaptação foi a origem do seu diferencial, mesmo em um período de baixo crescimento, em que a quantidade não aumentava (OHNO, 1997).

Os principais elementos do STP são discutidos em vários estudos (OHNO, 1997; SHINGO, 1996) e são apresentados como os pilares de sustentação do sistema, passando a ideia de que deve existir uma estrutura que sustenta o STP. A primeira tentativa de representar didaticamente o STP foi desenvolvida internamente na Toyota, por meio de uma casa que contém telhado, pilares e base (LIKER, 2004). O motivo da representação do STP ser por meio de uma “casa” é para explicitar seu caráter estrutural: “(...) uma casa é um sistema estrutural. A casa só é forte se o telhado, as colunas e as fundações são fortes” (LIKER, 2004). Existem várias representações da casa do STP, que apresentam pequenas variações, mas todas mantêm basicamente os mesmos elementos (BULHÕES, 2009). A Figura 30 apresenta a casa do STP pelo *Lean Institute* Brasil (2003):

Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: *Lean Institute* Brasil, 2003.

A casa encontra-se dividida em três partes, conforme ilustra a Figura 1: (a) o telhado, que representa os objetivos do STP; (b) os pilares de sustentação, *just-in-time* e *jidoka* (autonomia), que têm como função sustentar os objetivos; e (c) as fundações, representadas pelo *kaizen* (melhoria contínua), *heijunka* (nivelamento da produção) e trabalho padronizado, que são considerados como a base de todo o sistema.

A estabilidade ou estabilidade básica é o elemento que sustenta o restante da casa, por ser necessário na etapa inicial de implementação, antes de começar mudanças relacionadas à redução de estoques e *lead time* (SMALLEY, 2005). Além disso, conforme Smalley (2005), a estabilidade está relacionada ao estado de previsibilidade do tempo de ciclo, assegurada pela disponibilidade de recursos, tais como mão de obra, máquinas, materiais e métodos, denominados de 4M. Para Smalley (2005), a disponibilidade de mão de obra implica equipes treinadas e capazes de executar a tarefa. Com relação às máquinas, o referido autor afirma que é necessário conhecer a demanda do cliente, a capacidade nominal e a capacidade demonstrada de produção das máquinas, de forma a atuar corretivamente quando estas não atendem à demanda. Quanto à disponibilidade de material, o mesmo autor informa que é necessário o conhecimento da velocidade de consumo, função do ritmo de produção. Por fim, Smalley (2005) acrescenta que para atingir a estabilidade básica é preciso possuir métodos de trabalho padronizados.

Por *Heijunka* entende-se nivelar a produção em relação ao tipo e à quantidade de produtos durante um período de tempo, ou seja, distribuir o volume de produção e misturar uniformemente ao longo do tempo. Isso permite minimizar os picos e vales da carga de trabalho, assim como permite que a produção possa atender de modo mais eficiente o cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custo, mão de obra e *lead time* de produção e eliminando grandes lotes (DENNIS, 2015; LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003).

Kaizen significa melhoria contínua que, segundo Rother e Shook (1999), pode se apresentar em dois níveis: o *kaizen* do sistema ou fluxo de produção como um todo, e o *kaizen* de processo, que enfoca processos individuais.

Por fim, o Trabalho Padronizado representa a base das operações para produções de produtos padronizados (OHNO, 1997).

2.2 SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS COMPLEXOS

Sistemas sociotécnicos complexos são conhecidos por possuírem características como grande número de elementos diversos e que interagem dinamicamente, como pessoas, materiais, equipamentos, procedimentos e ambiente de trabalho (PERROW, 1984). Segundo Saurin (2017), essas características estão presentes na indústria da Construção.

Saurin e Gonzalez (2013) agruparam características dos sistemas sociotécnicos complexos de acordo com sua similaridade, resultando em quatro categorias: grande número de elementos que interagem dinamicamente, interações não lineares, variabilidade imprevista e resiliência. Para os referidos autores, o grande número de elementos que interagem dinamicamente e as interações não lineares dos elementos contribuem para a variabilidade imprevista do sistema. Segundo Koskela (2000), estas interações tendem a ampliar a variabilidade, presentes na maioria dos empreendimentos de construção. Por outro lado, essas características também são vistas como ativos para a resiliência, uma vez que o grande número de elementos que interagem dinamicamente e a ampla diversidade de elementos podem proporcionar folgas e fornecer diferentes perspectivas e alternativas para orientar o ajuste de desempenho do sistema e a auto-organização (SAURIN E GONZALEZ, 2013). Segundo Saurin e Gonzalez (2013), agentes que possuem habilidades complementares podem se ajustar melhor ao inesperado.

Segundo Perrow (1984), os sistemas sociotécnicos complexos são também conhecidos por possuírem processos fortemente acoplados, o que significa que as falhas podem se propagar rapidamente e de maneiras inesperadas. Por outro lado, o referido autor afirma que a ocorrência de falhas tende a ter um menor impacto em sistemas fracamente acoplados, visto que existem folgas substanciais nos mesmos. A teoria dos sistemas sociotécnico complexos reconhece a imprevisibilidade como uma propriedade chave dos sistemas sociotécnicos complexos e, portanto, tende a ver os recursos que proporcionam folgas entre os processos fundamentais para suportar a variabilidade (SAURIN, 2017).

Nesse contexto, Blakstad et al. (2010) argumentam que a gestão de sistemas sociotécnicos complexos é muitas vezes fora de sintonia com a sua natureza, uma vez que aqueles que trabalham em tais sistemas têm uma tendência a tratar as situações de trabalho de forma simplista.

Nesse sentido, Penaloza et al. (2020) mencionam como uma das consequências da complexidade no sistema sociotécnico complexo da construção, a lacuna entre trabalho como imaginado (*work-as-imagined* – WAI) e o trabalho como executado (*work-as-done* - WAD). Hamerski et al. (2021) apontaram que é importante entender a lacuna entre WAI e WAD por duas razões principais: (i) geralmente indica que os resultados bem-sucedidos não ocorrem necessariamente porque as pessoas estão se comportando de acordo com WAI (HOLLNAGEL, 2015); e (ii) lacunas amplas sugerem considerável margem de melhoria (PERKINS ET AL., 2010). Contudo, de acordo com Melo e Costa (2019), o entendimento do WAD na construção é muitas vezes negligenciado pelos gerentes.

2.3 CONCEITOS BÁSICOS DA *LEAN PRODUCTION*

A seguir, são discutidos alguns conceitos relacionados à Filosofia *Lean*, que são relevantes para o presente trabalho.

2.3.1 Processos e Operações

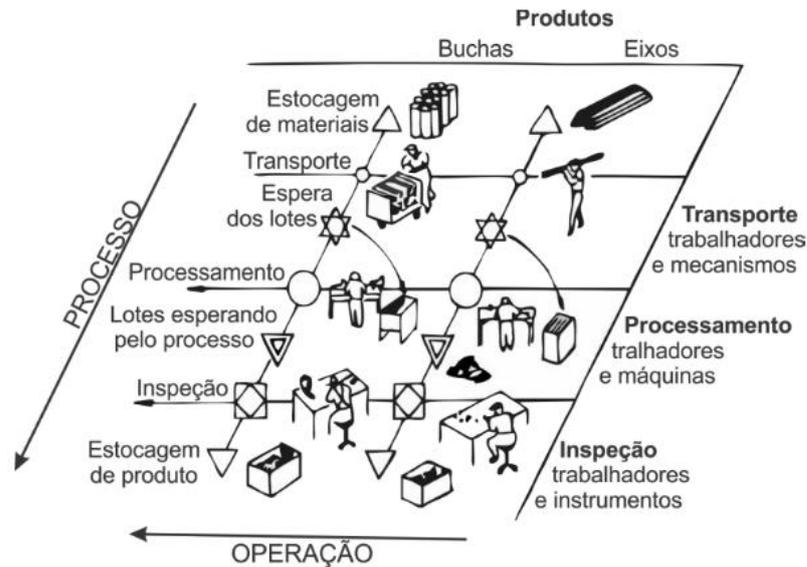
Na visão tradicional, denominado de modelo da transformação por Koskela (1992), a produção é conceitualizada como uma transformação de entradas (insumos) em saídas (produtos). Nesse modelo, o processo é resultado da soma de operações, que devem ser analisadas de forma isolada uma das outras (KOSKELA, 1992). Segundo Koskela (1992), a adoção desta visão restrita da produção traz uma série de limitações à gestão da produção.

Para Shingo (1996), a produção é uma rede formada por processos e operações, dois fenômenos com fluxos de naturezas diferentes. Nesse sentido, o referido autor fez a seguinte distinção entre processo e operação:

- a) processo refere-se ao fluxo de produtos de um trabalhador para outro, ou seja, as etapas pelas quais as matérias-primas passam gradualmente para se tornarem produtos acabados;
- b) operação refere-se ao estágio no qual um trabalhador pode trabalhar em diferentes produtos, ou seja, um fluxo temporal e humano centrado em torno do trabalhador.

A Figura 2 ilustra o sistema de produção como uma rede de processos e operações:

Figura 2 – Estrutura da Produção



Fonte: Shingo, 1996.

Nesse contexto, o fluxo ao longo do eixo y representa a mudança que ocorre no material que está sendo trabalhado, ou seja, o objeto de produção (produto). O fluxo ao longo do eixo x representa as operações realizadas no material por trabalhadores e máquinas, ou seja, o sujeito da produção. Assim, um processo não é simplesmente uma soma de operações (SHINGO, 1996).

Relacionado ao conceito de processo (produto) e operação (mão de obra e máquinas), surgem duas formas de caracterizar o fluxo de produção:

- a) Fluxo Contínuo: diz respeito ao produto, no qual a produção de uma peça ou um lote pequeno de itens é realizada por vez, sendo que o item passa de um processo para o seguinte, sem interrupção (ROTHER; SHOOK, 1999).
- b) Fluxo Ininterrupto: diz respeito às operações, visando que as equipes de trabalho sejam utilizadas ininterruptamente, na medida em que se movem continuamente de um local para outro e sem que tenham que ficar esperando por trabalho (HARRIS; IOANNOU, 1998).

Conforme Shingo (1996), em um processo, o material ou a informação pode estar em processamento (ou transformação), inspeção, movimentação, ou em espera. Koskela (1992, 2000) identifica a existência de três conceitos principais que orientam os processos de produção:

- a) Conversão ou Transformação: está relacionado à conversão de matéria-prima (*inputs*) em produtos (*outputs*).

- b) Fluxo: está relacionado a etapas que não agregam valor, como inspeção, movimento e espera dos materiais.
- c) Valor: está relacionado à busca por atender as necessidades e expectativas do cliente, por meio da transformação dessas em requisitos.

Quanto às operações, Shingo (1996) aponta que os equipamentos e pessoas podem estar atuando em diferentes tipos de operação, que normalmente são classificadas em:

- a) Operações de *setup*: preparação antes e depois das operações;
- b) Operações principais: execução do trabalho necessário, podendo ser divididas em operações essenciais e auxiliares (auxiliam as essenciais a realizar o trabalho);
- c) Folgas marginais ou não ligadas ao pessoal: são os tempos nos quais os operários não estão realizando qualquer operação e suas causas não estão ligadas à ação direta das pessoas;
- d) Folgas ligadas ao pessoal: relacionadas às necessidades do operador.

Nesse sentido, Shingo (1996) e Ohno (1997) apontam que, em primeiro lugar, devem ser realizadas melhorias no processo, pois assim é possível melhorar o desempenho global da produção, para então partir para melhorias nas operações. As etapas de movimentação, espera e inspeção não agregam valor ao produto, sendo por esta razão consideradas como perdas. Segundo Koskela (2000), é essencial gerenciar a produção com esforços na redução das perdas, a fim de aumentar o desempenho dos processos produtivos.

2.3.2 Perda

Ohno (1997) sugere dividir o movimento dos trabalhadores em perda e trabalho. Por perda entende-se o movimento repetido e desnecessário que deve ser eliminado. Segundo o mesmo autor, o trabalho pode ser classificado em duas categorias: (a) operações que agregam valor (movimentos diretamente necessários para a fabricação de um produto) e (b) operações que não agregam valor, mas são essenciais ao processo (movimentos que devem ser otimizados ou eliminados por meio da alteração parcial das condições vigentes de trabalho). Nessa classificação, Ohno (1997) considera que uma parte do trabalho que não agrega valor não é perda.

Para aumentar a proporção de trabalho que agrega valor, Ohno (1997) afirma que é necessário eliminar movimentos que não agregam valor, ou seja, as perdas. Na tentativa de sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação de perdas, Ohno (1997) propõe sete grandes tipos para as mesmas:

- a) Perdas por superprodução: produzir além das necessidades do próximo processo ou cliente, pode ser dividido em dois tipos: quantitativos e antecipados. A superprodução quantitativa é aquela produção acima do volume programado ou requerido, e superprodução antecipada é aquela feita antes do momento necessário;
- b) Desperdício de tempo disponível (espera): é a perda de tempo relacionada ao intervalo de tempo em que nenhum processo é executado. É consequência do elevado tempo de *setup*, a falta de sincronia e balanceamento do processo produtivo, quebra de máquinas, atraso na entrega de materiais, e outros (SHINGO, 1989);
- c) Desperdício em transporte: movimentação excessiva ou desnecessária de materiais ou componentes. É definida como uma etapa que não agrega valor e deve ser otimizada no processo de produção. Sua otimização é obtida principalmente através da modificação do *layout*;
- d) Desperdício do processamento em si: realização de etapas desnecessárias ou incorretas, ou seja, o trabalho do processamento que poderia ser eliminado do processo sem afetar o produto e, também, o próprio produto, que pode não ser mais relevante aos objetivos da empresa;
- e) Desperdício de estoque disponível: decorrente da existência desnecessária de estoques em níveis elevados, que geram custos desnecessários para manutenção seja de matéria prima, material em processamento, e produtos acabados;
- f) Desperdício de movimento: refere-se à movimentação desnecessária dos operadores na execução de uma operação;
- g) Desperdício de produzir produtos defeituosos: refere-se à fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendem aos requisitos de qualidade especificados, ou seja, retrabalho, inspeção e refugo.

No contexto da construção civil, perdas como *making-do*, trabalho em progresso e falta de terminalidade têm sido apresentadas como categorias principais de perdas nesse setor (VILLAMAYOR, 2016).

2.3.2.1 Making-do

Making-do é destacada como uma importante categoria de perda na indústria da construção (FORMOSO *et al.*, 2017). Conforme Koskela (2004), esse tipo de perda ocorre quando a tarefa é iniciada ou continuada sem que todos os recursos necessários para sua execução estejam disponíveis. Para o mesmo autor, essas situações são comuns na construção civil, devido à alta incerteza no fluxo de diversos recursos necessários para execução das tarefas. Koskela (2004) aponta que *making-do* é utilizado para acomodar o impacto da variabilidade na produção.

A importância de apenas iniciar a atividade quando todos os requisitos estão reunidos foi apontada por Ronen (1992). O mesmo autor propõe o conceito de *kit* completo (KC), que pode conter uma variedade de recursos, incluindo os sete requisitos sugeridos por Koskela (1992,

2002), para realização de uma tarefa no caso da construção civil: materiais e componentes; mão de obra; máquinas e equipamentos; informações (projetos); tarefas pré-requisito; espaço e condições externas. Iniciar uma atividade com um *kit* incompleto pode levar a mais horas de trabalho para finalizá-lo, *lead time* mais longos, maior volume de trabalho em progresso, mais retrabalho, piora da qualidade e dos prazos de entrega, menor produtividade e menor motivação dos funcionários (RONEN, 1992).

Ronen (1992) destaca alguns obstáculos na utilização do KC:

- a) Síndrome da eficiência, que é descrita como impulso de se utilizar os recursos o tanto quanto possível, originário da noção de que trabalhadores e equipamentos não devem nunca estar ociosos;
- b) Pressão por resposta imediata, quando o cliente exerce pressão para que o seu pedido seja atendido, mesmo que o *kit* para tal não esteja completo;
- c) Inquietude para mostrar boa vontade, como resultado da pressão da gerência, trabalhadores e encarregados liberam trabalhos, mesmo que estes não tenham seus *kits* completos, para mostrar disposição;
- d) Informação equivocada do KC necessário durante o planejamento, partindo-se do pressuposto que o *lead time* da produção é longo, chega-se à conclusão equivocada de que quanto antes uma atividade for iniciada, melhor.

Segundo Ronen (1992), é possível a utilização do KC como uma ferramenta de planejamento e controle, visto que o conceito força a gerência a realizar um melhor planejamento das atividades, bem como dos componentes de cada uma delas. Desta forma, o referido autor afirma que muitas definições derivariam dos KC, como definição das atividades, tamanho dos lotes, especificação de ferramentas. Em termos de controle de processos, o conceito permitiria que processos pudessem ser controlados em um estágio inicial, propiciando que medidas corretivas sejam tomadas mais cedo (RONEN, 1992).

2.3.2.2 Trabalho em Progresso (WIP)

O trabalho em progresso (*work in progress* - WIP) é considerado uma categoria de perda associada ao conceito de espera entre processos (BULHÕES, 2009; SAFFARO, 2007) ou frentes de tarefas abertas (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). A ocorrência do WIP pode estar relacionada às interrupções nos fluxos de trabalho, causados pela alta variabilidade nos processos e à falta de sincronização (BULHÕES, 2009). Outra causa do WIP pode estar relacionada às interferências e mudanças dos clientes (ALVES, 2000). Fireman (2012) afirma que o aumento do WIP também pode ser resultado de problemas no controle da qualidade, devido à falta de conclusão das tarefas com a qualidade mínima requerida para a sua aprovação,

o que provoca o deslocamento das equipes para outras frentes de trabalho, deixando o local em espera para ser corrigido. Como consequência, o WIP contribui com o aumento das durações das atividades (SACKS E PARTOUCHE, 2009).

Contudo, existem estratégias que buscam a diminuição do WIP, as quais estão, na maioria das vezes, focadas na redução da quantidade de espaços sendo trabalhados simultaneamente (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Nesse sentido, as equipes de trabalho devem priorizar a conclusão de tarefas em espaços previamente iniciados ao invés de iniciar o trabalho em espaços novos (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Assim, busca-se diminuir a flexibilidade dos encarregados de mudar os seus trabalhadores para outros espaços, quando o trabalho deve ser interrompido no local originalmente atribuído (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

2.3.2.3 Falta de terminalidade

Falta de terminalidade, também denominada trabalho inacabado, corresponde aos processos que são deixados para trás quando uma equipe deixa um local de trabalho (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013). A causa de falta de terminalidade está relacionada à interferência entre duas equipes no mesmo espaço, falta de mão de obra qualificada, falta de materiais e inadequação dos materiais entregues (EMMIT; PASQUIRE; MERTIA, 2012). Além disso, o comportamento das empresas terceirizadas, que tendem a redirecionar seus esforços para frentes de trabalho com maior quantidade de trabalho disponível, deixando os detalhes para trás, também se configura como uma das causas da falta de terminalidade (SACKS; GOLDIN, 2007). Segundo Ulhôa (2012), algumas das consequências da falta de terminalidade estão relacionadas à impossibilidade de iniciar a atividade seguinte, devido à necessidade de retorno da equipe para finalizar as pendências. Além disso, a falta de terminalidade contribuiu para o aumento do retrabalho, bem como dos custos e do prazo, além de provocar atraso na conclusão de diversas atividades e atrapalhar a sequência de execução (ULHÔA, 2012).

2.3.3 *Slack*

Entende-se por *slack* um conjunto de recursos atuais ou potenciais, de qualquer tipo, que podem ser usados em momentos de necessidade, permitindo que uma organização se adapte com sucesso às pressões internas ou externas (BOURGEOIS, 1981). Não significa, obrigatoriamente, que há necessidade de recursos extras ou ociosos, mas podem ser recursos existentes e estritamente necessários que podem ser realocados e usados de diferentes maneiras (SAURIN E WERLE, 2017). Ainda, *slack* pode ser entendido como um mecanismo para reduzir

as interdependências entre processos e minimizar a possibilidade de um processo afetar outro (SAFAYENI; PURDY, 1991). Saurin e Werle (2017) sugerem que *slack*, também chamado de folga, é um ativo para resiliência em sistemas sociotécnicos complexos, pois fornece recursos para ajuste de desempenho e manutenção das funções principais do sistema durante situações esperadas e inesperadas.

Na construção, *buffer* e contingências são termos mais comumente usados do que *slack*. Segundo Saurin e Werle (2017), *buffer* geralmente se refere a recursos específicos como tempo, capacidade e estoque. No entanto, a literatura existente sobre sistemas sociotécnicos complexos sugere que *slack* pode ser interpretado como um conceito mais amplo, que não se limita a algum tipo específico de recurso ou estratégia de implantação (SAURIN E WERLE, 2017). Nesse sentido, *slack* pode envolver diferentes tipos de recursos, sendo intencionalmente projetada para conviver com a variabilidade, tais como: diferentes perspectivas para resolver um problema, graus de liberdade em procedimentos operacionais padrão, trabalhadores multifuncionais e recursos e equipamentos adicionais (SAURIN E WERLE, 2017). Diferentemente do *buffer*, que oferece uma perspectiva excessivamente técnica e mecanicista, *slack* considera dimensões sociais e informais, isto é, iniciativas da equipe em momentos de necessidade que contribuem para lidar com a variabilidade (SAURIN et al., 2021).

Segundo Fireman e Saurin (2020), no contexto dos empreendimentos de construção, *slack* é necessário e pode servir como uma margem para evitar que falhas no processo de identificação e remoção de restrições, o qual proporciona o cumprimento de pré-condições antes de iniciar uma tarefa, resultem em perdas por *making-do*. Além disso, na ótica da complexidade, nos sistemas sociotécnicos complexos, a ênfase da gestão da produção é lidar com a variabilidade e, portanto, a folga tende a ser vista como proteção (SAURIN, 2017).

Contudo, o papel desempenhado pelo *slack*, como elemento fundamental do *design* de operações, raramente é discutido de forma explícita, em parte porque na literatura da Filosofia *Lean*, a ênfase é dada na eliminação das perdas e *slack* é visto como desnecessário (FIREMAN et al., 2018). A ênfase na eliminação de perdas pode levar à remoção de alguns tipos de *slack*, tornando os sistemas fortemente interdependentes, o que aumenta sua complexidade (SAURIN, 2017).

Por outro lado, Saurin (2017) também descreve que, de forma menos explícita, a Filosofia *Lean* lida com a folga em outras dimensões, tais como: (a) o uso de trabalhadores multifuncionais, o

que ajuda a lidar com variações na demanda e absenteísmo (LIKER, 2004); (b) trabalho em equipe e a consideração de várias alternativas para resolver problemas complexos, atrasando a decisão final até o último momento possível (SHOOK, 2008); e (c) o conceito de "cadeia de ajuda" (SPEAR E BOWEN, 1999) que é uma rotina padronizada para a identificação e solução de anormalidades. A cadeia de ajuda é acionada por um dispositivo visual (*andon*, em linguagem enxuta) para solicitar ajuda às áreas de apoio, que por sua vez devem ir ao local solicitado, discutir uma solução em conjunto com os trabalhadores e produzir aprendizado organizacional (SAURIN, 2017).

Nesse contexto, o estudo desenvolvido por Fireman et al. (2018) realizou uma investigação exploratória do papel desempenhado pelo *slack* no TP na construção civil. Os resultados do referido estudo indicaram que se deve considerar uma gama mais ampla de recursos de *slack* no TP na construção, em comparação com o que é considerado na manufatura. O estudo propõe que os recursos de *slack* e as respectivas fontes de variabilidade sejam antecipadamente explicitadas ao conceber o TP para as operações de construção (FIREMAN et al., 2018). Além disso, para Saurin (2017), a visibilidade da disponibilidade e quantidade de folga é essencial para apoiar a sua gestão. Devido ao *slack*, os agentes em um sistema sociotécnico complexo podem perceber que estão consumindo margens de segurança e recuperar o controle antes da ocorrência de perdas irreversíveis (RASMUSSEN, 1997).

Contudo, os sistemas sociotécnicos complexos reconhecem que a própria folga pode introduzir vulnerabilidades devido à criação de novas possibilidades de interações indesejadas e inesperadas (SAURIN, 2017). Assim, Saurin e Werle (2017) sugerem cinco formas de implementação do *slack*: (i) redundância (refere-se à disponibilização de pessoas e equipamentos além do mínimo necessário), (ii) trabalho em progresso (refere-se à existência de matérias-primas, produtos parcialmente acabados e produtos acabados), (iii) margem de manobra (refere-se à reorganização e readaptação de espaços e recursos), (iv) diversidade cognitiva (refere-se a considerar diferentes perspectivas entre membros de uma organização para a solução de problemas) e (v) controle (refere-se à disponibilização de graus de liberdade nas atividades organizacionais, isto é, permite alguma amplitude de ação individual, não restringida por estruturas formais de coordenação ou comando).

2.4 VARIABILIDADE

De acordo com Hopp e Spearman (2008), a variabilidade é a qualidade da não uniformidade de uma classe de entidades, que pode ser projetada em um sistema, como por exemplo a variedade de produtos, ou ser aleatória, como por exemplo o tempo quando uma máquina falha. Esta definição também transmite a noção de que a variabilidade pode variar entre totalmente esperada a totalmente inesperada (SAURIN E WERLE, 2017). Nesse sentido, a variabilidade nos processos se deve basicamente a duas causas (SANTOS, 1999; HOPP; SPERMAN, 2008): (a) aleatórias ou randômicas, que dificilmente podem ser controladas ou previstas, e (b) causas identificáveis, decorrentes de decisões tomadas e, portanto, que podem ser controladas. Ambas têm repercussão no tempo de processamento e devem ser o foco de melhorias para aprimorar um processo (SANTOS, 1999; HOPP; SPERMAN, 2008).

Segundo Hollnagel (2012), há três fontes de variabilidade em um sistema: (a) variabilidade interna, que se refere à variabilidade da própria atividade; (b) variabilidade externa, que se refere à variabilidade do ambiente de trabalho; (c) variabilidade a montante, que se refere à variabilidade da produção das atividades a montante. Para Hopp e Spearman (2008), as fontes de variabilidade ainda podem ser divididas em duas categorias: variabilidade de fluxo (criada pela maneira como o trabalho é liberado e movido entre estações de trabalho) e variabilidade de tempo de processo (criada por procedimentos em estações de trabalho).

Segundo Koskela (1992), em função de suas peculiaridades, a indústria da construção muitas vezes é vista em uma classe própria de sistema de produção, diferente da manufatura. Algumas das peculiaridades da indústria da construção civil, que resultam em uma fonte de variabilidade, referem-se especialmente às seguintes características: (a) natureza única de projeto; (b) produto permanece fixo no local de produção, sendo necessário que as equipes se desloquem para os locais onde as tarefas serão executadas e (c) organização temporária composta por diferentes empresas. Outra peculiaridade apontada por Koskela (1992, 2000) consiste no fato da produção da edificação ser bastante dependente das condições externas (temperatura, chuva e vento, por exemplo), constituindo em uma fonte específica de variabilidade. Além disto, segundo o referido autor, a produtividade da mão de obra, ao executar tarefas que requerem habilidade manual, é inerentemente variável.

A variabilidade tem um impacto negativo no desempenho dos empreendimentos, interrompendo o fluxo de trabalho, o que pode ter consequências prejudiciais em termos de

custo, duração e qualidade do projeto (CRICHTON, 1966; NAHMIA, 2009, HAMZEH et al., 2007). Nesse sentido, a padronização pode ser considerada como um mecanismo de gestão voltado para a redução da variabilidade no processo produtivo (FAZINGA, W. R., 2012; IMAI, 2005; LINDERMAN *et al.*, 2003; SAFFARO, F. A., 2007). Fazinga e Saffaro (2012) argumentam que a especificação clara de uma meta contribui para reduzir a variabilidade no desempenho porque promove um entendimento uniforme de um objetivo comum.

2.5 TRABALHO PADRONIZADO

2.5.1 Origens Históricas do Trabalho Padronizado

Segundo Hopp e Spearman (2008), na administração científica, os padrões eram estabelecidos por meio de estudos dos tempos e movimentos realizados por engenheiros industriais, sendo o principal objetivo a busca pela melhor forma de executar cada tarefa, eliminando movimentos lentos ou desnecessários. Nesse contexto, os operários tinham um papel passivo, não participando do processo de especificação das tarefas e deveriam apenas obedecer aos padrões estabelecidos (LIKER, 2004). Este tipo de configuração para a produção teve repercussões negativas, como a baixa motivação do operário com relação às tarefas sob sua responsabilidade. Diante desta situação, Liker e Meier (2007) relatam que os operários entendiam os padrões como uma medida do esforço que deveriam exercer para concluir as tarefas, além de acreditarem nos padrões como uma forma fixa de trabalhar, que representa o máximo nível de desempenho. Deste modo, não havia estímulo para melhorias, os procedimentos eram estáticos e ineficientes, além de existir muita resistência à mudança, devido à deficiência na comunicação entre gerência e os operários (LIKER, 2004).

2.5.2 Definição do Trabalho Padronizado no Sistema Toyota de Produção

O método denominado de *Training Within Industry* (TWI), estabelecido em 1940 durante a Segunda Guerra Mundial, era baseado na premissa de que a aprendizagem sobre os métodos da engenharia industrial deveria ser baseada na aplicação destes no chão de fábrica, e que o trabalho padronizado deveria ser um esforço cooperativo entre supervisores e trabalhadores (Huntzinger, 2005). Esta premissa é alinhada com o modelo de padronização do STP, no qual se busca observar o trabalho em detalhes e aprender durante a execução (LIKER, 2004).

O *Productivity Press Development Team* (2002) define a padronização como um processo que envolve o estabelecimento, a comunicação, a adesão e a melhoria de padrões. Segundo o mesmo estudo, padrão pode ser definido como um conjunto de regras que fornece claras expectativas

sobre um produto ou sobre um processo. Diferentemente do entendimento do conceito de padrão na produção em massa, que representa uma forma fixa de trabalhar, o padrão passa a ser entendido como a base sobre a qual serão identificadas as oportunidades para constantes melhorias (PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 2002).

Nesse sentido, Spear e Bowen (1999) destacam que a especificação do trabalho no STP constitui-se na hipótese da melhor prática, constantemente testada, por intermédio de métodos científicos e com a participação dos líderes e operários. Para os referidos autores, o objetivo da especificação do trabalho no STP é fazer com que duas hipóteses sejam testadas: a primeira delas refere-se à capacidade do operário em realizar a tarefa corretamente e, a segunda hipótese busca comprovar que a realização da tarefa como prescrito cria o resultado esperado. O trabalho precisa ser reformulado no caso de uma das hipóteses ser invalidada (SPEAR E BOWEN, 1999). Segundo Spear e Bowen (1999), os maiores benefícios desta prática são o estabelecimento da base para a aprendizagem organizacional e da base para a melhoria gradativa do TP.

No STP, a padronização é focada na operação, ou seja, no trabalhador: aqueles que realizam o trabalho devem projetá-lo, escrevendo os próprios procedimentos padronizados de tarefa (LIKER, 2004). Segundo Liker (2004), esses procedimentos devem ser simples e práticos o suficiente para serem usados todos os dias pelas pessoas que fazem o trabalho. Segundo Liker (2004), o TP na manufatura da Toyota é muito mais amplo do que escrever uma lista de etapas que o operador deve seguir. O TP é definido a partir de três elementos (LIB, 2003):

- a) *takt time*: tempo necessário para completar um trabalho no ritmo da demanda do cliente;
- b) sequência precisa de tarefas ou sequência precisa de processos: correspondente à sequência com que o operador deve realizar suas tarefas dentro do *takt time*;
- c) estoque padrão: referente ao estoque que o trabalhador individual precisa ter disponível para realizar o seu trabalho, sem oscilações frequentes.

O padrão no STP é entendido, portanto, como a especificação de uma rotina de trabalho para os operários, que permita produzir em prazo adequado à demanda do cliente e com baixo nível de estoque (MONDEN, 1998).

Para Ohno (1997), o TP apoia a produção JIT, na medida em que proporciona uma capacidade sistemática de produção, isto é, contribui para aumentar a estabilidade do processo, de tal forma que seja cumprido regularmente um tempo de ciclo adequado à demanda do cliente (*takt time*).

A execução de tarefas dentro do tempo determinado é alcançada na medida em que se obtém um profundo conhecimento do trabalho a ser executado (LIKER e MEIER, 2007). Nesse sentido, o TP é a base sobre a qual os funcionários podem ser treinados e, com isso, capacitados para identificação e correção das anormalidades. Esse é o aspecto que sustenta o segundo pilar do STP, a autonomação, a qual possibilita o rápido restabelecimento do fluxo de produção quando algum problema tiver paralisado a linha de produção (LIKER E MEIER, 2007). Essa concepção de controle diferencia-se da inspeção utilizada normalmente para detectar ou reduzir defeitos, uma vez que visa a eliminar a ação equivocada do operário e, conseqüentemente, a necessidade de realizar inspeções (GHINATO, 1996).

O estímulo à participação dos funcionários no aprimoramento do padrão os leva a revisar e melhorar o TP constantemente, a partir da correção das anormalidades percebidas e, por isso, o TP é referenciado como base para a melhoria contínua (IMAI, 2005). A padronização do método de trabalho no STP ocorre com a participação ativa do trabalhador, e é justamente essa participação na definição de tarefas que resulta em um maior entendimento das metas e na motivação para o cumprimento das mesmas (BALLARD E HOWELL, 1997; KONDO, 1991; TREVILLE E ANTONIAKIS, 2005).

Para Monden (1998), no STP a padronização do trabalho tem três objetivos: a) garantir maior produtividade dos trabalhadores, sem esforços excessivos, por meio da redução de movimentos desnecessários; b) atingir o balanceamento da carga de trabalho entre diferentes trabalhadores ou equipes por intermédio do cumprimento do conjunto de operações dentro do *takt-time*; e c) permitir que a produção ocorra com a mínima quantidade de trabalho em progresso.

2.5.2.1 Takt Time

O termo “*takt*” origina-se da manufatura e se refere a um tempo constante em que as atividades de produção devem ser concluídas (HOPP; SPEARMAN, 2008) ou uma “batida” em que a produção avança. Conforme Alvarez e Antunes (2001), o *takt time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção. É, portanto, o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção (taxa de oferta) e o número de unidades a serem produzidas, que é função da demanda do cliente (taxa de demanda). Os referidos autores mencionam que o *takt time* é entendido como o tempo que rege o fluxo de materiais em uma linha de produção e representa uma meta a qual o sistema de produção deve atender. No STP, a produção sofre com os efeitos

das variações de demanda ao longo do tempo, sendo a meta uma tarefa difícil de alcançar (LIKER E MEIER, 2007).

Segundo Bulhões (2009), no contexto da construção civil, a demanda pode ser representada pelo prazo fixado contratualmente com o cliente, através de um plano de execução, no qual os principais processos têm suas durações especificadas e não devem variar durante todo o período de execução da obra. Cada processo, portanto, pode ter um *takt time* distinto, cujo cálculo consiste na razão entre o tempo de produção disponível para o processo (definido no plano de longo prazo) e o número de unidades repetitivas do processo (pavimento, apartamento, ambiente). Nos empreendimentos de construção, de forma bastante simplista, o *takt time* tem sido definido como o número máximo de dias disponibilizado para a execução do trabalho em cada local (FRANDSON et al., 2013).

Segundo Rother e Harris (2016), após a determinação do *takt time*, deve-se estruturar os processos de produção de forma que estes tenham um tempo de ciclo ligeiramente menor. Conforme os referidos autores, o tempo de ciclo é o tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, ou seja, mede-se a frequência com que uma peça (ou um produto) é completada por um processo. Para Rother e Harris (2016), é possível encontrar processos operados com tempos de ciclo muito inferiores ao *takt time*. Nesse caso, pode resultar em excesso de produção em relação ao ritmo de produção.

Alvarez e Antunes Jr (2001) acrescentam ainda que o tempo de ciclo de um processo é aquele correspondente à operação ou posto de trabalho mais lento da linha (gargalo), em função de restrição de capacidade, que pode ser da máquina ou de um dos operadores envolvidos. Portanto, o tempo de ciclo depende da capacidade de produção, enquanto o *takt time* é definido externamente, normalmente em função da demanda.

O tempo de ciclo pode ainda ser confundido com o *Lead Time*, que significa o tempo necessário para um produto se movimentar ao longo de todas as etapas de um processo, do início ao fim, ou seja, é o tempo de atravessamento do produto (ROTHER; SHOOK, 1999). Entende-se ainda por *lead time*, o tempo entre o cliente fazer e receber seu pedido (DENNIS, 2015). Nesse sentido, inclui os tempos usados na própria operação e na preparação, carregamento e descarregamento dos materiais, inspeção e esperas.

2.5.2.2 Sequência Padrão de Atividades

Segundo Monden (1998), a sequência padrão de atividades refere-se à ordem das ações que cada trabalhador deve executar dentro de um tempo de ciclo determinado. Conforme o *Productivity Press Development Team* (2002), quando um único operário pode executar todas as operações de um determinado processo e terminá-las dentro do *takt time*, a rotina definida de operações refere-se à ordem com que esse operário deve executar as diversas tarefas sob sua responsabilidade. Quando são necessários vários operários na execução de um determinado processo para atender ao *takt time*, cada um deles terá uma sequência de tarefas a cumprir dentro de um tempo específico (PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 2000).

Para Liker e Meier (2008), somente operários, com conhecimento aprofundado do trabalho e capacitados para solucionar problemas, são capazes de cumprir uma rotina de operações detalhada, sem interrupções constantes, de forma sincronizada ao *takt time*. Para isso, no STP, o processo de desenvolvimento das rotinas de trabalho descreve todas as atividades de forma minuciosa, ou seja, especificadas em termos de seu conteúdo, sequência, tempo e resultados esperados (SPEAR E BOWEN, 1999).

Dennis (2015) afirma que no STP, sempre que possível, são utilizados fotografias e desenhos como forma de mostrar claramente a rotina de trabalho padronizado, ou seja, a melhor maneira de fazer cada ação de trabalho e a sequência adequada. Conforme o referido autor, a natureza visual do trabalho padronizado é uma ferramenta importante para a segurança e a ergonomia.

2.5.2.3 Estoque Padrão

O estoque padrão corresponde à quantidade mínima de itens necessários para que o fluxo de produção permaneça contínuo (OHNO, 1997; DENNIS, 2015). Monden (1998) define estoque padrão de processo como a quantidade total de produtos parcialmente acabados que se acumulam ao longo da linha de produção, ou seja, os estoques intermediários que são necessariamente formados durante o processo produtivo. Para o referido autor, refere-se à quantidade de estoque que cada trabalhador precisa ter à mão, a fim de realizar seu trabalho.

Conforme mencionado por Fazinga (2012), em ambientes de produção diferentes da manufatura, ainda que os objetivos de implementação do TP sejam os mesmos do STP, pode haver necessidade de adaptações no âmbito de seus elementos constituintes devido às especificidades de cada tipo de indústria.

2.5.3 Ferramentas do trabalho padronizado

Segundo o *Lean Institute Brasil* (2003), são três as ferramentas básicas utilizadas na criação do trabalho padronizado:

- a) Folha de Estudo de Processo (FEP): planilha que auxilia na coleta de tempos de um processo, por meio de cronometragem e identificação de cada elemento de trabalho⁵. Ao final, esse documento gera o tempo de ciclo do processo;
- b) Gráfico de Balanceamento do Operador: quadro com a descrição da distribuição da carga de trabalho entre os funcionários, relacionados ao *takt-time*;
- c) Tabela de Combinação do Trabalho Padronizado: tabela que exhibe a combinação do tempo de trabalho manual e o tempo percorrido de cada operário, com o tempo de processamento da máquina. A tabela completa mostra as interações entre operadores e máquinas no processo analisado e permite que se recalcule o conteúdo de trabalho dos operadores, conforme o *takt time* se expande ou contrai.

Além dessas ferramentas, Liker e Meier (2007) apresentam o Diagrama de Trabalho Padronizado, cuja função é auxiliar o trabalhador sobre como deve executar seu trabalho em relação à sequência operacional e à localização do estoque. Essa ferramenta ilustra o deslocamento dos funcionários na área de trabalho através de um *layout* (LIB, 2003). Por fim, o Diagrama de Espaguete é outra ferramenta necessária que, segundo Womack e Jones (2004), mostra o fluxo físico de um produto ou o deslocamento de um operador. Seu objetivo é ilustrar os desperdícios referentes ao deslocamento e transporte, realizados pelos funcionários (WOMACK; JONES, 2004).

2.5.4 Aplicações do TP no Contexto da Construção Civil

O estudo de Saffaro (2007) analisou o papel da prototipagem no detalhamento do método de TP e apontou que cabe à prototipagem realizada na etapa de produção efetuar o refinamento do método de trabalho padronizado, adequando-o à situação específica. Gallardo (2007) propôs cinco diretrizes para a estabilização de processos de produção na construção, sendo uma delas a necessidade conhecer em maior nível de detalhe as sequências e durações das operações do processo em estudo.

⁵ Um elemento de trabalho pode ser definido com “o menor incremento de trabalho que pode ser transferido a outra pessoa” (ROTHER; HARRIS, 2016).

Bulhões (2009) propôs diretrizes para implementação do fluxo contínuo no setor da construção civil baseadas no sistema de planejamento e controle da produção (PCP), em adaptações de ferramentas do STP e no planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem, e na redução do tamanho do lote. A autora propõe, para o setor da construção, a utilização combinada das ferramentas do STP, dentre elas o gráfico de balanceamento do operador e a tabela de combinação do trabalho padronizado, com ferramentas de PCP.

Rother e Harris (2016) apresentam um guia prático para gerentes e engenheiros de como implementar o trabalho padronizado na manufatura. Apoiando-se nos elementos e documentos do trabalho padronizado, sugeridos no referido guia, Mariz (2012) propôs um método para aplicação do trabalho padronizado no setor da construção civil.

Fazinga (2012) buscou compreender as particularidades do setor da construção civil que influenciam o conteúdo do trabalho padronizado. O referido estudo associou os elementos do TP no STP aos três componentes conceituais do padrão propostos por Kondo (1991): (a) meta, (b) restrições e (c) método. Dentre as principais reflexões da autora, está a constatação de que, devido ao longo tempo de ciclo dos processos da construção, o *takt time* na construção assume uma abordagem diferente da manufatura, e não é diretamente utilizado como um parâmetro de controle para a evolução da produção. Dessa forma, a mesma autora estabeleceu pontos de monitoramento em relação ao tempo de produção. Além disso, o conceito de estoque padrão para a construção foi associado a restrições, tais como o compartilhamento de recursos e condições específicas requeridas para que um material ou componente possa ser utilizado (FAZINGA, 2012).

Nos estudos de Fernandes et al. (2015) e De Bortoli et al. (2017) foram identificadas as tarefas de agregação de valor, auxiliares e não agregadoras de valor dos principais processos das obras em estudo, como base para aplicação do trabalho padronizado. Segundo De Bortoli et al. (2017), o trabalho padronizado deve ter como objetivo melhorar o tempo produtivo das etapas que agregam valor e eliminar desperdícios (etapas não agregadoras de valor) de um conjunto de células de produção, garantindo que uma etapa não atrapalhe a outra. Dessa forma, busca-se alcançar a sincronização de diferentes processos interdependentes.

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Neste capítulo, primeiramente são abordados e discutidos assuntos relacionados aos sistemas de planejamento e controle da produção. Em seguida, são apresentados os conceitos do sistema *Last Planner* (LPS). Por fim, são apresentados os conceitos dos sistemas de planejamento e controle baseados em localização (LBPC): *Location-Based Management System* (LBMS) e *Takt Time Planning* (TTP).

3.1 SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

O planejamento e controle da produção (PCP) consiste em um processo gerencial e envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle (FORMOSO et al, 1999). Segundo Formoso et al. (2001), a ineficácia do planejamento e controle acaba expondo o processo de produção à variabilidade e à incerteza, o que resulta em mudanças de ritmo e interrupções na execução das atividades.

Laufer e Tucker (1987) consideram o planejamento e controle como um processo, formado pelas seguintes etapas: preparação do processo, coleta de informações, elaboração dos planos, difusão das informações, ação e avaliação do processo. Para Laufer e Tucker (1987), o planejamento deve sempre responder às seguintes questões:

- a) O que deve ser feito? (Atividades)
- b) Como as atividades devem ser executadas? (Métodos)
- c) Quem deve executar cada atividade e com quais meios? (Recursos)
- d) Quando as atividades devem ser executadas? (Sequência e tempo)

3.2 LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

Segundo Ballard (2000), o LPS pode ser entendido como um modelo de PCP que possuiu o mecanismo para transformar o que deveria ser feito no que pode ser feito, utilizando o plano de trabalho semanal. O LPS contribui para reduzir o risco de propagação da variabilidade (KOSKELA, 2000), no desenvolvimento de planejamento prospectivo e na redução das

incertezas nas operações da construção (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012). No nível de planejamento de médio prazo, o LPS permite que as restrições sejam removidas antes das programações semanais, contribuindo para reduzir o risco de propagação da variabilidade (KOSKELA, 2000). O LPS pode ser dividido em quatro níveis hierárquicos (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012): a) Planejamento de longo prazo; b) Planejamento de fase; c) Planejamento de Médio Prazo; d) Planejamento de Curto Prazo.

No planejamento de longo prazo é realizado o desenvolvimento de um plano geral, o qual possui um baixo grau de detalhamento, devido às incertezas presentes no sistema construtivo (BALLARD; HOWELL, 1997). Nesta etapa, são identificados todos os processos necessários para a execução do projeto, mostrando as principais atividades, além de suas durações e sequenciamento construtivo (OLIVIERI, 2016).

No planejamento de fase, ocorre a divisão do planejamento de longo prazo em diferentes fases, com o objetivo de desenvolver planos de trabalho mais detalhados e fornecer objetivos que podem ser considerados como metas pela equipe (OLIVIERI, 2016). Segundo Ballard e Tommelein (2020), os participantes envolvidos na definição do plano da(s) etapa(s) do empreendimento devem ser os agentes envolvidos, tais como: representantes do contratante e projetistas. O plano resultante deve especificar metas e transferências entre os vários especialistas envolvidos na(s) etapa(s), de forma a atingir tais metas. Os autores enfatizam que o planejamento faseado tem o importante papel de estabelecer metas claras para o *Last Planner*.

No planejamento de médio prazo (*lookahead*), o horizonte de planejamento é móvel, os processos são mais detalhados do que no plano de longo prazo e o principal objetivo, desse nível de planejamento, é identificar e remover restrições para a execução das atividades (BALLARD; HOWELL, 1997). Por fim, no planejamento de curto prazo, ocorre o acordo colaborativo, que se refere aos pacotes de trabalho a serem realizados na semana, por meio de reuniões semanais (OLIVIERI, 2016). O planejamento de curto prazo tem o papel de orientar diretamente a execução da obra (FORMOSO et al., 1999).

Um elemento fundamental do LPS é o envolvimento dos “últimos planejadores”, assim chamados porque seus planos conduzem diretamente à execução, ao invés de servir como entradas para outros processos de planejamento. Esses supervisores da linha de frente, tais como mestres, encarregados e subempreiteiros, são os mais bem informados sobre como executar o trabalho de forma otimizada em um determinado ambiente.

A partir do planejamento no nível de médio prazo, Ballard e Tommelein (2020) destacam a necessidade de realizar o Projeto de Operações (*operations design*) de forma colaborativa, para um conjunto de processos críticos. Estas operações consistem em etapas a serem executadas por um ou vários trabalhadores, suas durações, sequência, quem executa cada etapa, qual o melhor caminho para os trabalhadores, além de especificar os equipamentos e materiais necessários para a realização da operação (BALLARD e TOMMELEIN, 2020). Entretanto, os mesmos autores apontam que este é um dos elementos menos implementados do LPS.

3.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADO EM LOCALIZAÇÃO

Os sistemas de Planejamento e Controle Baseados em Localização (LBMC), tais como o LBMS (SEPPANEN et al., 2010) e o TTP (FRANDSON et al., 2013), podem ser considerados como um conjunto de técnicas de planejamento e controle da produção que consideram a relação entre as atividades de construção, o tempo e os locais de trabalho (OLIVIERI ET AL., 2019).

As bases do planejamento com base em locais foram desenvolvidas a partir de técnicas gráficas, pelo professor polonês Karol Adamiecki, no início do século XX e utilizadas em 1929 em projetos inovadores, como o Empire State Building (KENLEY E SEPPANEN, 2010). Nos anos 40, a técnica de planejamento de Linha de Balanço (LOB) foi desenvolvida pela *Goodyear*, sendo expandida na década de 1950 pela US Navy e, após, foi objeto de várias pesquisas nas décadas de 1960 e 1970 (KENLEY; SEPPANEN, 2010; TANMAYA et al., 2012).

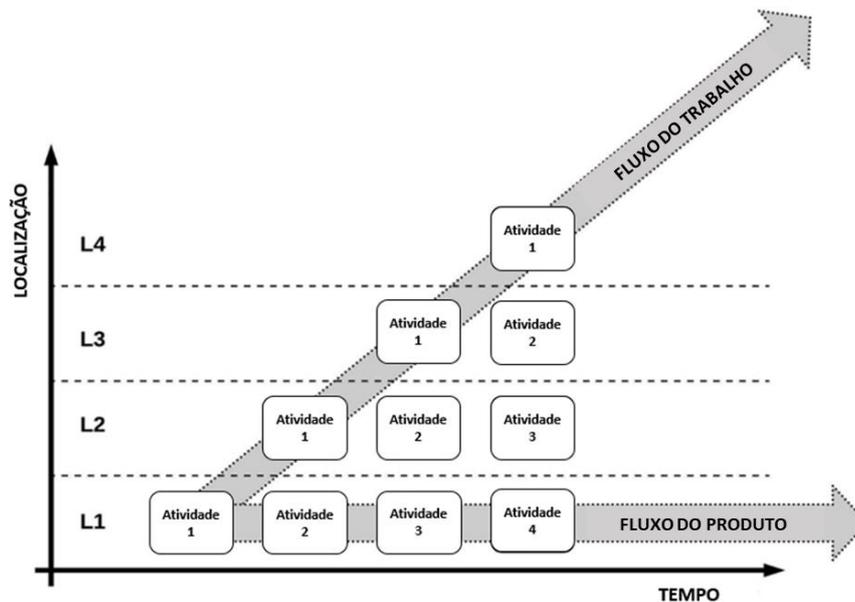
O LBPC utiliza a técnica da LOB para representar o plano de longo prazo (FRANDSON, 2019; KENLEY; SEPPANEN, 2010), mas difere desta por ser um método para planejar e controlar um empreendimento de construção (OLIVIERI; GRANJA; PICCHI, 2016), enquanto a LOB é apenas uma técnica de representação de planos. A LOB permite visualizar os fluxos de trabalho, simular e discutir diferentes estratégias e alternativas para o sequenciamento das atividades, ao mesmo tempo que traz informações de quando e onde cada atividade vai ser realizada (KEMMER; HEINECK; ALVES, 2008). A representação é por meio de um diagrama no qual se dispõe a escala temporal no eixo das abcissas (X) e as localizações no eixo das ordenadas (Y). Entre os conceitos relacionados ao fluxo contínuo explicitamente utilizados na LOB, destacam-se o tamanho do lote, tempo de ciclo e ritmo de processos (BULHÕES; FORMOSO, 2004; SCHRAMM; RODRIGUES; FORMOSO, 2006). Nutt et al. (2020) afirmam ainda que

questões relacionadas à quantidade de trabalho em progresso (WIP) e falta de sincronização entre as equipes são explícitas por meio dessa técnica visual.

Segundo Kenley e Seppanen (2010), a utilização de ferramentas e sistemas de planejamento e controle que evidenciem os locais de trabalho é essencial para permitir o fluxo na construção. Isso decorre visto que, na construção civil, um único local serve, simultaneamente, como uma estação de trabalho e como um produto sendo processado (KENLEY E SEPPANEN, 2010; GROOVER, 2011; LINNIK, 2013). Nesse sentido, Sacks (2016) propõe que o fluxo de atividades realizadas em um único local deve ser visto como um fluxo de processo primário, denominado fluxo de localização. O fluxo de operações é formado pelas atividades realizadas por uma única equipe, em diferentes locais, denominado fluxo de equipes (SACKS, 2016).

A Figura 30 mostra a essência dos tipos de fluxo de trabalho que se busca alcançar nos empreendimentos de construção e está fortemente vinculada ao conceito de processos e operações, proposto por Shingo (1996).

Figura 3 – Relação dos fluxos na construção



Fonte: Adaptado de Lehtovaara *et al.*, 2020.

Nesse sentido, o fluxo do trabalho, avança diagonalmente conforme as equipes se movem através dos locais (eixo Y) realizando atividades nelas. Essa ideia pode ser relacionada ao conceito de operação proposto por Shingo (1996), isto é, às ações realizadas nas estações de

trabalho individuais pelos operadores e equipamentos. Por outro lado, o fluxo do produto avança em locais individuais ao longo do tempo (eixo X) e esta ideia pode ser relacionada ao conceito de processo apresentado por Shingo (1996), isto é, à movimentação dos produtos na linha de produção.

Segundo Ballard e Tommelein (2021), os sistemas de LBPC foram usados com sucesso em conjunto com o LPS. Na medida em que a liberação confiável de locais é alcançada, isso simplifica o gerenciamento de fluxos e muda o foco da coordenação do trabalho entre diferentes equipes, para coordenar o trabalho dentro da mesma equipe e sincronizar fluxos de materiais, informações e recursos com o plano de localização (SEPPÄNEN et al. 2010, 2015, FRANDSON, TOMMELEIN, 2016).

3.3.1 *Location-Based Management System (LBMS)*

O avanço no planejamento baseado em localização veio com o trabalho de Kenley e Seppänen (2010) que combinaram os termos “planejamento baseado em locais” e “controle baseado em locais” para criar a denominação LBMS, ou sistema de gerenciamento baseado em locais. Essa abordagem de trabalho permite prover o fluxo ininterrupto de trabalho (foco nos recursos), completar em sequência os locais de trabalho e promover uma produção equilibrada e ideal para as equipes envolvidas na construção (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010).

O LBMS combina taxas de produção, quantidades e consumo de recursos em locais específicos para estimar as durações das atividades (BUCHMANN-SLORUP, 2012). Nesse sentido, o LBMS foca na sincronização das taxas de produção por meio de ajustes nas equipes (ARDITI et al., 2002). A sincronização corresponde ao procedimento de conferir ritmo ao fluxo de produção entre as estações de trabalho. Em outras palavras, a sincronização consiste em definir o momento e a quantidade correta a ser produzida com base na demanda da estação de trabalho a jusante (BLACK, 1998).

Os planos gerados com base nessa abordagem dão um maior enfoque aos *buffers* de tempo ou de espaço. *Buffers* de tempo são folgas propositalmente inseridas na programação das tarefas com a intenção de proteger o planejamento e absorver pequenas variações na produção, como por exemplo, os atrasos (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010; BALLARD; TOMMELEIN, 2021). Já os *buffers* de espaço surgem quando os locais planejados são grandes o suficiente para absorver a execução de diversas disciplinas, ou em outras palavras, uma atividade sucessora pode

começar na zona de trabalho, sem causar nenhuma interferência na atividade anterior (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010; BALLARD; TOMMELEIN, 2021).

As principais etapas envolvidas no LBMS apontadas por Kenley e Seppänen (2010) são: (a) estimar as quantidades (áreas, volumes) de trabalho por local; (b) explorar a atividade da linha de base para maior detalhamento; (c) planejar os recursos; (d) definir a lógica sequencial; (e) verificar se as restrições da linha de base estão sendo cumpridas; (f) monitorar, controlar e atualizar as tarefas.

No que diz respeito à etapa de controle da abordagem LBMS, Kenley e Seppänen (2010) classificam as informações em quatro diferentes estágios: linha de base, plano atual, progresso e projeção. A linha de base diz respeito ao compromisso do contratado e do cliente, sendo estas informações alteradas somente quando essas bases de comprometimento entre os dois são alteradas (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010). O plano atual traz informações a respeito de como se dará a produção com base nas informações disponíveis, a informação de progresso diz respeito a como a produção tem avançado, e a informação de projeção usa as informações de todos os outros estágios para descrever como possivelmente se dará a produção no futuro (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010).

3.3.2 *Takt Time Planning (TTP)*

Numa comparação entre o TTP e o sistema LBMS, Linnik et al. (2013) descrevem que a prioridade do LBMS é manter a utilização dos recursos de mão de obra, sem descontinuidade no fluxo ao longo dos locais de trabalho (prioriza o fluxo ininterrupto), e com a possibilidade de ritmos variáveis em diferentes locais de trabalho (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010). Por outro lado, a prioridade no TTP é a continuidade do trabalho em cada local, ou seja, que o trabalho tenha um fluxo contínuo do produto, permitindo transferências confiáveis e uma oportunidade de melhorar continuamente o sistema de produção (FRANDSON, 2019). Assim, para Frandson (2019), o TTP pode também contribuir para minimizar o trabalho em progresso (WIP).

No TTP, o equilíbrio dos processos repetitivos da produção ocorre por meio do balanceamento da produção, ou seja, igualando o tempo de ciclo das estações de trabalho (BLACK, 1998). O balanceamento pode ser atingido através de alterações na quantidade de trabalho, ou seja, estabelecendo uma nova combinação das operações executadas nas estações ou promovendo mudanças na composição da equipe (BALLARD; TOMMELEIN, 1999). Howell, Laufer e Ballard (1993) esclarecem que o conhecimento da capacidade de produção nas estações de

trabalho é condição para efetuar o balanceamento, sendo a sua obtenção afetada pela presença da variabilidade no tempo de ciclo, tanto da própria estação de trabalho, quanto das estações anteriores.

Conforme Frandson (2019), a implementação do TTP na construção ocorre de forma diferente do contexto da manufatura. Por definição, o *takt time* sempre se refere à demanda, no entanto, na construção, apesar de existir uma data de conclusão conhecida para o projeto, isso pode ser negociado e pode mudar. Assim, para o referido autor, usar o TTP na construção requer que a equipe do projeto crie sua própria taxa de demanda alinhada com a data de conclusão, que pode ser traduzida em diferentes tipos de unidades (pavimentos, apartamentos, ambientes...).

Em relação aos *buffers*, o TTP incorpora estes dentro da capacidade de produção das equipes, sendo o tempo de ciclo das atividades menor do que o *takt time* (FRANDSON; SEPPÄNEN; TOMMELEIN, 2015). Nesse sentido, esse tipo de *buffer* considera o incremento de recursos de mão de obra ou equipamentos para atividades consideradas críticas pela equipe do projeto (HORMAN; THOMAS, 2005).

Conforme Frandson et al., (2013), um desafio na entrega de projetos de construção é desenvolver, não apenas um plano geral de construção, mas também o plano de produção, isto é, planos que contenham mais detalhes das operações de um processo. Nesse sentido, os referidos autores afirmam que, ao invés de se basear em estimativas e experiência, o plano de produção é baseado em informações obtidas daqueles que realmente farão o trabalho, os quais descrevem formas alternativas de realizar o trabalho (meios e métodos) e quanto tempo esperam fazê-lo com base na capacidade de recursos disponível.

Frandson (2019) descreve as sete etapas envolvidas no TTP, sendo que elas ocorrem de forma iterativa: (a) identificar as equipes e as diferentes atividades a serem executadas; (b) reunir informações com cada equipe, tais como: possíveis restrições de material e mão de obra, informações necessárias para auxiliar na tomada de decisão, alternativas de métodos de trabalho, preferência pela sequência executiva de trabalho; (c) definir as áreas de trabalho; (d) compreender a sequência das diferentes especialidades; (e) identificar as durações de cada uma das especialidades; (f) realizar o balanceamento (equilibrar) do fluxo de trabalho; (g) estabelecer o plano de produção.

Para que o TTP tenha sucesso, são necessários acompanhamentos e ajustes do plano durante a obra (HAGHSHENO ET AL. 2016). Peters et al. (2009) recomendaram reuniões diárias com as diferentes equipes de produção e a equipe de gestão da obra. Nesse sentido, busca-se a integração dos trabalhadores no processo de resolução de problemas. Alternativamente, os autores sugerem seguir os planos semanais do LPS, com acompanhamento diário esporádico. Grönvall et al. (2021) identificaram os benefícios da gestão visual para comunicar os requisitos aos trabalhadores, fornecendo uma visão transparente do fluxo de produção, além de servir como suporte para o controle do TTP.

Na última década, o TTP ganhou um rápido interesse no gerenciamento de operações de construção e na comunidade da *Lean Construction*. Foram constatadas reduções de duração das obras em mais de 50% (BINNINGER et al., 2018), aumento da transparência na comunicação e eficácia no controle de produção (FRANDSON; TOMMELEIN, 2014), aumento da qualidade e segurança (HEINONEN; SEPPÄNEN, 2016) e aumento produtividade do trabalhador (KUJANSUU et al., 2020).

3.3.3 Comparação entre LBMS e TTP

Segundo Frandson e Tommelein (2015), a comparação de LBMS com TTP mostra mais semelhanças do que diferenças. Os referidos autores afirmam que ambos os métodos visam ao fluxo contínuo de trabalho, através das áreas de produção, em um ritmo definido para cada fase do trabalho, porém o fazem de formas distintas. A Figura 4 apresenta as diferenças, que estão relacionadas a como cada método utiliza os *buffers*, realiza o controle e a alocação dos recursos.

Figura 4 – Comparação entre LBMS e TTP

	LBMS	TTP
Buffers	Prioriza <i>buffers</i> de tempo e espaço.	Prioriza <i>buffers</i> de capacidade e espaço.
Controle	Abordagem <i>top down</i> . Engenheiros acompanham o progresso, executam previsões e identificam problemas, que são resolvidos de forma colaborativa.	Abordagem colaborativa. Ênfase para a visualização do local de trabalho, de forma a deixar claro para todos quem está trabalhando e onde, a fim de distribuir o controle. Equipes de produção fornecem atualizações frequentes da evolução dos trabalhos e engenheiros monitoram a execução.
Alocação de recursos	Carrega-se totalmente os recursos nas tarefas de produção e usa-se o mesmo tamanho de equipe continuamente. As durações das tarefas assumem taxas de produção ótimas (não considera interferências). Utiliza-se <i>buffers</i> de tempo entre as tarefas para manter o uso produtivo das pessoas.	Subcarrega-se as equipes nas tarefas de produção, a fim de manter uma transferência oportuna e previsível. Espera-se que as pessoas terminem antes do tempo <i>takt</i> e possam então trabalhar nas tarefas “fora do <i>takt</i> ” (por exemplo, lista de pendências), preparar-se para a próxima sequência do <i>takt</i> , conduzir estudos iniciais, treinar ou inovar para melhorar o seu trabalho. Se as equipes estiverem trabalhando muito rapidamente, menos mão de obra será necessária para concluir a tarefa dentro do <i>takt time</i> .

Fonte: Frandson e Tommelein, 2015.

4 MÉTODO

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado para conduzir este trabalho. São apresentados a estratégia de pesquisa, o delineamento da pesquisa, a descrição dos estudos realizados e as fontes de evidência. Para cada estudo, é apresentada a empresa e o empreendimento envolvidos nos estudos, bem como as atividades realizadas em cada um deles. Por fim, são apresentados os constructos utilizados na avaliação do método proposto.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Van Aken (2004) distingue três categorias de disciplinas científicas: (a) ciência formal – a missão é construir sistemas de proposições cujo teste principal é sua consistência lógica interna; (b) ciência explicativa – a missão é descrever, explicar e prever fenômenos observáveis; (c) ciência do design (*Design Science Research*) – a missão é produzir conhecimentos prescritivos para serem usados no desenvolvimento de conceitos de soluções para classes de problemas. Levando em consideração o contexto no qual se desenvolveu o estudo, bem como os tipos de questões e objetivos apresentados, foi definida para esse trabalho a abordagem da *Design Science Research* (DSR).

Para Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), na *Design Science Research* busca-se a resolução de problemas por meio da construção de modelos, procedimentos, diagramas, planos, organizações. Lukka (2003) define DSR como um procedimento de pesquisa para produzir construções inovadoras (artefatos) com o objetivo de solucionar problemas enfrentados no mundo real e, assim, contribuir para a teoria da disciplina na qual é aplicada. É parte essencial dessa abordagem a amarração do problema e sua solução com o conhecimento teórico acumulado (KASANEN, LUKKA e SIITONEN, 1993). O conhecimento científico gerado por esse tipo de abordagem de pesquisa deve ter um certo nível de abstração, de forma a ser transferido para contextos semelhantes (VAN AKEN, 2004).

Os artefatos ou *outcomes* da DSR, segundo March e Smith (1995), são: constructos, modelos, métodos e implementações. De acordo com os referidos autores, constructos constituem a

conceitualização utilizada para descrever os problemas ou para especificar soluções, e formam o vocabulário dentro deste domínio. Os modelos são um conjunto de proposições ou afirmações que expressam relações entre os constructos. Os métodos são um conjunto de passos, um algoritmo ou diretrizes, todas utilizadas para executar uma tarefa. As implementações são a realização de um artefato, ou seja, operacionalizam constructos, modelos e métodos.

O artefato desenvolvido nessa pesquisa é um método para a implementação do trabalho padronizado de forma integrada ao planejamento e controle baseado em localização. Dessa forma, constituiu em um conjunto de passos para executar essa integração. Esse método visa a contribuir para a sincronização e o aumento do grau de padronização dos processos, resultando em uma produção mais estável. As contribuições teóricas desta pesquisa dizem respeito à definição do trabalho padronizado e à definição dos elementos que devem compor o trabalho padronizado para o setor da construção civil e à proposta da utilização de folgas como elemento do trabalho padronizado na construção civil.

4.2 DELINEAMENTO

O delineamento dessa pesquisa foi dividido de acordo com as três fases propostas por Holmström et al. (2009): (a) compreensão do problema e incubação da solução; (b) desenvolvimento e teste da solução; (c) análise e reflexão. Além disso, o processo de condução dessa pesquisa foi ainda subdividido segundo as seis etapas para uma *Design Science Research*, propostas por Lukka (2003):

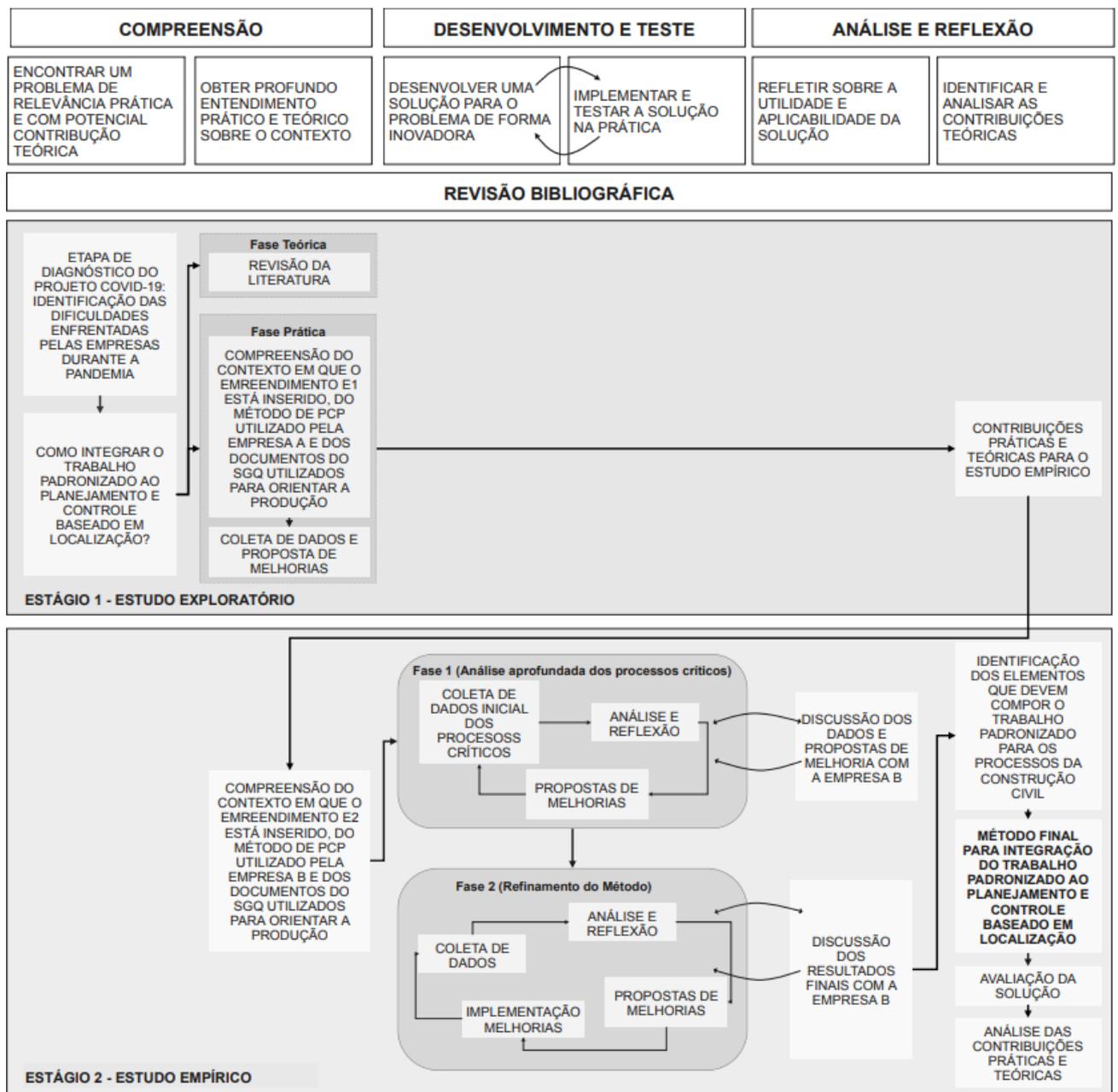
- e) Encontrar um problema de relevância prática e com potencial contribuição teórica;
- f) Obter profundo entendimento prático e teórico sobre o contexto;
- g) Desenvolver uma solução para o problema de forma inovadora;
- h) Implementar e testar a solução na prática;
- i) Refletir sobre a utilidade e aplicabilidade da solução;
- j) Identificar e analisar as contribuições teóricas.

A abordagem de pesquisa em DSR, contudo, não é linear, existindo uma série de iterações e ciclos de aprendizagem ao decorrer da pesquisa, que envolvem a ampliação do entendimento do problema e o desenvolvimento e avaliação da solução a ser construída ao longo do tempo (LUKKA, 2003; VAISHNAVI E KUECHLER, 2007). Nesse sentido, Vaishnavi e Kuechler (2007) afirmam que o processo de construção e avaliação de um artefato do DSR deve ser

cíclico e incluir de forma iterativa as atividades de identificação do problema, concepção do projeto, desenvolvimento e implantação do artefato, avaliação do artefato e conclusão, através da reflexão do conhecimento adquirido.

A Figura 5 apresenta o delineamento da pesquisa, incluindo o estágio de estudo exploratório e do estudo empírico. Também são apresentadas as atividades realizadas em cada um dos estágios, sua sequência e os ciclos de aprendizagem principais.

Figura 5 – Delineamento da Pesquisa



Fonte: elaborado pela autora.

A etapa de diagnóstico iniciou com uma imersão no contexto da pesquisa, focado no controle da propagação do vírus SARS-CoV-2 em canteiros de obras. Essa fase de compreensão contemplou a procura e identificação de um problema de relevância prática, além da busca por uma lacuna de conhecimento. Nesse sentido, percebeu-se a necessidade de adaptar conceitos e princípios da produção enxuta como forma de melhorar o padrão de execução das atividades da construção civil e, assim, melhorar o desempenho da produção. Nesse contexto, foi possível participar de *workshop* com uma especialista na área de Trabalho Padronizado, a fim de identificar as oportunidades de utilizar a abordagem da produção enxuta em conjunto com o planejamento e controle baseado em localização. Essa etapa do primeiro estágio da pesquisa, incluindo o diagnóstico do Projeto Covid-19 e a participação no *workshop*, serviu para a compreensão inicial do problema de pesquisa, para entender as necessidades envolvidas no desenvolvimento de um planejamento e controle baseado em localização, assim como os conceitos envolvidos para implementação do trabalho padronizado. No mais, permitiu a pesquisadora testar o *software* Agilean (Aplicativo de Gestão Integrada *Lean*) utilizado nos estudos subsequentes.

A identificação do problema de pesquisa levou à realização de um estudo exploratório em uma das empresas que participou da etapa de diagnóstico do Projeto Covid-19, chamada nesse trabalho de Empresa A. A oportunidade de realizar um estudo nessa empresa surgiu a partir do interesse da mesma em continuar implementando melhorias no seu sistema de planejamento e controle da produção. O estudo exploratório foi realizado entre novembro de 2020 a julho de 2021, sendo que nos meses de fevereiro, março e abril de 2021 não foi possível realizar nenhuma atividade em campo em função do pico da pandemia da Covid-19 no Rio Grande do Sul.

No estudo exploratório, foi realizado diagnóstico da Empresa A e do Empreendimento E1, com o intuito de entender o contexto, os sistemas de planejamento e controle da produção e gestão da qualidade existentes, e identificar oportunidades de melhoria. Essa fase foi marcada por uma parte teórica, composta por uma extensa revisão da literatura, que buscou entender os principais conceitos envolvidos no trabalho padronizado, assim como as abordagens de planejamento e controle baseado em localização. Com o objetivo de proporcionar à pesquisadora uma maior experiência prática sobre a aplicação do trabalho padronizado na construção civil, utilizou-se na coleta de dados o método proposto por Mariz (2012). Após a coleta, os dados foram processados e analisados e foram apresentadas propostas de melhoria, tanto para a equipe de

gestão e planejamento quanto para a equipe de produção. Ambas as fases (teórica e prática) ocorreram concomitantemente e de forma iterativa. Esse estudo exploratório permitiu refletir sobre as condições prévias necessárias para implementar o trabalho padronizado em um canteiro de obras e, a partir dessas reflexões, propor algumas mudanças ao método proposto por Mariz (2012). O conhecimento adquirido nesse estudo exploratório ampliou o entendimento da pesquisadora a respeito do problema prático e refinou a questão principal da pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento do estudo empírico.

O estágio 2 dessa pesquisa compreende o estudo empírico principal, o qual foi realizado na Empresa B e se baseou nas reflexões do estudo exploratório para propor melhorias na padronização e sincronização de processos do Empreendimento E2, bem como no monitoramento e controle do trabalho padronizado. Além disso, este estudo buscou compreender os componentes que devem compor o trabalho padronizado em ambientes inseridos em sistemas sociotécnicos complexos. Este estudo foi realizado no período de janeiro de 2022 a setembro de 2022. A equipe envolvida no desenvolvimento desse estudo foi formada pela pesquisadora, autora do trabalho e pelo doutorando Fabrício Berger de Vargas, que investigava a contribuição das tecnologias digitais para o controle do *status* da produção.

Na fase de compreensão do estudo empírico foi realizado diagnóstico da Empresa B e do Empreendimento E2, com o intuito de entender o contexto, o sistema de planejamento e controle da produção existentes, analisar os documentos utilizados no sistema de gestão da qualidade (SGQ), identificar processos críticos na produção e oportunidades de melhoria. Na fase de desenvolvimento e teste, primeiramente foi realizada uma análise aprofundada dos processos críticos e identificadas oportunidades de melhoria no desenvolvimento dos processos. Os dados analisados e as propostas de melhoria foram discutidos com representantes da Empresa B. A partir das discussões, foi concebido e refinado o método de integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização. Esta concepção ocorreu ao longo dos ciclos de coleta de dados, análise e reflexão, propostas de melhoria e implementação das melhorias.

Ao final deste estudo empírico, na fase de análise e reflexão, foi realizada uma discussão dos resultados finais com os representantes da empresa e líderes das equipes, a fim de refletir sobre o processo de implementação e os resultados alcançados no trabalho. Posteriormente, foi realizada uma análise cruzada dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa

e proposto o método de integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização. Por fim, foi feita a avaliação da solução, e foram identificadas as contribuições práticas e teóricas da pesquisa.

4.3 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

4.3.1 Estágio 1 – Estudo exploratório

4.3.1.1 Descrição da Empresa A

Um conjunto de fatores justifica a escolha da Empresa A, dentre eles: (a) possuir um sistema de planejamento e controle formalizado; (b) utilizar a abordagem de planejamento e controle baseada em localização; (c) apresentar, no seu sistema de PCP, alguns elementos do *Last Planner*; e, (d) estar interessada em integrar o trabalho padronizado ao PCP.

A Empresa A tem sede administrativa na cidade de Porto Alegre – RS, é certificada pela ISO 9001 e está no Nível A do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Foi fundada em 1991 e atua na área de construção e incorporação. Desde 2010, a atuação da Empresa A está focada exclusivamente no setor de habitação de segmento econômico, construindo empreendimentos residenciais, como condomínios de casas e prédios com áreas de lazer de uso comum. Os empreendimentos entregues e em execução estão localizados em Porto Alegre e nas cidades da região metropolitana, tais como Canoas, Gravataí e Viamão.

A Empresa A trabalhava com mão de obra terceirizada, sendo que as empresas subempreiteiras recebem pagamentos a partir de medições mensais. A obra contava com um corpo técnico composto por três técnicos de edificações, um técnico de segurança do trabalho, três estagiários de engenharia, um almoxarife, um mestre de obras e um engenheiro responsável pelo empreendimento. No escritório central, ficava o restante dos setores, tais como suprimentos, gestão de custos e prazo e a gestão estratégica. Em relação à gestão da qualidade, havia uma empresa terceirizada que fazia auditorias mensais.

A Empresa A já possuía um sistema de planejamento e controle formalizado no Empreendimento E1, o qual possuía alguns elementos do Sistema *Last Planner*. Esta empresa utilizava o *Software Vicco Office* para o planejamento e controle das obras, sendo os planos apresentados por meio de linhas de fluxo. No início desta pesquisa, a Empresa A estava com uma licença para utilizar o *software Agilean*, o qual foi empregado para gerar os planos para o

Empreendimento E1. A presente pesquisa tinha interesse no referido *software*, uma vez que o Agilean gerava os planos por meio da linha de balanço, sendo possível visualizar tamanho de lote, tempo de ciclo, ritmo e eventual falta de sincronização dos processos, informações relevantes para o desenvolvimento do estudo.

4.3.1.2 Descrição do Empreendimento E1

O Empreendimento E1 é um condomínio residencial multifamiliar localizado na cidade de Canoas-RS e pertencente ao programa Casa Verde e Amarela, da Caixa Econômica Federal (CEF). Esse empreendimento tem área total construída de aproximadamente 18.000m² e é composto por 250 apartamentos, divididos em 3 torres de 7 a 8 pavimentos, sendo 6 apartamentos por andar.

O empreendimento é composto por três fitas de torres, sendo que entre cada fita há uma via para circulação e estacionamento de veículos. Além das unidades habitacionais, o empreendimento possui portaria central, salão de festas, brinquedoteca, *fitness*, quadra esportiva, *playground*, quiosques, piscina adulto e infantil, bicicletário e um prédio para estacionamento (Figura 6). Os apartamentos possuem de 46,75m² a 47,57m² compostos por sala de estar, cozinha/área de serviço, banheiro, dormitório de casal e dormitório de solteiro (Figura 7).

Figura 6 - Implantação do Empreendimento E1



Fonte: Empresa A.

Figura 7 - *Layout* dos apartamentos

Fonte: Empresa A.

Este estudo ocorreu numa etapa intermediária da obra, no qual estavam sendo executadas diversas atividades, tais como alvenaria estrutural, instalações, revestimento de gesso e forro de gesso. Esta obra foi escolhida pela equipe da empresa por ter sido, recentemente, realizado um estudo, em parceria com o NORIE/UFRGS, na área de integração da gestão de custos ao PCP baseado em locais. Assim, tinham interesse em avançar os estudos de gestão da produção nesse empreendimento, com foco no estudo mais detalhado das operações dos processos críticos do planejamento.

4.3.1.3 Descrição das atividades realizadas

A seguir serão descritas as principais atividades realizadas durante o estudo exploratório, representadas esquematicamente na Figura 8. Também serão descritas as fontes de evidências utilizadas.

Preparação para o estudo: foi realizada uma reunião com representantes da Empresa A para entender as necessidades da empresa e apresentar os objetivos e o escopo do trabalho. A partir disso, foi definido um plano de trabalho.

Diagnóstico da Empresa A e do Empreendimento E1: a primeira etapa do trabalho buscou entender como funcionam os sistemas de planejamento e controle da produção e o sistema de gestão da qualidade utilizados, incluindo ferramentas e técnicas utilizadas. Além disso, buscou-se compreender o contexto e identificar os problemas considerados como críticos pela Empresa A e pelo Empreendimento E1, que poderiam representar oportunidades de melhoria.

Logo no início deste estudo, a pesquisadora participou de uma reunião para o replanejamento do Empreendimento E1, pois a obra apresentava atraso em relação ao plano original. Nesta reunião, foi possível acompanhar as decisões das novas metas para a obra. A participação da

pesquisadora nessa reunião teve o intuito de entender como são realizados o planejamento e o controle da produção dos empreendimentos da empresa, focando, principalmente, no método e nos processos adotados.

Figura 8 – Atividades do Estudo Exploratório

ETAPA	FONTES DE EVIDÊNCIA	QTDE	DURAÇÃO TOTAL
PREPARAÇÃO PARA ESTUDO	Observação Participante - Reunião com representantes da empresa	1	1h 30min
DIAGNÓSTICO	Observação Participante - Reunião replanejamento da obra	1	3h
	Observação Participante - Reunião médio prazo	1	2h
	Observação Direta - Reunião curto prazo	3	1h 30min
	Observação Direta - Visita ao canteiro de obra	4	6h
	Entrevistas Abertas - Engenheiro da obra e Engenheira de planejamento	2	1h
	Análise de Documentos - projetos, plano de ataque, linha de balanço, planilhas de reunião de médio prazo, planilhas das reuniões de curto prazo, indicadores, fluxograma da obra, instruções de trabalho dos serviços		
	Registros Fotográficos		
PROCESSO ANALISADO	Observação Direta - Visita ao canteiro de obra	1	1h 30min
	Entrevista Semi Estruturada - Engenheiro da obra	1	30min
	Análise de Documentos - linha de balanço		
COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	Observação Direta - Visita ao canteiro de obra	5	22h
	Entrevista Semi Estruturada - Funcionários	2	1h
	Entrevista Aberta - Engenheiro da obra	1	30min
	Análise de Documentos - projetos e documentos do SGQ (instruções de trabalho)		
PROPOSTA DE MELHORIAS	Observação Participante - Reunião replanejamento obra	1	3h
	Observação Participante - Reunião com eng. da obra e assist. técnico	1	30min
	Observação Participante - Reunião com empreiteiro	1	30min
	Observação Direta - Visita ao canteiro de obra	3	4h30min
AVALIAÇÕES E DISCUSSÕES FINAIS	Entrevista Aberta - Técnico de Edificações	1	1h

Fonte: elaborado pela autora.

A pesquisadora participou ainda de uma reunião de médio prazo, na qual buscou entender como eram conduzidas as reuniões, no que diz respeito à identificação e remoção de restrições, e aos problemas enfrentados neste nível de PCP. Nessa ocasião, a pesquisadora realizou uma entrevista aberta (sem roteiro inicial) com a engenheira de planejamento, de modo que as melhores práticas utilizadas na empresa em relação a análise e remoção das restrições pudessem

ser identificadas e adequadamente compreendidas dentro do contexto da empresa. Além disso, a pesquisadora participou de três reuniões de curto prazo. O objetivo foi entender o andamento das reuniões de planejamento semanal, incluindo a atuação dos diferentes participantes, os principais problemas enfrentados e como era feito o controle da produção, incluindo a utilização do indicador PPC.

Além destas reuniões, foram realizadas quatro visitas ao canteiro de obras. Durante estas visitas, observou-se o andamento da obra, incluindo os processos em execução, e buscou-se identificar oportunidades de melhoria. O engenheiro responsável pela obra acompanhou a pesquisadora em uma das visitas ao canteiro e, na medida que se percorria as instalações da obra, perguntas iam emergindo e a pesquisadora obteve informações do contexto da obra. Além disso, procurou-se observar a presença de dispositivos visuais com informações a respeito dos planos para as equipes de produção.

Seleção do processo a ser analisado: foi feita uma análise da linha de balanço e realizada uma visita ao canteiro de obras para observar atividades que estavam sendo executadas. Além disso, foi feita uma entrevista semiestruturada com o engenheiro responsável pela obra (APÊNDICE A)⁶. Por meio dessas fontes de evidência, buscou-se identificar os processos com maior tempo de ciclo, que tanto poderiam fornecer um tempo suficiente para o desenvolvimento desta pesquisa, quanto poderiam representar um possível processo crítico. Ficou definido, em conjunto com o engenheiro, que a tarefa de forro de gesso acartonado teria potencial para se testar o trabalho padronizado. Os critérios para seleção deste processo foram: (a) apresentava-se como processo crítico, isto é, o atraso na sua execução poderia gerar impacto no prazo final da obra; e (b) atividade em andamento, dispondo de tempo para realização do estudo.

Coleta de dados – Compreensão do conteúdo de trabalho do processo: foi realizada entrevista aberta com o engenheiro e entrevista semiestruturada com os funcionários do forro de gesso (APÊNDICE B)⁷. Ainda, foram realizadas duas visitas ao canteiro de obras, para observação direta da atividade do forro de gesso, a partir do protocolo de visitas descrito no

⁶ Em função do estudo exploratório ter sido realizado durante o período da pandemia, algumas perguntas do roteiro da entrevista estavam relacionadas ao impacto das medidas governamentais na execução das atividades.

⁷ Em função do estudo exploratório ter sido realizado durante o período da pandemia, algumas perguntas do roteiro da entrevista estavam relacionadas ao impacto das medidas governamentais na execução das atividades.

APÊNDICE C⁸. Além disso, foram analisados o projeto arquitetônico e os documentos do SGQ. O objetivo foi identificar práticas seguidas em canteiro ou informações nos procedimentos do SGQ e nos projetos que pudessem ser utilizadas para a composição da rotina de trabalho, que explicitasse os elementos encontrados na literatura (*takt time*, estoque padrão e sequência padrão).

Coleta de dados – Acompanhamento da execução do forro de gesso: foi feita a observação e acompanhamento da execução do processo de forro de gesso no quinto, sexto e sétimo pavimentos, referentes ao lado B da Torre 2. Ao total, foram dezesseis horas e quarenta minutos de observação direta, nas quais foram cronometradas as durações de cada elemento de trabalho das atividades realizadas pelos gesseiros. LIB (2003) sugere a cronometragem para a coleta dos tempos e posterior determinação do tempo necessário para o profissional executar uma tarefa específica. LIB (2003) e Rother e Harris (2016) sugerem que cada elemento seja cronometrado dez vezes. Foram utilizados os documentos do trabalho padronizado propostos pelo LIB (2003) para registrar os elementos de trabalho observados e seus respectivos tempos. Os objetivos dessa coleta foram: (a) obter um profundo entendimento do método de execução do processo de forro de gesso (b) analisar as atividades produtivas, improdutivas e auxiliares, para então propor melhorias na redução do tempo das atividades improdutivas e auxiliares e (c) elaborar um plano detalhado e padronizado para execução desse processo.

Processamento e análise dos dados: os dados qualitativos e quantitativos coletados foram processados e analisados, utilizando a planilha proposta pelo LIB (2003), para gerar gráficos e dados relevantes para o estudo. Após, foi realizada a análise dos dados e gráficos por meio da identificação de quais eram as etapas mais críticas, como poderiam ser minimizadas as etapas que não agregavam valor, como se distribuíam as atividades do ciclo e quais poderiam ser os intervalos de tempo mais adequados para a conclusão da atividade.

Proposta de Melhorias – Discussão de melhorias e padronização da rotina de trabalho: após a análise dos dados, foram feitas algumas proposições de melhorias na execução do forro

⁸ Em função do estudo exploratório ter sido realizado durante o período da pandemia, o protocolo de visitas ao canteiro de obras inclui as condições para realizar as visitas presenciais conforme recomendações governamentais.

de gesso. A pesquisadora apresentou as propostas de melhoria em uma reunião de replanejamento da obra. Na reunião, foi acordado com o engenheiro da obra que, na próxima visita ao canteiro de obras, a pesquisadora apresentaria a proposta do trabalho padronizado ao subempreiteiro responsável pelo forro de gesso, bem como para os gesseiros que estavam executando esta atividade.

Proposta de Melhorias – Apresentação da rotina padronizada para gestão e equipes de trabalho: foram realizadas reuniões com o engenheiro da obra e um dos assistentes técnicos e com o subempreiteiro responsável pela equipe de trabalho. A primeira reunião objetivou apresentar as melhorias planejadas e buscar o comprometimento da equipe técnica da obra com a pesquisa, a fim de manter o acompanhamento diário das atividades e a manutenção das novas condições de trabalho, para a boa execução da atividade. A segunda reunião teve como objetivo apresentar a proposição de um novo sequenciamento para a execução das atividades, bem como confirmar com o subempreiteiro e com a equipe sobre a sua viabilidade de execução. Após a reunião com a equipe de produção, foi realizada uma visita ao canteiro de obras para entrega dos cartões visuais da nova rotina padronizada.

Proposta de Melhorias – Acompanhamento do 2º ciclo: a pesquisadora realizou duas visitas ao canteiro de obras, a fim de verificar o impacto das medidas propostas na execução do forro de gesso, bem como identificar as dificuldades na implementação do trabalho padronizado.

Avaliações e Discussões Finais: durante a última visita ao canteiro de obra, a pesquisadora realizou uma entrevista aberta com o técnico de edificações que estava acompanhando a Torre 3, onde estava sendo executado o processo de forro de gesso. O objetivo foi compreender, sob a perspectiva da equipe de gestão da obra, os impactos da rotina padronizada na produção.

Neste estudo exploratório, somente foi avaliado o potencial de aplicação do trabalho padronizado em uma atividade crítica em termos de prazo, e assim, foram exploradas formas de definir uma rotina de trabalho, em conjunto com os funcionários. Foram realizadas adaptações no método proposto por Mariz (2012) e assim, proposto um estudo mais detalhado das operações do processo de forro de gesso. Além disso, foram identificados os requisitos para a efetiva aplicação do trabalho padronizado. Apesar de algumas limitações, este estudo exploratório identificou o potencial de envolver os funcionários que executam as atividades no desenvolvimento de rotinas padronizadas dos trabalhos, por meio da definição das metas, da

identificação das restrições que limitam o desempenho do trabalho e da melhor sequência de execução das tarefas.

4.3.2 Estágio 2 – Estudo empírico

4.3.2.1 Descrição da Empresa B

Um conjunto de fatores justifica a escolha da Empresa B, dentre eles: (a) possuir um sistema de planejamento e controle formalizado; (b) apresentar, no seu sistema de PCP, alguns elementos do *Last Planner*; (c) ter um histórico de pesquisas desenvolvidas em parceria com o NORIE/UFRGS, sendo fruto desta parceria diversos trabalhos acadêmicos relacionados principalmente ao sistema de PCP, gestão da produção e da qualidade; e, (d) estar interessada em desenvolver estudos mais detalhados das operações de processos críticos do planejamento da obra.

A Empresa B é uma incorporadora e construtora de imóveis residenciais que atua desde 1962 no mercado imobiliário brasileiro. Atualmente a companhia opera em dezesseis estados do Brasil, sessenta e seis cidades brasileiras e no Distrito Federal. Essa empresa é dividida em diferentes marcas que atuam em segmentos distintos do mercado, a saber: alto padrão e luxo; classe média; loteamentos e econômico. Desde 2005, a empresa aplica conceitos e práticas relacionadas à Produção Enxuta. A Empresa B trabalha com mão de obra terceirizada e as subempreiteiras recebem pagamentos a partir de medições mensais. As obras da empresa contavam com um vasto corpo técnico composto por técnicos de edificações, técnico de segurança do trabalho, estagiários de engenharia, almoxarifes, mestre de obras e engenheiro responsável pelo empreendimento. No escritório central, ficava o restante dos setores, tais como qualidade e inovação, suprimentos, orçamento, planejamento e controle, compatibilização de projetos, personalização, assistência técnica e a gestão estratégica.

A Empresa B possuía um sistema de planejamento e controle formalizado no Empreendimento 2 e utilizava elementos do Sistema *Last Planner*. Para o planejamento de longo prazo das obras, a empresa utiliza o *software* MS Project.

4.3.2.2 Descrição do Empreendimento E2

O Empreendimento E2, localizado na cidade de Porto Alegre – RS, é caracterizado por uma tipologia de uso misto, constituído por uma área comercial e uma torre residencial multifamiliar. Este empreendimento tem área total construída de aproximadamente 15.341,13m² e é composto por dez salas comerciais e uma torre residencial de quinze

pavimentos. O sistema construtivo da torre residencial é em alvenaria estrutural e divisórias internas em *dry wall*. O pavimento térreo da torre residencial é composto por áreas de uso comum, tais como: salão de festas, espaço gourmet com *lounge* externo, área da churrasqueira, espaço *kids*, *fitness*, sala de jogos, quadra recreativa, *playground*, *deck* molhado e piscina. As áreas habitacionais estão localizadas do 2º ao 15º pavimento, totalizando 167 apartamentos, sendo 12 apartamentos por andar. A Figura 9 ilustra a implantação do empreendimento.

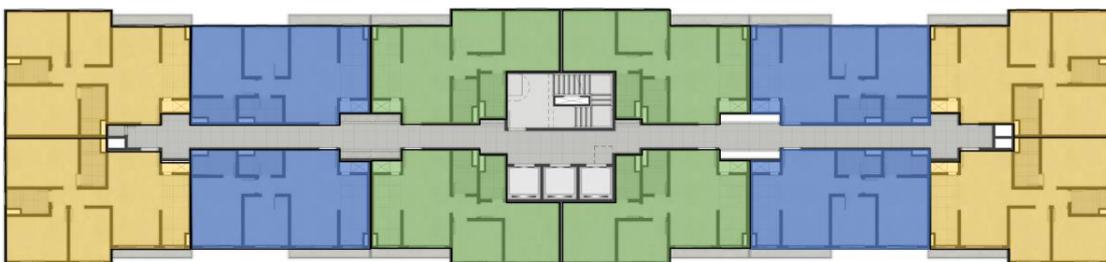
Figura 9 – Implantação do Empreendimento E2



Fonte: Adaptado da Empresa B.

Os apartamentos possuem de 56m² a 67m² de área privativa e cada pavimento tem três tipologias de apartamentos diferentes, sendo quatro apartamentos com três dormitórios e oito apartamentos com dois dormitórios. A Figura 10 ilustra a tipologia dos apartamentos.

Figura 10 – Tipologias dos apartamentos



3 dormitórios – 4 unid. / pav.
2 dormitórios – 4 unid. / pav.
2 dormitórios – 4 unid. / pav.

Fonte: Adaptado da Empresa B.

As atividades da construção do Empreendimento E2 iniciaram em setembro de 2020, com previsão de término para março de 2023. Este estudo ocorreu numa etapa intermediária da obra, no qual estavam sendo executadas diversas atividades, tais como *dry wall*, instalações, forro de gesso, impermeabilização, azulejo, piso cerâmico e pintura. Esta obra foi escolhida pelo diretor de engenharia da empresa por apresentar uma equipe de gestão experiente e fortemente engajada com os procedimentos de custo, prazo e qualidade da empresa. Além disso, era um empreendimento com pavimentos e atividades com alto grau de repetição, possibilitando implementar o TP para um conjunto de processos inter-relacionados e avaliar o impacto do TP ao longo de vários ciclos de repetição.

4.3.2.3 Descrição das atividades realizadas

O estudo empírico se dividiu em quatro grandes etapas: de preparação para o estudo; de diagnóstico, análise e proposição de melhorias; de refinamento e implementação; e de avaliações e discussões finais. A seguir, serão descritas as principais atividades realizadas em cada etapa do estudo empírico, representadas esquematicamente na Figura 11. Também serão descritas as fontes de evidências utilizadas.

Preparação para o estudo: foi realizada uma reunião virtual com representantes da Empresa B. Estavam presentes o Diretor de Engenharia, o Gerente da área de Qualidade e Inovação da empresa e a equipe de pesquisadores. Nessa ocasião, os pesquisadores apresentaram os objetivos e escopo do trabalho. Além disso, buscou-se entender as necessidades e os desafios enfrentados pela Empresa B.

Diagnóstico da Empresa B e do Empreendimento E2: a primeira etapa do trabalho buscou entender como funcionam os sistemas de planejamento, monitoramento e controle da produção, assim como o planejamento das atividades logísticas. Além disso, buscou-se identificar as tecnologias digitais já consolidadas na empresa para apoio de atividades gerenciais. Foram analisadas as ferramentas e técnicas utilizadas na gestão da produção e buscou-se identificar os problemas considerados como críticos e que poderiam representar oportunidades de melhoria.

Para uma melhor compreensão do contexto da obra em estudo, foram realizadas visitas ao canteiro de obra. O objetivo das visitas foi observar os sistemas construtivos adotados, identificar o zoneamento e tamanho dos lotes de produção e controle, identificar o uso dos dispositivos visuais para apoio ao PCP, analisar o *layout* do canteiro de obras, assim como as soluções logísticas adotadas, tais como: áreas de estoque e equipamentos de transporte vertical

e horizontal. O engenheiro responsável pela obra acompanhou os pesquisadores durante a primeira visita ao canteiro, e assim, foi possível também fazer perguntas relacionadas à gestão da obra. As perguntas iam emergindo durante a visita e o foco era compreender o sistema de PCP adotado, se houve um Projeto do Sistema de Produção (PSP), como eram realizadas as reuniões de planejamento de curto e médio prazo e quais as ferramentas e procedimentos utilizados no SGQ. Ademais, buscou-se avaliar a fase atual da obra, identificar tarefas críticas e as atividades planejadas para acontecer nos próximos meses.

Figura 11 – Atividades do Estudo Empírico

ETAPA	FONTES DE EVIDÊNCIA	QTDE	DURAÇÃO TOTAL
PREPARAÇÃO PARA ESTUDO	Observação Participante - Reunião com representantes da empresa	1	1h
DIAGNÓSTICO, ANÁLISE E PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS	Observação Participante - Reunião com Gestor do setor de Qualidade e Inovação	2	2h
	Observação Participante - Reunião com representantes da empresa	1	1h
	Observação Direta - Reunião de Médio Prazo	2	1h
	Observação Direta - Reunião de Curto Prazo	1	1h
	Observação Direta - Visita ao canteiro de obra	2	4h
	Entrevista Semi Estruturada - Gestor de Qualidade e Inovação	1	1h
	Entrevista Aberta - Engenheiro da obra	1	1h
	Análise de documentos - projetos, <i>layout</i> do canteiro, plano de longo prazo, planilhas de reunião de médio prazo, planilhas das reuniões de curto prazo, planilha do <i>status</i> da produção e indicadores		
	Registros Fotográficos		
	REFINAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO	Observação Participante - Reunião com Engenheiro da Obra e Gestor de Qualidade e Inovação	2
Observação Participante - Reunião com Empresa Agilean		1	1h
Observação Participante - Reunião com empresa ConstructIN		1	1h
Observação Participante - Capacitação equipe gerencial da obra		4	4h
Observação Participante - Apresentação TP para os funcionários		1	2h30min
Observação Participante - Treinamento funcionários		1	3h
Observação Direta - Visita ao canteiro de obra (coleta de dados)		10	34h
Entrevista Semi Estruturada - Funcionários		4	2h
Análise de documentos - procedimentos e instruções de trabalho registrados do SGQ			
Registros Fotográficos			
AVALIAÇÕES E DISCUSSÕES FINAIS	Observação Participante - Reunião com Engenheiro e Estagiário	1	1h30min
	Observação Participante - Reunião com Engenheiro para apresentação final do estudo	1	1h30min
	Observação Participante - Reunião com representantes da empresa	1	1h30min
	Entrevista Semi Estruturada - Funcionários	4	30min
	Entrevista Semi Estruturada - Engenheiro e Estagiário	2	1h

Fonte: elaborado pela autora.

No início desse estudo, os pesquisadores também participaram de uma reunião de curto prazo. O objetivo foi entender o andamento das reuniões, como eram planejados os pacotes de trabalho, qual o envolvimento e comprometimento dos participantes durante a reunião, além de observar a utilização do indicador PPC. Os pesquisadores participaram ainda de duas reuniões de médio prazo, nas quais buscou-se entender como eram conduzidas estas reuniões, no que diz respeito à identificação e remoção de restrições, como eram elaborados os planos de ação para atividades que eventualmente apontassem atraso e os problemas enfrentados neste nível de PCP. Ainda na etapa de diagnóstico, os pesquisadores realizaram uma entrevista semiestruturada com o gerente do setor de qualidade e inovação (APÊNDICE D) com o objetivo de avaliar o uso de tecnologias digitais no modelo de PCP da empresa, seus requisitos e de que forma apoiavam o monitoramento e controle dos processos de produção. Por fim, nessa etapa, também foi realizada a transcrição do plano de longo prazo do Empreendimento E2, elaborado no MS Project pela Empresa B, para linha de balanço, utilizando o *software* Agilean.

A análise dos dados permitiu aos pesquisadores a elaboração do diagnóstico e contribuiu para a proposição de melhorias ao modelo de PCP existente na empresa no que diz respeito à sincronização de atividades inter-relacionadas e à adaptação de tecnologias para automatizar processos de PCP. Dessa forma, foi realizada uma reunião com o gerente de qualidade e inovação da empresa, para apresentação dos resultados da análise. A partir das discussões geradas na reunião, os pesquisadores elaboraram uma proposta de melhoria que incluía a implementação da padronização e sincronização de atividades inter-relacionadas, com base no conceito de trabalho padronizado, a introdução e refinamento de ferramentas de controle baseado em localização e a seleção e adaptação de tecnologias digitais para apoiar o PCP. As propostas foram apresentadas e validadas em reunião posterior, com o diretor de engenharia, gerente de qualidade e inovação e engenheiro responsável pela obra.

Refinamento e Implementação – Seleção do processo a ser analisado: com base no diagnóstico realizado, foi feita a avaliação de um conjunto de atividades inter-relacionadas que seriam o foco do estudo. Ficou definido, em conjunto com o engenheiro responsável, que os processos de forro de gesso, impermeabilização e revestimentos cerâmicos (assentamento de azulejo e piso cerâmico) seriam analisados e teriam potencial para implementar o trabalho padronizado. Os critérios adotados para seleção destes processos foram: (a) processos que se apresentavam como grande fonte de incerteza e variabilidade, em grande parte das obras da empresa; (b) possuíam forte interdependência e criticidade, isto é, o atraso na sua execução

gerava impacto no prazo da obra; (c) etapa da obra com um incremento significativo de atividades e equipes; e (d) processos que estavam iniciando os primeiros ciclos de execução, dispondo de tempo suficiente para realização do estudo.

Refinamento e Implementação – Escolha e adaptação de ferramentas de controle: primeiramente foram identificadas as ferramentas de controle utilizadas no Empreendimento E2 que se desejava integrar digitalmente, de forma que pudessem informar em tempo real o *status* da produção. O objetivo principal era ter uma ferramenta para controle do *check-in* e *check-out* dos funcionários dos processos selecionados e assim, saber em tempo real se estavam cumprindo com as metas estabelecidas no trabalho padronizado. Nesse sentido, foram realizadas duas reuniões virtuais com representantes de empresas de tecnologia digital, a fim de avaliar quais as tecnologias disponíveis mais adequadas para integrar e digitalizar os processos de coleta e análise de dados. Ficou definido que seria utilizado o *andon* da empresa Agilean para controle do *check-in* e *check-out* dos funcionários. Esta etapa, relacionada às tecnologias digitais, fez parte do contexto da presente pesquisa, contudo, não será abordada em detalhes no presente trabalho, uma vez que faz parte do escopo de trabalho do doutorando Fabrício Berger de Vargas.

Refinamento e Implementação – Coleta de Dados: teve como objetivo compreender o conteúdo de trabalho das atividades selecionadas para o estudo (tempos de execução, sequenciamento e requisitos) para então estruturar a proposta da primeira versão do trabalho padronizado. Foram realizadas visitas ao canteiro de obras, a partir do protocolo de visitas descrito no APÊNCICE E. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas (APÊNDICE F) com os funcionários que executavam os processos selecionados para o estudo.

Refinamento e Implementação – Processamento e análise dos dados: os dados qualitativos e quantitativos coletados foram compilados, em planilha elaborada pelos pesquisadores, para que pudessem ser analisados e, assim, gerar informações relevantes para o estudo. A observação e transcrição dos tempos de execução e a trajetória seguida no pavimento e apartamento, por cada funcionário, permitiu que os pesquisadores fizessem um comparativo entre o trabalho que estava sendo realizado pelos funcionários dos processos analisados, e o trabalho que deveria ser executado, no sentido de cumprir com o tempo de ciclo e ritmo do plano de longo prazo. A partir dessa análise, foram feitas algumas proposições de melhorias, o que gerou a primeira proposta do trabalho padronizado para as atividades de forro de gesso, impermeabilização e

revestimentos cerâmicos. Os pesquisadores apresentaram as propostas do trabalho padronizado em uma reunião, na qual estavam presentes o engenheiro da obra e o gerente de qualidade e inovação. Nesta reunião, também foi apresentado o processo de controle, o qual consistia no preenchimento de uma matriz de controle do *status* da produção. Alternativamente, foi feita a proposta das tecnologias que teriam potencial de serem utilizadas para o controle do *status* da produção. Por fim, ficou definido, com o engenheiro da obra, que na próxima visita ao canteiro de obras, os pesquisadores apresentariam a proposta do trabalho padronizado aos funcionários.

Refinamento e Implementação – Capacitações com equipe gerencial e equipes de produção: as capacitações foram divididas em três módulos. O primeiro módulo tinha como objetivo capacitar a equipe gerencial da obra e possibilitar a compreensão dos conceitos e técnicas envolvidos no estudo. Foi realizada uma capacitação para o engenheiro da obra e os três estagiários. Foram apresentados os seguintes temas: (a) Planejamento Baseado em Localização - Linha de Balanço e *takt time*, (b) tamanho de lote de produção, (c) produção rítmica, (d) sincronização de atividades e tempo de ciclo, (e) terminalidade, (f) trabalho padronizado (sequência padrão, *takt time* e *kit* padrão) e a diferença em relação às instruções de trabalho, (g) controle do *status* do sistema e (h) tecnologia (*andon*). O segundo módulo foi feito especificamente para o estagiário responsável pelo acompanhamento dos processos selecionados para esse estudo. O objetivo desse módulo foi apresentar as propostas de trabalho padronizado. Por fim, o terceiro módulo foi realizado com os três estagiários, e teve como objetivo apresentar como seria feito o processo de controle. Assim, foi apresentada a matriz do controle do *status* da produção e explicou-se como deveria ser feito o preenchimento dessa matriz por meio de planilha no *Google Sheets*. Além disso, o doutorando Fabrício Berger de Vargas apresentou o *andon* e explicou o processo de controle por meio do *check-in* e *check-out*. Além das capacitações, foram realizados os treinamentos com a equipe gerencial e com cada um dos quinze funcionários envolvidos nos processos selecionados, a fim de que todos compreendessem como operacionalizar o *andon* e realizassem de forma correta o *check-in* e *check-out*.

Refinamento e Implementação – Apresentação da rotina padronizada para as equipes de trabalho: foi realizada uma visita ao canteiro de obras, com o objetivo de formalizar o início da implementação do trabalho padronizado junto às equipes de produção e, assim, buscar o comprometimento de todos os envolvidos na execução das rotinas padronizadas. Primeiramente, houve uma conversa conjunta, com todas as equipes do conjunto de atividades.

Nessa conversa, os pesquisadores indicaram os possíveis ganhos que todos teriam com essa implementação. Após, os pesquisadores, engenheiro e estagiário conversaram individualmente com cada um dos quinze funcionários para apresentar e discutir a proposta de trabalho padronizado específica de cada um.

Refinamento e Implementação – Acompanhamento do trabalho padronizado e do processo de controle do *status* da produção: foram realizadas seis visitas ao canteiro de obras (uma visita por semana), para acompanhamento do trabalho padronizado. Durante as visitas, os pesquisadores conversavam com os funcionários para entender a necessidade de refinar a rotina previamente estabelecida.

Avaliações e Discussões Finais: como forma de avaliar o impacto do trabalho padronizado na produção, foram utilizadas as seguintes métricas: cumprimento da trajetória dentro do pavimento, volume do trabalho em progresso, variação do tempo de ciclo do apartamento e pavimento, desvio de ritmo e aderência do lote. Essas métricas foram analisadas a partir de gráficos, os quais foram gerados por meio da compilação dos dados obtidos ao longo do estudo. Além disso, foram coletadas as impressões dos diferentes envolvidos no estudo, por meio de entrevistas semiestruturadas e assim, pode-se obter um *feedback* sob a perspectiva dos funcionários, dos estagiários e sob a perspectiva estratégica do engenheiro. Foram realizadas discussões com o engenheiro da obra e estagiário, a partir das análises quantitativas e qualitativas.

4.4 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Nesta etapa da pesquisa, os dados gerados pelos dois estudos desenvolvidos foram reunidos e analisados, visando à proposição da versão final do método.

Segundo March e Smith (1995), os produtos da DSR devem ser avaliados com relação à utilidade do artefato, caracterizando seus impactos no ambiente e seus usuários. Desta forma, à luz dos objetivos deste trabalho, buscou-se estabelecer critérios que permitissem avaliação do método de integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização nos empreendimentos estudados. Diante disso, o artefato proposto foi avaliado considerando dois constructos: (a) utilidade propriamente dita e (b) facilidade de uso. Esses constructos foram desdobrados em subconstructos que foram conectados a múltiplas fontes de evidência, como forma de reforçar a consistência da análise dos dados.

Além de dados quantitativos obtidos ao longo da implementação do método proposto, foram considerados dados qualitativos a partir da observação participante em reuniões, discussões e conversas informais com os envolvidos no estudo. Portanto, foram considerados os dados obtidos ao longo da implementação do método proposto, incluindo a análise do uso dos dispositivos visuais das rotinas padronizadas de trabalho, do uso da matriz de controle do *status* da produção, da participação dos envolvidos na obra, entre outras evidências.

A Figura 12 apresenta os constructos e seus desdobramentos com as respectivas fontes de evidência utilizadas para a avaliação de cada subconstructo. Os mesmos são retomados no capítulo da apresentação do método (ver seção 6.2).

Figura 12 – Desdobramento dos constructos Utilidade e Facilidade de Uso

CONSTRUCTO	SUBCONSTRUCTO	DESCRIÇÃO	FONTES DE EVIDÊNCIA
UTILIDADE	Sincronização de Processos	Utilização do método possibilita a sincronização de um conjunto de atividades interrelacionadas	Análise de documentos
	Balanceamento de recursos	Utilização do método possibilita o balanceamento dos recursos das atividades interrelacionadas	Observação direta na obra Análise de documentos
	Padronização	Utilização do método possibilita o aumento do grau de padronização dos processos	Observação direta na obra Entrevistas abertas Entrevistas semi-estruturadas Análise de documentos
	Colaboração	Utilização do método possibilita o engajamento da equipe de produção na elaboração dos planos detalhados	Observação direta na obra Entrevistas abertas Entrevistas semi-estruturadas
	Confiabilidade	Utilização do método possibilita maior confiabilidade da equipe de produção quanto às frentes de trabalho disponíveis e da equipe de gestão quanto ao cumprimento das metas	Entrevistas abertas Entrevistas semi-estruturadas
FACILIDADE DE USO	Comunicação	Compreensão das práticas, conceitos e elementos fundamentais do trabalho padronizado e do PCP baseado em locais	Observação participante Percepção da pesquisadora
	Transparência e Disponibilidade de Informações	Controle visual e semiautomatizado do <i>status</i> da produção permite ter dados mais precisos, uma visão sistemática e melhora o processo de tomada de decisão	Observação direta na obra Entrevistas abertas Percepção da pesquisadora
	Eficiência	Esforço envolvido na obtenção das informações propostas pelo método	Registro do tempo despendido
	Aplicabilidade	Possibilidade de aplicar o método em diferentes atividades e contextos	Entrevistas abertas Observação direta
	Continuidade	Possibilidade de continuidade do uso do método após o término do estudo	Entrevistas abertas Entrevistas semi-estruturadas

Fonte: elaborado pela autora

5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos no estágio 1, referente ao estudo exploratório e no estágio 2, referente ao estudo empírico.

5.1 ESTÁGIO 1 – ESTUDO EXPLORATÓRIO

5.1.1 Diagnóstico

5.1.1.1 Sistema de Planejamento e Controle da Produção existente na Empresa A

A Empresa A já possuía um sistema de planejamento estabelecido e utilizava como base o planejamento e controle baseado em localização. Além disso, a Empresa A adotava algumas ferramentas do sistema *Last Planner* durante a fase de execução.

Em relação ao planejamento de longo prazo, quando um novo empreendimento era lançado, era realizada a reunião inicial de planejamento, da qual participavam a equipe de engenharia, engenheiro da obra e o diretor técnico da Empresa A. As principais definições da reunião estavam relacionadas ao plano de ataque da obra, a sequência de execução inicial, a rede de precedência, o tamanho dos lotes de produção por processos, e o número de equipes para os itens iniciais de fundação, estrutura e instalações. Também eram definidos os equipamentos e o *layout* do canteiro de obras, a localização dos silos de argamassa e a localização dos depósitos de materiais. Após definições iniciais de planejamento, o setor de planejamento e custos utilizava o modelo BIM federado, no *software* Vico Office, para criar um Sistema de Localização. A sequência de execução dos processos definidos na reunião de planejamento inicial e as regras de precedência eram então inseridas no *software* Vico Office. Como resultado, o plano da produção baseado em localização era gerado através de linhas de fluxo, definindo, automaticamente, as datas de início e término para os processos em cada localização. A Empresa A estava testando o *software* Agilean no período que coincidia com o início dessa pesquisa, sendo que os planos necessários estavam sendo elaborados também no referido *software*.

No final de cada mês, o engenheiro de cada obra filtrava da linha de balanço as atividades que deveriam ser executadas no mês seguinte e gerava uma planilha com a lista dessas atividades

(Figura 13a). Na reunião de médio prazo, representantes dos setores de planejamento e orçamento e o engenheiro da obra, verificavam a lista e estabeleciam a meta para o mês seguinte. Após, junto com o representante do setor de compras, eram analisadas e identificadas as restrições de cada item da meta (Figura 13b). Nesta reunião, também era analisado o índice de remoção de restrições do mês anterior. Após essa análise, no mesmo dia, a equipe gerencial da obra e a responsável pelo planejamento se reuniam com os subempreiteiros e comunicavam as atividades que deveriam ser executadas no próximo mês.

Figura 13 – Plano de Médio Prazo

EMPRESA A								
EMPREENDIMENTO E1								
Assunto: Planejamento de médio prazo - Novembro/20					Meta até 25/11/2020			
TORRE	PAV	LADO	EQUIPE	SERVIÇO	MÊS	PLS	OK	
T1	1	B	AAAAA	PPCI: COLUNAS	nov/20	14	1	
T1	2	B	AAAAA	PPCI: COLUNAS	nov/20	14	1	
T1	COB	C	BBBBB	VENEZIANAS TELHADO	nov/20	14		
T1	COB/RESERV	B	BBBBB	VENEZIANAS TELHADO	nov/20	14		
T1	01 - 02	B	BBBBB	GUARDA-CORPO	nov/20	14		
T1	02 - 03	B	BBBBB	GUARDA-CORPO	nov/20	14		
T1	1	B	CCCCC	GESSO LISO	nov/20	14		
T1	2	B	CCCCC	GESSO LISO	nov/20	14	2	
T2	COBERTURA	C	DDDDD	ALVENARIA (platibanda, pilaretes e calha telhado)	nov/20	14		
T3	1	A	EEEEEE	REBOCO INTERNO	nov/20	14		
T3	1	B	EEEEEE	REBOCO INTERNO	nov/20	14	1	
T3	1-4	B	EEEEEE	REBOCO EXTERNO	nov/20	14	2	

a)

EMPRESA A								
EMPREENDIMENTO E1								
Assunto: Planejamento de médio prazo - Novembro/20					Meta até 25/11/2020			
Restrição	Responsável	Data remoção (planejada)	Data remoção (real)	Projeto	Material	Mão de obra	Equipamento	Outro
Chegada material					x			
Chegada material					x			
Regeneração contrato	Matheus					x		
Regeneração contrato	Matheus				x	x		
Confirmar data entrega					x			
Confirmar data entrega					x			
Chegada material. Rever skytrack pois não vai conseguir abastecer alvenaria, abastecer e fazer limpeza do gesso					x		x	
Chegada material. Rever skytrack pois não vai conseguir abastecer alvenaria, abastecer e fazer limpeza do gesso					x		x	
Confirmar bloqueios para finalizar	Matheus					x		
Contratar novo empreiteiro	Matheus							
Contratar novo empreiteiro	Matheus							
Contratar novo empreiteiro. Verificar proteções.	Matheus							

b)

Fonte: Empresa A.

Em relação ao curto prazo, as atividades que tinham suas restrições removidas eram inseridas pelo engenheiro na planilha de planejamento de curto prazo (Figura 14). Para avaliar a eficácia dos planos era gerado o indicador PPC, sendo também identificadas as causas para a não conclusão dos pacotes de trabalho. Para a produção do plano semanal, os subempreiteiros eram consultados e deveriam se comprometer com a execução das atividades. Ao final da semana, os técnicos de edificações responsáveis por cada torre, identificavam se os pacotes de trabalho foram concluídos ou não, para que os mesmos fossem reprogramados, se necessário.

Figura 14 – Plano de Curto Prazo

PPC - EMPREENDIMENTO E1										Formulário de Programação Semanal de Serviços FP EO 03 – Versão 02 – 30/05/2016			
% semana anterior:	100%	Semana	24/05/21	28/05/21	Semana:				103				
Início da semana	Término da semana	Nº da semana	Empreiteira	Torre	Atividade	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Status%	Causas do não cumprimento 100%	Responsável
24/05/21	28/05/21	103	SEVERO	TORRE 2	2B - 1ª E 2ª DEMÃO PINTURA INTERNA APARTAMENTOS - TÉRMINO	x	x				100		
24/05/21	28/05/21	103	SEVERO	TORRE 2	3B - 1ª E 2ª DEMÃO PINTURA INTERNA APARTAMENTOS - TÉRMINO		x	x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	SEVERO	TORRE 2	4B - 1ª E 2ª DEMÃO PINTURA INTERNA APARTAMENTOS - TÉRMINO						0	1	
24/05/21	28/05/21	103	FABIO TROES	TORRE 2	2B - PLAQUEAMENTO FORRO APARTAMENTOS - TÉRMINO	x	x	x			100		
24/05/21	28/05/21	103	FABIO TROES	TORRE 2	3B - PLAQUEAMENTO FORRO APARTAMENTOS - TÉRMINO			x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	FABIO TROES	TORRE 2	4B - PLAQUEAMENTO FORRO APARTAMENTOS			x	x	x	50	3	
24/05/21	28/05/21	103	FABIO TROES	TORRE 2	5B - PLAQUEAMENTO FORRO APARTAMENTOS			x	x	x	50	3	
24/05/21	28/05/21	103	ATLAS SCHINDLER	TORRE 2	LADO B - MONTAGEM PORTAS ELEVADOR	x	x	x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	ATLAS SCHINDLER	TORRE 2	LADO A - MONTAGEM PORTAS ELEVADOR	x	x	x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	G. I. MOREIRA	TORRE 2	6B - INSTALAÇÃO DISJUNTORES APARTAMENTOS	x	x	x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	G. I. MOREIRA	TORRE 2	7B - INSTALAÇÃO DISJUNTORES APARTAMENTOS	x	x	x	x	x	100		
24/05/21	28/05/21	103	NORTE PISOS	TORRE 2	6A GESSO LISO TÉRMINO	x	x				25	1	
24/05/21	28/05/21	103	NORTE PISOS	TORRE 2	7A GESSO LISO		x	x	x	x	0	1	
24/05/21	28/05/21	103	ROMEU E MOACIR	TORRE 2	6A - PORCELANATO CIRCULAÇÃO	x	x				0	1	

Fonte: Empresa A.

Mensalmente era realizada uma reunião de acompanhamento do prazo das obras, na qual eram apresentados relatórios com os resultados de cada uma das obras. Dentre as informações apresentadas nesses relatórios destacam-se o percentual de avanço físico e dias de atraso em relação ao planejamento inicial. O avanço físico era apresentado por localização.

Em todos os níveis de planejamento da Empresa A, a tomada de decisão era centralizada em poucas pessoas. Nos níveis de longo e médio prazo, a tomada de decisão era centralizada no diretor da empresa.

5.1.1.2 Sistema de Gestão da Qualidade existente na Empresa A

Por ser um empreendimento que faz parte do Programa Casa Verde e Amarela, o sistema de gestão da qualidade (SGQ) deve estar em conformidade com os requisitos da norma NBR-ISO 9001:2000. Uma empresa terceirizada realizava auditorias internas mensalmente para garantir que a Empresa A e o Empreendimento E1 estejam cumprindo com as exigências da ISO 9001 e PBQP H.

Uma vez que alguns padrões do SGQ deveriam ser incorporados ao trabalho padronizado, foram analisadas as instruções de trabalho existentes. Tais documentos estavam divididos em três partes. A primeira parte do procedimento continha os pré-requisitos necessários para execução das atividades, tais como: materiais, equipamentos e ferramentas, equipamentos de segurança, atividades predecessores executados, projetos, normas e legislações a serem seguidas e a contratação de fornecedor de mão de obra e materiais. A segunda parte continha

as atividades internas das torres considerava duas equipes trabalhando ao mesmo tempo nos dois lados da torre. A ordem de execução das torres pelas duas equipes era da Torre 1, passando pela Torre 2 e concluindo na Torre 3. Durante todo o período da pesquisa, o Empreendimento E1 foi replanejado duas vezes e houve três trocas de engenheiro. Sempre que a obra era replanejada, o plano de longo prazo era exposto em um painel no escritório da obra. Contudo, este era utilizado somente pela gerência da obra, para verificação das datas marco e distribuição das metas no plano de médio prazo.

Em relação ao planejamento de médio prazo, as reuniões tinham duração média de duas horas e aconteciam mensalmente de forma virtual. Participavam das reuniões: os membros da diretoria da empresa, o responsável pelo setor de planejamento e orçamento, o responsável pelo setor de compras e suprimentos e a equipe técnica da obra (engenheiro e um assistente técnico). Apesar do Empreendimento E1 manter a rotina mensal de reuniões de médio prazo, não era determinado um prazo para a remoção de cada restrição e somente para alguns itens era determinado o responsável por removê-las. Além disso, constatou-se que existia uma forte preocupação com restrições relacionadas a materiais, equipamentos e contratação de mão de obra, enquanto o sequenciamento dos processos, bem como treinamentos para a mão de obra recém-contratada eram negligenciados. A colocação dos tampos de granito, das bancadas de cozinha e banheiro, e a execução da pintura dos tetos e paredes dos apartamentos antes da conclusão do forro de gesso, bem como a colocação da estrutura do forro de gesso antes da execução do gesso liso, demonstram que a sequência de execução das atividades na obra não refletia a sequência do planejamento de longo prazo. Além disso, na execução do forro de gesso, os gesseiros não deixavam a fiação para fora antes de emplacar o ambiente, demonstrando a falta de treinamento da mão de obra.

Na reunião de médio prazo que a pesquisadora participou, o engenheiro responsável pelo Empreendimento E1 comentou que, apesar de ser feita a análise detalhada das restrições, muitos imprevistos surgiam durante o mês e outras restrições, que não haviam sido discutidas na reunião de médio prazo, acabavam emergindo. Durante essa pesquisa, constatou-se que por três meses seguidos, o índice de remoção de restrições foi baixo, variando de 40% a 50%. A meta das atividades que deveriam ser executadas no mês seguinte era comunicada pela equipe gerencial da obra aos subempreiteiros com antecedência. Contudo, não havia um tempo dedicado com os subempreiteiros para a discussão das diversas origens das possíveis restrições.

No nível de curto prazo, as reuniões aconteciam semanalmente no refeitório do canteiro de obras e tinham duração média de trinta minutos. Participavam da reunião: o subempreiteiro responsável por cada atividade que estava sendo executado no canteiro de obras, e a equipe gerencial da obra, que era composta pelo engenheiro, três estagiários e três técnicos em edificações (cada um responsável por uma torre), a técnica de segurança do trabalho e o mestre de obras. Nessa reunião, a tomada de decisão era centralizada no engenheiro da obra, pois normalmente os pacotes eram definidos pela gerência da obra, não havendo negociação com os líderes de equipe. Além disso, a gerência da obra não envolvia as equipes na identificação da causa raiz da não conclusão dos pacotes semanais.

O engenheiro e o estagiário permaneciam a maior parte do tempo no escritório de engenharia dentro do canteiro, cuidando de assuntos contratuais, realizando pedidos de compra e atualizando indicadores. O monitoramento das atividades em obra era normalmente realizado por três técnicos de edificação, cada um responsável por uma torre e o mestre de obras, os quais reportavam ao engenheiro o andamento da obra. Por fim, pôde-se observar que não eram desenvolvidos estudos mais detalhados das operações para os processos considerados críticos, em relação ao prazo de execução do empreendimento, com o objetivo de evitar atrasos no seu ritmo.

Em relação ao SGQ, conforme relatado pela equipe técnica da obra, cada subempreiteiro realizava as atividades conforme sua experiência. Não havia, portanto, um treinamento dos funcionários a partir das instruções de trabalho, assim como não havia um padrão detalhado de execução para as atividades da empresa que pudesse ser utilizado como base para a melhoria contínua. Além disso, na avaliação semanal referente ao cumprimento dos pacotes de trabalho, não eram preenchidos os *checklists* de qualidade, os quais eram feitos posteriormente no escritório.

5.1.2 Processo analisado: Forro de Gesso

Havia sido definido como lote de produção do forro de gesso dos apartamentos a metade de um pavimento, que tinha um tempo de ciclo planejado de cinco dias sendo este dividido em três etapas: instalação da estrutura (montantes e cantoneiras), colocação das placas e aplicação da massa e fita. A Empresa A não tinha um histórico dos tempos necessários para cada uma dessas etapas, cabendo ao subempreiteiro dimensionar a equipe e estimar os tempos necessários para conclusão de cada etapa, a fim de concluir o processo em cinco dias.

Essa atividade já tinha sido finalizada nos lados A e B da Torre 1 (Figura 16). Na torre 2, apenas o lado B tinha sido iniciado, sendo que a etapa da estrutura do forro já estava finalizada. Nesse sentido, verificou-se lotes de forro de gesso em espera, ou seja, trabalho em progresso. A etapa de colocação das placas estava acontecendo no quinto pavimento. A coleta de dados aconteceu no lado B da Torre 2. A equipe que executava o forro de gesso dos apartamentos era composta por um gesseiro e um auxiliar. Além desses dois funcionários, o subempreiteiro disponibilizava mais um funcionário que transportava as placas e montantes e deixava na área da circulação de cada pavimento a quantidade necessária de materiais para executar o forro dos apartamentos.

Figura 16 – Lotes de produção do forro de gesso do empreendimento E1



Fonte: Empresa A.

Foram observadas as etapas de colocação de placas no 6º e 7º pavimentos e aplicação de massa e fita no 5º, 6º e 7º pavimentos. A Figura 17 apresenta os apartamentos do lado B, indicando a localização de cada um deles e as hachuras, em vermelho, representam as áreas onde há forro de gesso dentro dos apartamentos.

Figura 17 – Apartamentos do lado B da torre 2



Fonte: Empresa A.

5.1.3 Processamento e Análise de Dados Coletados

5.1.3.1 Compreensão do conteúdo de trabalho do processo

Foi constatado que, apesar dos funcionários terem o conhecimento da sequência de operações a serem cumpridas, não sabiam a meta, ou seja, o ciclo planejado para que o forro de gesso de um determinado pavimento fosse concluído. Os gesseiros alegavam que quem informava o que eles precisavam fazer no dia a dia era o subempreiteiro responsável. Apesar deste estar ciente do tempo de ciclo disponível, as operações eram realizadas de forma aleatória, não existia uma ordem das ações que cada trabalhador deveria executar dentro do tempo de ciclo de cinco dias.

Contudo, os gesseiros comentaram que tinham uma preferência de sequência para execução do processo, que estava associada ao aproveitamento das placas. Porém, a escolha por qual apartamento iniciar e terminar era aleatória e a falta de uma sequência de execução padronizada atrasava o início das atividades. Esse atraso ocorria devido ao tempo que os funcionários necessitavam para pensar por qual local deveriam iniciar suas atividades, bem como identificar se esse local estava liberado para execução. Após escolhido o apartamento para iniciar as atividades, os gesseiros iniciavam a colocação das placas pelas maiores áreas do apartamento, ou seja, pela área de serviço e cozinha, para ter um melhor aproveitamento das placas. Assim, começavam instalando as placas inteiras e, após, os recortes. Concluída a colocação das placas inteiras em um apartamento, os funcionários avançavam para o próximo, conforme a proximidade, porém, sem seguir uma ordem específica.

Além disso, os funcionários nem sempre tinham as chaves dos apartamentos (que ficavam trancados) e assim, deixavam para executar os apartamentos trancados em outro momento. O técnico de edificações responsável pela torre nem sempre estava nas proximidades e assim, a chave não era entregue rapidamente para que eles continuassem a atividade com terminalidade.

Em relação ao estoque padrão, esse foi associado às condicionantes para que o fluxo de trabalho permanecesse contínuo. Assim, foi observado aquilo que afetava, bloqueava ou limitava o desempenho do trabalho. A instrução de trabalho (IT) de forro de gesso possuía algumas informações no sentido dos pré-requisitos necessários para o início da execução do forro de gesso, mas não era utilizada pela equipe de produção.

Durante as observações da atividade pôde-se verificar, em vários apartamentos, que a estrutura do forro de gesso (que já estava instalada) estava fora do esquadro, fazendo com que tivesse muitos recortes ou havendo necessidade de endurecer e colocar massa nos cantos, levando mais

tempo para concluir a atividade. Nesse sentido, constatou-se a importância de determinar pontos de controle ao longo da execução dos processos, fazendo com que cada etapa fosse concluída com qualidade, antes da próxima etapa iniciar. Além disso, os gesseiros compartilhavam algumas ferramentas, que ficavam em um balde, na circulação do pavimento, longe do local onde estavam trabalhando. Além do tempo desperdiçado com deslocamentos para pegar as ferramentas, em alguns momentos precisavam aguardar o outro terminar de executar uma operação para poderem continuar, pois não havia ferramentas para que os dois pudessem trabalhar ao mesmo tempo, em determinada operação.

Outro ponto observado foi o tamanho da banqueta e da escada utilizados pelos gesseiros. Os gesseiros precisavam descer muitas vezes e mover o equipamento de lugar para continuar colocando e aparafusando as placas nas áreas da cozinha, área de serviço e sala. Uma banqueta mais comprida e retrátil poderia ajudar para que eles permanecessem sempre embaixo da área que estavam executando o forro e não precisassem parar para mover o equipamento de lugar.

Nos banheiros de alguns apartamentos já estava instalado o tampo de granito, sendo que essa atividade deveria ocorrer após o forro de gesso. A equipe técnica da obra justificou que a troca da sequência de execução de atividades ocorria com o objetivo de antecipar atividades mais rápidas, a fim de medir mais percentual na planilha de medição do órgão financiador, aumentando a entrada de valor mensal. Porém, o tampo de granito limitava o espaço para que o gesseiro pudesse colocar com segurança a banqueta, e executar, com qualidade, a atividade. Além disso, os banheiros que não tinham janela eram escuros e o gesseiro usava a lanterna do seu celular para conseguir enxergar.

Durante as observações foi possível verificar alguns retrabalhos na execução do forro de gesso. Em alguns apartamentos os gesseiros esqueciam de puxar a fiação antes de colocar a placa e aparafusá-la. Quando percebiam o ocorrido, precisavam fazer um furo na placa, desaparafusá-la, puxar a fiação para fora da placa e aparafusar novamente. Em outros momentos, mediam de forma equivocada os vãos e na hora de colocar a placa essa não encaixava, sendo necessário medir, cortar e colocar a placa novamente. Também esqueciam de colocar fita e massa no espelho das cozinhas e quando lembravam, retornavam para executar.

5.1.3.2 Acompanhamento da execução do forro de gesso

A pesquisadora realizou uma coleta de dados sistemática⁹, a fim de determinar os tempos que agregam valor e que não agregam valor no processo de forro de gesso, propor medidas que pudessem reduzir ou eliminar os tempos que não agregam valor, assim como identificar possíveis melhorias no ciclo de operações.

Conforme apresentado no capítulo de método, essa coleta de dados partiu do acompanhamento da execução do processo de forro de gesso, sendo que as etapas analisadas dentro dessa atividade foram a colocação e aparafusamento das placas e a aplicação de massa e fita. Durante três dias de observação, enquanto a pesquisadora anotava os elementos de trabalho e respectivos tempos do gesseiro, uma bolsista de iniciação científica anotava os dados do auxiliar do gesseiro. Os dados coletados de cada funcionário, no dia e turno da observação, foram inseridos na planilha apresentada na Figura 18.

Figura 18 – Tabulação dos dados

Folha de Estudo de Processo (FEP) simplificada							
Período	Horário	Intervalo	Elementos de trabalho observados	Observação	Macroatividade Executada	Local	Classificação
COLOCAÇÃO DE PLACAS DO FORRO DE GESSO - 02/06/2021 - DOUGLAS							
Manhã	09:13:15	00:45,0	Cortou a placa	Com o montante	Corte	601 - COZINHA	Auxiliar
Manhã	09:14:00	01:00,0	Parada		Parada/Espera	601 - COZINHA	Improdutivo
Manhã	09:15:00	00:15,0	Lixou as rebarbas		Lixamento	601 - COZINHA	Auxiliar
Manhã	09:15:15	00:25,0	Parada		Parada/Espera	601 - COZINHA	Improdutivo
Manhã	09:15:40	00:50,0	Levantou a placa para aparafusar		Colocação da Placa na Estrutura	601 - COZINHA	Produtivo
Manhã	09:16:30	00:30,0	Parada		Parada/Espera	601 - COZINHA	Improdutivo
Manhã	09:17:00	01:00,0	Encaixa a placa novamente	Placa estava com tamanho maior que o espaço a ser colocada	Retrabalho	601 - COZINHA	Improdutivo
Manhã	09:18:00	01:00,0	Levou material para o banheiro		Deslocamento e Transporte	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:19:00	01:00,0	Parada		Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:20:00	01:00,0	Mediu largura do forro na estrutura		Medição	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:21:00	01:00,0	Cortou a placa		Corte	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:22:00	01:00,0	Parada		Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:23:00	02:00,0	Mediu a placa		Medição	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:25:00	01:00,0	Cortou a placa		Corte	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:26:00	01:00,0	Parada		Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:27:00	00:30,0	Mediu a placa		Medição	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:27:30	00:30,0	Parada		Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:28:00	02:00,0	Cortou a placa		Corte	601 - BANHEIRO	Auxiliar
Manhã	09:30:00	01:00,0	Parada		Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	09:31:00	01:00,0	Parada	Atendeu o celular (parou o serviço para uma reunião)	Parada/Espera	601 - BANHEIRO	Improdutivo
Manhã	10:26:00	03:00,0	Segurou a placa para ser aparafusada	Ajustes de recortes	Colocação da Placa na Estrutura	601 - BANHEIRO	Produtivo

Fonte: elaborado pela autora.

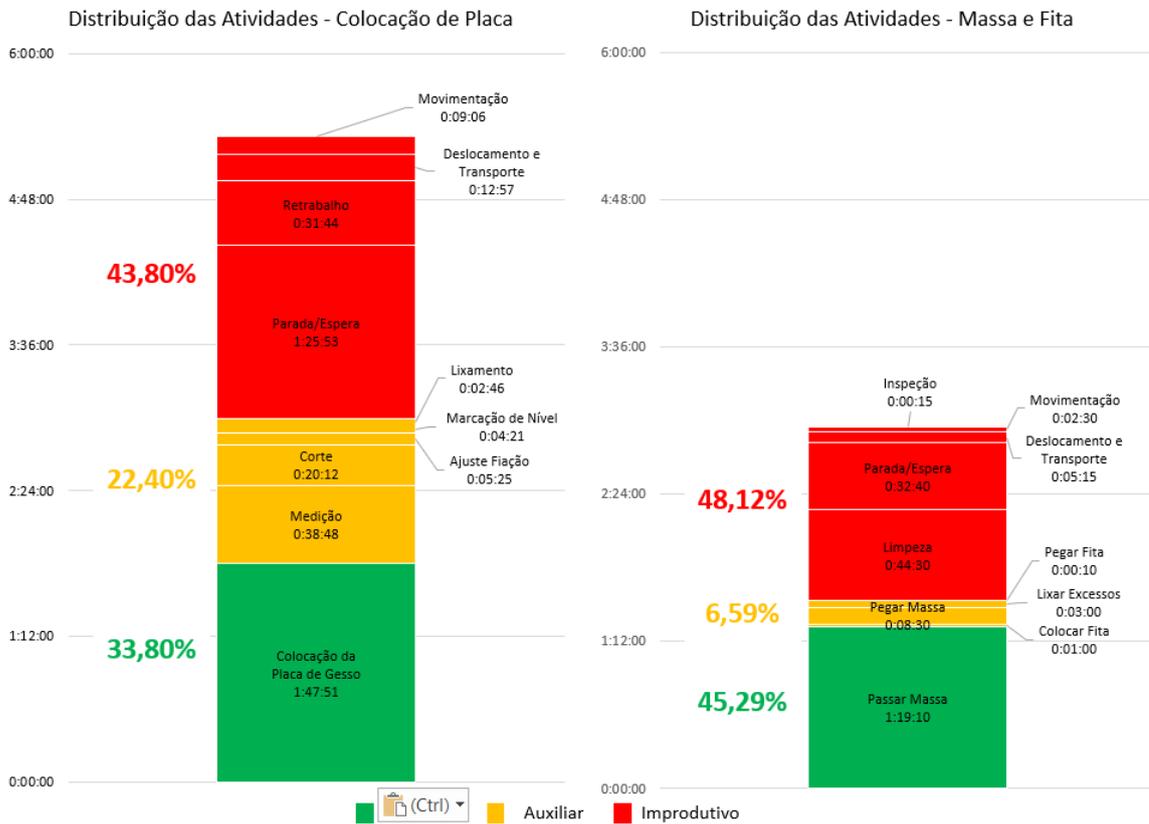
⁹ Foi utilizada a cronometragem para coleta de tempos, conforme sugerido por LIB (2003) e Mariz (2012).

Contudo, cabe salientar que existem limitações nas medidas de tempo coletadas dessa forma, uma vez que não têm representatividade estatística. Neste estudo exploratório não foram coletadas muitas medidas e verificou-se muita variabilidade entre elas. Portanto, entende-se que essas medidas servirão como ponto de partida para um processo que vai sofrer várias melhorias.

5.1.3.3 Análise dos Dados

As atividades realizadas pelo gesseiro foram avaliadas de acordo com a distribuição do tempo dos elementos de trabalho observados: tempos produtivos, auxiliares ou improdutivos, conforme mostra a Figura 19. O tempo de um elemento de trabalho classificado como produtivo, corresponde aos movimentos que agregam valor e são necessários para a execução do produto. Já o tempo de um elemento de trabalho classificado como auxiliar, corresponde a movimentos necessários para a execução da atividade, mas que não agregam valor do ponto de vista do cliente. Por fim, o tempo de um elemento de trabalho classificado como improdutivo representa desperdícios. Tanto os tempos auxiliares como improdutivos devem ser reduzidos ou eliminados, dentro de certos limites.

Figura 19 – Distribuição das atividades



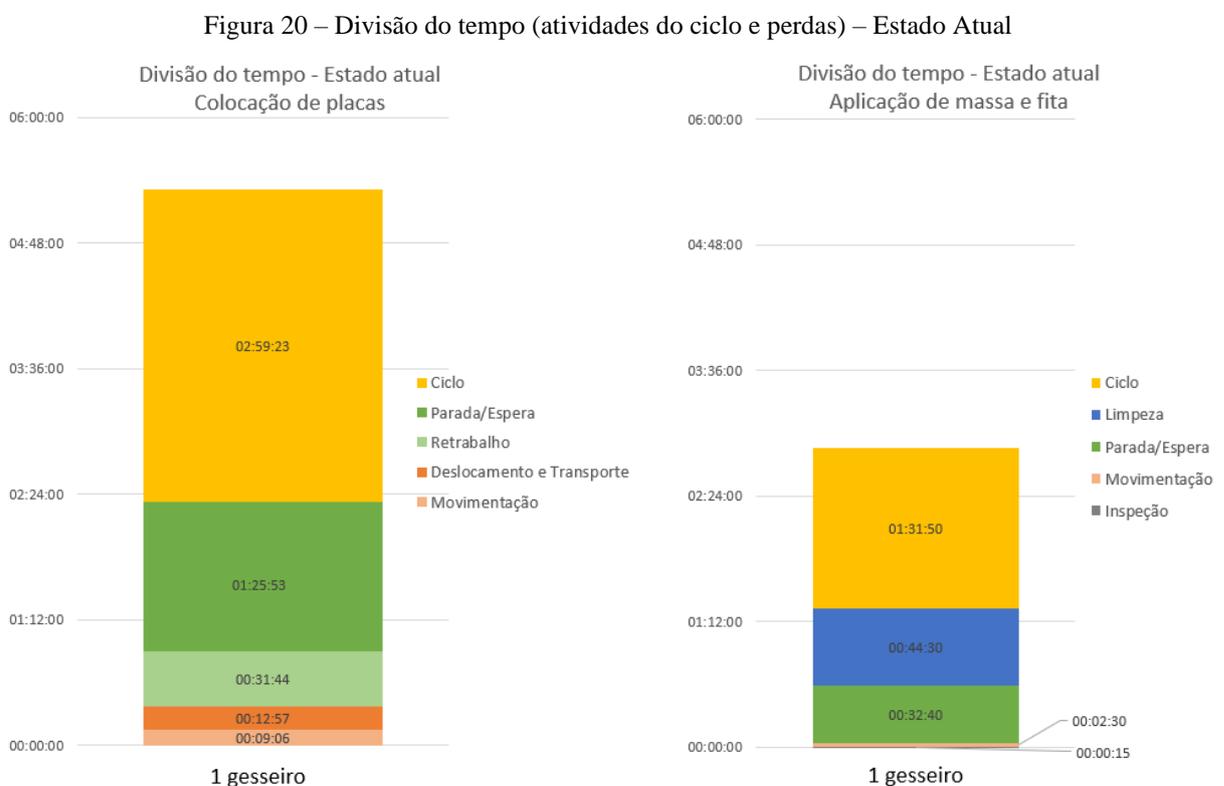
Fonte: elaborado pela autora.

Constatou-se que, na colocação das placas, 43,80% do tempo do gesseiro era dedicado a atividades improdutivas, como paradas ou esperas, deslocamentos e retrabalho, 22,40% do tempo foi dedicado a atividades auxiliares, tais como medir, cortar e lixar as placas e 33,80% do tempo do gesseiro foi dedicado a atividades produtivas, como a colocação e aparafusamento

da placa na estrutura. Na aplicação de massa e fita, 48,12% do tempo do gesso foi dedicado a atividades improdutivoas, como limpeza, paradas, deslocamentos e inspeção e 6,59% do tempo foi dedicado a atividades auxiliares, tais como pegar a massa e a fita do balde de ferramentas e lixar o excesso de massa aplicada que acabava caindo no azulejo (placa cerâmica assentada na parede). Por fim, 45,29% do tempo do gesso foi dedicado à atividade produtiva, ou seja, à aplicação da massa.

Cabe salientar que a classificação dos tempos em auxiliar ou improdutivo pode variar, de acordo com a forma como as atividades são executadas. No caso desse estudo, as atividades de deslocamento e transporte, bem como de movimentação foram classificadas como improdutivoas, pois constatou-se que uma reorganização do *layout*, assim como uma redistribuição dessas tarefas para o auxiliar poderiam reduzir esses tempos gastos pelo gesso.

Posteriormente, foram elaborados os gráficos do estado atual do gesso, evidenciando a divisão do tempo entre as atividades consideradas pertencentes ao ciclo, isto é, atividades produtivas e auxiliares, e à classificação de perdas, isto é, atividades improdutivoas. Os gráficos são apresentados na Figura 20.



Fonte: elaborado pela autora.

No dia da observação e coleta de dados da colocação das placas, o gesseiro concluiu três apartamentos completos (final 01,02 e 04) e iniciou a colocação das placas em duas cozinhas dos apartamentos de final 05 e 06. Nesse dia, o gesseiro executou 36,97m² de forro de gesso em um tempo total de 5h e 19min. Desse tempo, 56% (2h 59min) foi dedicado a atividades do ciclo. A aplicação de massa e fita foi observada durante um turno, da manhã, sendo que o gesseiro concluiu dois apartamentos completos (final 01 e 02) e iniciou o apartamento de final 06. Foi aplicada massa e fita em 31,44m² de forro de gesso em um tempo total de duas horas e cinquenta e sete minutos. Desse tempo, 52% (1h 31min 50s) foi dedicado a atividades do ciclo.

Com base nisso, a pesquisadora realizou uma análise de cada uma das operações e sugeriu algumas melhorias para eliminar ou reduzir as perdas encontradas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Propostas de melhorias para colocação e aparafusamento das placas

Colocação de placas - Tempo de atividades realizadas fora do ciclo				
Tempo	%	Categoria	Descrição	Contramedidas sugeridas
01:25:53	61%	Parada/Espera	Espera o ajudante cortar a placa e trazer a placa do corredor, parada entre pegar outra placa e aparafusar, pegar o celular, mexer no rádio, ir até a janela pegar um ar, conversar com o ajudante.	Deixar dentro do apto o número necessário de placas para realizar 1 apartamento. Diminuir o tempo no celular e mexendo no rádio.
00:31:44	23%	Retrabalho	Placas cortadas com medidas superiores ou inferiores ao tamanho do vão. Esquecimento da fiação e necessidade de tirar a placa já aparafusada para mexer na fiação.	Atenção na momento de medição do vão da estrutura e na colocação dessa medida na placa para cortar. Lembrar que nas cozinhas e banheiros é necessário puxar a fiação antes de colcoar e aparafusar as placas.
00:12:57	9%	Deslocamento e Transporte	Preparação do material na primeira hora da manhã, antes de iniciar os serviços. Levar os materiais para outro apartamento.	Melhor distribuição do material no pavimento. Ajustes no Layout.
00:09:06	7%	Movimentação	Pegar o nível, puxar o fio da extensão e da parafusadeira, deslocar o banco durante o aparafusamento das placas, subir no banco, pegar as placas do ajudante.	Utilizar uma banquetta retrátil na cozinha.

Fonte: elaborado pela autora.

Após, foram analisados os elementos de trabalho do ciclo de operações (atividades produtivas e auxiliares), de maneira que o menor tempo necessário para executar cada uma dessas operações fosse identificado. Assim, para a colocação das placas, foram analisadas as seguintes operações classificadas como pertencentes ao ciclo: medição, corte, ajuste da fiação, colocação da placa e aparafusamento. Quanto à aplicação de massa e fita, as operações analisadas pertencentes ao ciclo foram: passar a massa e lixar o excesso de massa que acabava caindo sobre o azulejo das paredes no momento de aplicação da massa.

Tabela 2 - Propostas de melhorias para aplicação de massa e fita

Aplicação de massa e Fita - Tempo de atividades realizadas fora do ciclo				
Tempo	%	Categoria	Descrição	Contramedidas adotadas
00:44:30	52%	Limpeza	Nesse dia, após concluir todo o serviço de colocação de fita e massa nas placas de gesso acartonado do 7º pavimento, o funcionário fez a limpeza dos aptos.	Esse serviço poderia ser alocado para um auxiliar.
00:32:40	38%	Parada/Espera	Paradas entre pegar a massa na desempenadeira e passar na placa, para pegar o celular e mexer no rádio.	Diminuir o tempo no celular e mexendo no rádio.
00:05:15	6%	Deslocamento e Transporte	Preparação do material na primeira hora da manhã, antes de iniciar os serviços. Levar os materiais para outro apartamento.	Melhor distribuição do material no pavimento. Ajustes no Layout.
00:02:30	3%	Movimentação	Colocar o que sobrou de massa de volta no balde, pegar o balde.	
00:00:15	0,3%	Inspeção	Confere se os ambientes estão todos finalizados com massa e fita.	Esse serviço poderia ser alocado para um auxiliar.

Fonte: elaborado pela autora.

Para coletar os dados, utilizou-se a Folha de Estudo de Processo (FEP). No caso estudado optou-se por utilizar tanto a análise para o turno todo, conforme apresentado na Figura 18, quanto no ciclo repetitivo de colocação de placas e aplicação de massa e fita (Figura 21).

Nesse sentido, constatou-se que o tempo para efetuar a colocação das placas dependia de alguns fatores, tais como a área disponível para executar o forro, o tamanho da placa e a quantidade de recortes necessários. Áreas pequenas, como o banheiro, dificultavam o acesso para execução da atividade, principalmente quando os tampos de granito já estavam instalados, levando mais tempo para concluir. A colocação das placas em áreas maiores, como na cozinha, era mais rápida, porém, a maior área resultava em maiores movimentações do banco e escada, aumentando o tempo para concluir. Por fim, quanto mais recortes eram necessários, maior o tempo para concluir determinado ambiente. Na aplicação da massa e fita o tempo para concluir estava relacionado à área de forro de gesso.

Assim, para cada ambiente, foi feita a análise dos tempos para realizar cada elemento de trabalho. Conforme sugerido pelo LIB (2003) e aplicado por Mariz (2012), deve-se cronometrar cada elemento dez vezes e escolher o menor tempo repetitivo. Contudo, verificou-se que os tempos não se repetiam, dessa forma, foi levado em consideração o critério de adotar a média dos tempos de execução de cada elemento de trabalho na área correspondente a cada ambiente.

A Figura 21 mostra um trecho da FEP, com os dados coletados no canteiro de obras, referentes à área das cozinhas. Alguns elementos, como marcação do nível e colocação das cantoneiras, não se repetem com frequência durante o processo.

Figura 21 – Folha de estudo do processo

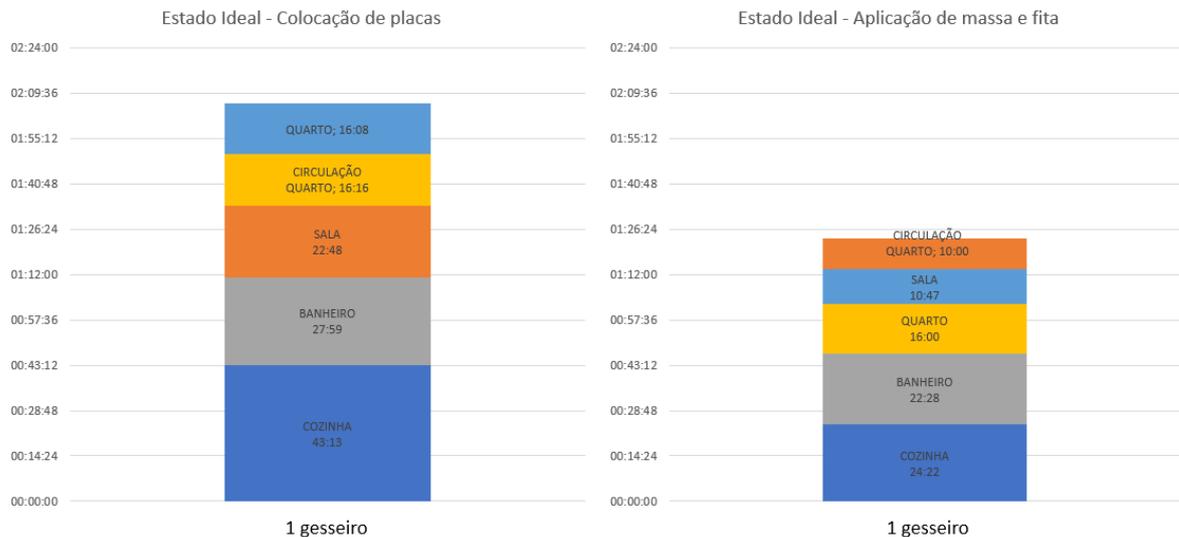
Folha de Estudo do Processo (FEP)															
Processo: Forro de Gesso Cozinha - Área: 5,53m²			Funcionário: XXXX			Realizado por: Fabiana			Data e hora: 02/06/2021 - 8h51min às 11h57min e das 13h18min às 16h24min						
Etapas do processo	Elemento de trabalho	Tomada de tempos (min)										Média	Minutos Decimais	Observações	
Medição	1.1 Marcar nível	01:31	00:20	01:13									01:01	1,02	
	1.2 Medir Estrutura forro e espelho	00:16	00:21	00:30	03:20	00:16	02:00	00:40	01:17	01:06			01:05	1,08	
	1.3 Medir Placa, passar medidas da placa, marcar medida na placa	00:31	00:26	00:14	01:00	00:20	00:48	00:43	00:24	01:05	00:23	00:20	00:34	0,57	
Corte	2.1 Cortar a placa e lixar	00:50	01:30	00:52	00:30	00:30	00:20	00:32	01:09	00:50	00:55	01:52	00:54	0,90	
Colocação Estrutura	3.1 Colocação cantoneira	00:48	00:44	01:15	00:56	00:32	00:20	03:04					01:06	1,10	
Ajustar Flação	4.1 Ajustar Flação	00:33	00:53	00:48	00:23	00:44	00:22	00:16	00:16	00:28	00:24	01:00	00:33	0,55	
Colocação Placa	5.1 Colocação placa na estrutura	00:11	00:14	00:19	00:46	00:18	00:19	00:36	01:55	01:00	00:23	00:18	00:34	0,57	
Aparafusamento	6.1 Aparafusamento	02:59	00:47	02:34	00:47	00:15	03:06	00:47	00:38	00:41	01:42	01:15	01:25	1,42	
Total												07:12	7,200		

Fonte: elaborado pela autora.

Após o preenchimento da FEP, para cada um dos ambientes, chegou-se a um tempo de ciclo de 2h 06min 23s para concluir a etapa de colocação de placas e 1h 23min 36s para concluir a etapa de aplicação de massa e fita em um pavimento. Esses são os tempos mínimos necessários para a execução completa das duas etapas em um pavimento, correspondente a 67,58 m², caso fossem eliminados os tempos de trabalho improdutivos.

A partir disso, elaborou-se os gráficos do estado ideal (Figura 22). Estes gráficos mostram os tempos mínimos necessários para concluir todos os ambientes de um pavimento, caso fossem eliminados os tempos de trabalho improdutivos.

Figura 22 – Gráfico do Estado Ideal



Fonte: elaborado pela autora.

Ainda que não tenha sido observada a etapa de instalação da estrutura do forro de gesso, isto é, do aparafusamento da estrutura na laje, a equipe técnica da obra tinha o histórico do que já havia sido executado e informou que essa etapa levava um dia por pavimento. Sendo que para a colocação da massa e fita, o histórico era de quatro dias, totalizando o tempo de ciclo de cinco dias para execução completa do forro de gesso.

Observa-se, ao analisar a Figura 22, que o tempo para o gesseiro colocar as placas e aplicar massa e fita, ficou muito abaixo do tempo de quatro dias disponível no plano para essas etapas, ou seja, eliminando todos os tempos de trabalho improdutivos, em um dia se concluía a colocação de placa e a aplicação de massa e fita. Contudo, sabe-se que não é possível eliminar todos os tempos improdutivos de um trabalhador. É necessário considerar uma margem de tempo para a realização das etapas de movimentação, espera, inspeção, deslocamento e transporte, que apesar de não agregarem valor, fazem parte da execução de qualquer trabalho. Além disso, deve-se prever um tempo para descanso, recomposição física e para realização de necessidades fisiológicas.

Assim, com o objetivo de envolver os funcionários na definição de um tempo de ciclo mais compatível para a realização dos trabalhos, bem como entender suas preferências em relação à sequência de execução mais adequada no pavimento, a pesquisadora questionou os gesseiros quanto ao tempo que eles acreditavam ser ideal para executarem um pavimento, considerando cada uma das etapas do processo de forro de gesso. Além disso, durante a conversa, as propostas de melhoria para as etapas improdutivas (Tabelas 1 e 2) foram analisadas em conjunto com os funcionários. Os gesseiros entendiam ser necessário um dia para instalação da estrutura, um dia e meio para colocação de placas e um dia para aplicação da massa e fita, totalizando três dias e meio para concluir um pavimento. Quanto à sequência de execução, os gesseiros relataram que, sem entrar em muitos detalhes, primeiro deveriam colocar as placas inteiras e depois os recortes. Da mesma forma, a pesquisadora questionou o subempreiteiro responsável pelo processo o tempo ideal necessário para execução completa de um pavimento com a equipe de um gesseiro e um auxiliar. O subempreiteiro relatou ser necessário um dia para a instalação da estrutura, um dia para colocação de todas as placas inteiras, um dia para colocação dos recortes, um dia para aplicação de massa e fita e um dia para repassar em todos os apartamentos e fazer ajustes finos, totalizando cinco dias. Entretanto, o subempreiteiro relatou que nesse tempo ele estava considerando uma folga, no caso de ser necessário deslocar os funcionários para concluir outra atividade da obra.

o mesmo se colocou à disposição para intermediar a conversa com o subempreiteiro responsável pelo forro de gesso, na qual a pesquisadora apresentaria a proposta de trabalho padronizado.

5.1.4.2 Apresentação da rotina padronizada para gestão e equipes de trabalho

Após as análises e conversas com os gesseiros sobre a melhor forma de execução, foi sugerida uma nova rotina padronizada para o subempreiteiro responsável pelo processo de forro de gesso. Para facilitar o entendimento da nova sequência de atividades pelos colaboradores, foram desenvolvidos cartões visuais da rotina de trabalho, os quais trazem o dia do ciclo, o turno, os horários, local de trabalho, atividades e os funcionários envolvidos no processo de forro de gesso. Assim, foram sugeridos horários pré-estabelecidos não só para as atividades inerentes ao forro de gesso em si, mas também para a preparação dos materiais, limpeza e descanso. Também foi inserido nos cartões a lista dos principais itens que devem estar disponíveis antes de iniciar a execução da atividade. Além disso, os cartões visuais podem ser utilizados pelos supervisores, no controle e monitoramento da atividade, bem como para a definição da taxa de produção dos funcionários. A Figura 24 mostra um exemplo dos cartões, elaborado para o turno da manhã, do segundo dia do ciclo.

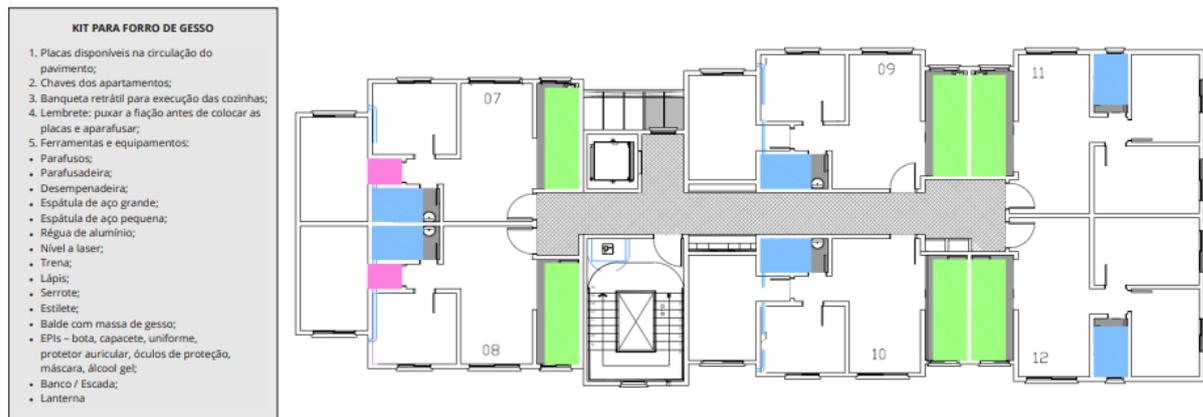
Apesar dos gesseiros se mostrarem confortáveis com a meta de três dias e meio para execução do ciclo completo do forro de gesso dos apartamentos, não se comprometeram a seguir a sequência padronizada. Conforme um deles alegou, o subempreiteiro responsável poderia, a qualquer momento, alocar um deles para outra atividade e, assim, não conseguiriam seguir a sequência proposta. O subempreiteiro afirmou que não poderia garantir o ciclo de três dias e meio e sim, de cinco dias.

5.1.4.3 Acompanhamento do 2º ciclo

Foram realizadas duas visitas ao canteiro de obras com o objetivo de avaliar o impacto da rotina padronizada na execução da atividade de forro de gesso. Verificou-se que em virtude do avanço da obra, muitas tarefas começaram a se sobrepor, na expectativa de que estas fossem concluídas o quanto antes. Nesse sentido, percebeu-se que outras atividades atrapalharam o andamento do forro de gesso. Por exemplo, quando os gesseiros passaram para o quarto pavimento e a equipe de ceramistas estava executando o piso da circulação, interrompendo a área de acesso e fazendo com que os gesseiros fossem para o quinto pavimento, para depois retornarem ao quarto.

Figura 24 – Cartão visual para o segundo dia do ciclo – Turno Manhã

DIA 2 - TURNO MANHÃ				
HORÁRIO	APARTAMENTO	AMBIENTE	ATIVIDADE	FUNCIONÁRIO
8h às 8:30h			CHEGADA E PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS	XXXX / YYYY
8:30h às 10h	07,08,09,10,11e12	COZINHAS	COLOCAÇÃO E APARAFUSAMENTO DE PLACAS INTEIRAS	XXXX / YYYY
10h às 10:40h	12,11e10	BANHEIROS	COLOCAÇÃO E APARAFUSAMENTO DE PLACAS INTEIRAS	XXXX / YYYY
10:40h às 10:55h			PAUSA PARA WC	
10:55h às 11:35h	09,08e07	BANHEIROS	COLOCAÇÃO E APARAFUSAMENTO DE PLACAS INTEIRAS	XXXX / YYYY
11:35h às 11:55h	07e08	CIRCULAÇÃO QUARTOS	COLOCAÇÃO E APARAFUSAMENTO DE PLACAS INTEIRAS	XXXX / YYYY



Fonte: elaborado pela autora.

5.1.5 Avaliações e Discussões Finais

A fim de compreender os impactos da proposta da rotina padronizada de um processo de produção, sob a perspectiva da equipe de gestão da obra, foi realizada uma entrevista aberta com o técnico de edificação que acompanhou a fase final do processo de forro de gesso.

O técnico comentou sobre alguns fatores presentes ao longo da execução da obra que dificultaram a implementação do trabalho padronizado. Dentre eles, destacou a grande rotatividade de funcionários da equipe de gestão da obra, tais como engenheiros e técnicos, o que não contribuía para a formação de uma equipe sólida capaz de engajar as equipes de produção no cumprimento das principais decisões. Outro ponto levantado foi o aumento expressivo no custo dos materiais durante a pandemia, o que resultou na troca do subempreiteiro de forro de gesso por outra empresa de menor custo (a contratação desse tipo de atividade

abrangia tanto material quanto mão de obra). O subempreiteiro substituído deixou muitos pavimentos inacabados e isso resultou em retrabalho para a nova equipe contratada. Ainda, comentou que o mestre de obras era o principal encarregado de treinar e transferir as decisões do engenheiro aos funcionários terceirizados, porém relatou que o mesmo tinha dificuldade para lidar com os funcionários o que dificultava o engajamento das equipes no cumprimento das metas. Por fim, o técnico comentou sobre a necessidade de haver maior controle das atividades que estavam em execução, porém isso exigiria da empresa a contratação de mais pessoas para realizar esse tipo de tarefa.

5.1.6 Reflexões acerca do método proposto por Mariz (2012)

Em relação à implementação do trabalho padronizado, de modo geral, identificaram-se alguns problemas relacionados ao método proposto por Mariz (2012), sendo necessário fazer adaptações do referido método, conforme descritas a seguir.

Escolha da atividade: o método indica escolher atividades que tenham boas disponibilidade de materiais, mão de obra e máquinas, deste modo, ao TP cabe definir e aplicar o método. Contudo, problemas relacionados à falta de materiais e mão de obra desqualificada são uma realidade dentro dos canteiros de obras, os quais se acentuaram ainda mais durante o período da pandemia, momento no qual foi realizado este trabalho. Assim, no presente estudo, a atividade foi escolhida em conjunto com o engenheiro da obra, sendo adotado como critério para a escolha, a criticidade do processo em relação ao prazo da obra.

Tamanho do lote: o estudo de Mariz (2012) adotou o tamanho do lote como sendo uma peça de porcelanato. Contudo, não corresponde à realidade, pois são necessários recortes, tais como cantos e requadros. Na aplicação do método para a execução do forro de gesso, como existiam áreas de forro e tamanho de placas diferentes, assim como muitos recortes nos diferentes tipos de ambientes de um apartamento, foram considerados cinco tipos de lotes de trabalho, isto é, cada ambiente do apartamento correspondia a um lote. A necessidade de realizar esse tipo de adaptação do método pode suceder em resultados insatisfatórios.

Coleta de dados: o método de Mariz (2012) não deixa explícito qual é a quantidade de dados necessária ou suficiente para que se possa realizar as análises. Para a aplicação do método no presente estudo, foram dispendidas, aproximadamente, dezessete horas de coleta de tempos dos elementos de trabalho, distribuídas em dias diferentes. Entretanto, estes dados não têm

representatividade estatística e devem ser considerados como um levantamento preliminar de dados a serem usados como valores de referência para melhorias futuras.

Variabilidade dos dados: conforme verificado na FEP da tarefa do forro de gesso da cozinha (Figura 21), os tempos para realizar os diversos elementos de trabalho são muito variáveis. Observou-se que é variável a quantidade de parafusos que devem ser aparafusados, pois vai depender do tamanho da placa. É variável a quantidade de vezes necessárias para cortar e lixar as placas, pois vai depender da precisão no momento de medir o tamanho necessário de cada placa. Colocar a placa na estrutura também pode variar, se as paredes não estiverem no esquadro será necessário cortar ou lixar a placa antes de colocá-la novamente. A quantidade de vezes necessárias para ajustar a fiação, vai depender se o funcionário que colocou o fio deixou uma quantidade adequada para baixo da laje. Nesse sentido, o menor tempo para o gesseiro executar o forro de gesso da cozinha vai depender de todas essas variáveis. Como o tempo para realizar as operações variava bastante, isso dificultou a determinação do tempo ideal para a realização de cada operação. Estas constatações confirmam a afirmação de Koskela (1992, 2000), que a produtividade da mão de obra, ao executar tarefas que requerem habilidade manual é inerentemente variável.

Tempo real para execução: o método proposto por Mariz (2012) considera que o tempo real necessário para a execução de uma atividade é a soma do menor tempo repetitivo cronometrado de cada elemento de trabalho do ciclo, sem incluir as perdas. Entretanto, não é possível remover todos os tempos improdutivos de um trabalhador na execução de uma atividade. Assim, é necessário considerar no tempo de ciclo, além dos tempos de atividades produtivas e auxiliares, uma margem de tempo para a realização de etapas improdutivas, tais como deslocamento, transporte e descanso.

Percebeu-se, portanto, que a coleta e análise dos dados deve ser criteriosa em função da variabilidade remanescente, devendo ser dispendido tempo suficiente para analisá-los corretamente. Um dos desafios é que, enquanto estas análises são realizadas, as atividades na obra continuam em andamento, o que causa uma pressão para a rápida implementação do trabalho padronizado.

A Figura 25 explicita as etapas propostas por Mariz (2012), as etapas realizadas nesse estudo exploratório e mudanças propostas para o desenvolvimento do estudo empírico. Nesse sentido,

busca-se considerar a participação ativa do trabalhador, por meio de uma nova abordagem para a coleta de dados e definição do trabalho padronizado no contexto da construção civil.

5.1.7 Contribuições do estudo exploratório

As contribuições deste estudo estão relacionadas à compreensão de **requisitos mínimos para a implementação do trabalho padronizado** em um contexto sociotécnico complexo, como é o caso da construção civil. Além disso, o estudo contribuiu para a definição inicial dos passos para implementação do trabalho padronizado, a partir de métodos já existentes.

A partir do diagnóstico realizado na Empresa A e da coleta de dados inicial, foi possível constatar que é necessário estimular um processo de planejamento mais colaborativo, tanto na instância de médio, quanto de curto prazo, a fim de que os processos alcancem a estabilidade básica, que é um requisito mínimo para a implementação do trabalho padronizado. No nível de médio prazo, os funcionários não participavam da análise das restrições. Além disso, muitas não eram removidas e outras surgiam ao longo da execução das atividades. Nesse sentido, envolver os subempreiteiros e, sobretudo os funcionários que executam as tarefas, para participarem da análise das restrições, poderia contribuir para garantir o *kit* completo, proposto por Ronen (1992) e garantir que menos imprevistos e novas restrições surgissem ao longo do ciclo de controle do médio prazo.

Além disso, observou-se que o sequenciamento das atividades executado na obra nem sempre respeitava o sequenciamento proposto na linha de balanço. O não cumprimento do sequenciamento conforme planejado indicava que o planejamento era parcialmente ignorado, dificultando a implementação do trabalho padronizado. Nesse sentido, Ballard e Tommelein (2020) sugerem envolver os profissionais que executam as tarefas no detalhamento de planos para etapas críticas, a fim de estabelecer em conjunto metas claras para o LPS. Frandson (2019) também afirma que este envolvimento contribui para um maior entendimento comum sobre o plano de ataque da obra.

No nível de curto prazo, constatou-se falta de engajamento entre a equipe de gestão da obra e a equipe de produção. Os pacotes de trabalho eram definidos pela gerência da obra e não havia negociação com os líderes de equipe. A ausência do envolvimento dos trabalhadores, também dificultou a implementação do trabalho padronizado.

Figura 25 – Adaptações das etapas do método de Mariz (2012) e Mudanças Propostas

MÉTODO PROPOSTO POR MARIZ (2012)	ADAPTAÇÕES DO MÉTODO DE MARIZ (2012)	
ETAPAS DO MÉTODO	O QUE FOI FEITO	MUDANÇAS PROPOSTAS
1-Escolher serviço	A escolha do processo foi realizada em conjunto com o engenheiro responsável pela obra, e o critério adotado foi a criticidade do processo em relação ao prazo da obra.	É indicado a definição do trabalho padronizado para um conjunto de atividades interdependentes, com o objetivo de sincronizá-las.
2-Definir o takt	O takt e tempo de ciclo do processo já estavam definidos no plano de longo prazo da obra.	Identificar o ritmo e tempo de ciclo planejados dos processos no plano de longo prazo da obra.
3-Coletar atividades fora do ciclo e tentar eliminá-las. Utilizar FEP para coleta e GBO para fazer análise do tempo.	Foram coletados os elementos de trabalho realizados pelo funcionário, os quais foram classificados em tempos produtivos, auxiliares e improdutivos. Para as etapas improdutivas, foram sugeridas melhorias.	Para aprofundar o conhecimento do conteúdo de trabalho do processo, sugere-se que o foco não seja por meio da coleta (por cronometragem) dos tempos de elementos de trabalho, pois há muita variabilidade nos dados coletados dessa forma. Além disso, considerar a eliminação de todas as etapas improdutivas para determinar o tempo de ciclo ideal não é aconselhável, uma vez que fazem parte da execução de qualquer trabalho. É indicado que a coleta de dados seja feita por meio da observação e conversas com os funcionários durante a execução dos serviços, para compreender: -Tamanho dos Lotes de produção; -Etapas que agregam e não agregam valor; -Sequenciamento das operações (passo-a-passo); -Organização e o layout de trabalho; -Distribuição dos funcionários na execução do serviço; -Tempos estimados pela equipe (observação e visão dos trabalhadores e equipe de gestão); -Kit padrão (o que precisa para a atividade não parar). A definição do tempo de ciclo adequado para executar todas as operações do processo, de forma a atender ao takt, deverá ser feita em conjunto com os funcionários, levando em consideração as diferentes produtividades entre os membros da equipe.
4 - Coletar elementos de trabalho do ciclo e definir o tempo real para executá-los (eliminar atividades que não agregam valor). Utilizar FEP para coleta e GBO para fazer análise em relação ao takt.	Foram coletados os elementos de trabalho realizados pelo funcionário, os quais foram classificados em tempos produtivos, auxiliares e improdutivos. Foi identificado o tempo mínimo para execução das atividades do ciclo (produtivas e auxiliares), considerando a eliminação das etapas improdutivas. O tempo real para executar foi definido em conjunto com os funcionários, incluindo tempo para etapas improdutivas (deslocamentos, transporte, limpeza...)	
5-Verificar se o equipamento pode operar de acordo com o takt e ajustar se necessário	Não se aplica no presente estudo.	
6-Organizar layout de trabalho por meio da utilização do Diagrama de espagete	Os tempos das etapas improdutivas, tais como deslocamento e transporte, foram inseridos em planilha excel e foram propostas melhorias a fim de diminuir o tempo dispendido com essas etapas.	A partir das observações e conversas com os funcionários, sugere-se que, em conjunto com os funcionários, sejam identificadas as condições ideais do espaço em relação a limpeza, distribuição dos materiais no pavimento e apartamento.
7-Calcular quantos funcionários são necessários	Esse cálculo não foi realizado. A verificação do tempo de ciclo mínimo para execução das atividades do ciclo mostraram que um gesserio e um auxiliar eram suficientes para realizar a atividade.	Para determinar a quantidade de funcionários necessários, sugere-se analisar a capacidade de produção da equipe existente e propor alternativas, caso não atenda ao ritmo planejado.
8-Distribuir o trabalho entre os funcionários por meio da utilização do Diagrama do trabalho padronizado e Tabela de Combinação do trabalho padronizado	A distribuição dos locais de trabalho para o gesserio e auxiliar e a sequência de execução foram propostas em cartões visuais, de acordo com as suas preferências de execução e levando em consideração as melhorias propostas para otimizar os tempos improdutivos.	Sugere-se que a alocação dos funcionários nos locais de trabalho, bem como a sequência a ser seguida por cada um e pela equipe sejam definidas em conjunto com a equipe que vai realizar o trabalho , levando em consideração as diferentes produtividades. Não é indicado realizar essa análise sem a participação dos funcionários.
9-Implementar e apresentar os dados gerais, as metas e o plano de implantação por meio do Relatório A3	Foram apresentados os resultados obtidos e propostas de melhoria para a equipe de gestão da obra e para a equipe de produção.	Sugere-se que seja formalizada a implementação do TP, por meio de uma reunião, na qual todos se comprometam a executar o plano desenvolvido em conjunto e sejam estimulados a propor melhorias.
9.1- Verificar causas do insucesso e elaborar planos de contramedidas	Não foi possível implementar o trabalho padronizado	
10-Manter e melhorar utilizando um Quadro de análise de produção	Sugere-se que seja realizado o monitoramento e controle diário das metas, por meio do check-in e check-out . O trabalho padronizado deverá ser refinado conforme sugestões dos funcionários e da equipe de gestão.	

Fonte: elaborado pela autora.

Ademais, conforme apresentado por Liker (2004), a espinha dorsal da padronização no STP está fortemente vinculada a ir até a fonte, observar em detalhes e aprender fazendo. Uma maior presença do engenheiro no canteiro de obras poderia permitir a identificação dos problemas de forma mais rápida, e assim, conduzir para a resolução dos problemas por meio de ações que evitassem a recorrência dos mesmos. Ainda, a utilização do dispositivo denominado pelos japoneses de *andon*, que é utilizado para comunicar a ocorrência de um problema e dar início ao processo de solução, pode potencialmente contribuir para que a resolução dos problemas ocorresse dentro do próprio ciclo de produção.

Em relação à **implementação do trabalho padronizado**, as etapas do método proposto por Mariz (2012) não envolvem a participação dos funcionários na elaboração de uma rotina padronizada de trabalho. Assim, nesse estudo, buscou-se definir, em conjunto com aqueles que executavam a tarefa, o melhor método de executar o trabalho, bem como as condicionantes para realizar, sem interrupções, o ciclo de operações. Percebeu-se a importância de explicitar os elementos do trabalho padronizado para quem executa a tarefa. Nesse sentido, é fundamental explicitar a meta, isto é, o tempo disponível para realização do trabalho de cada funcionário em cada local, bem como a sequência de execução de um conjunto de operações e os requisitos que devem estar à disposição dos funcionários antes e durante a execução das atividades. Dessa forma, busca-se promover um entendimento uniforme de um objetivo comum. Ainda, verificou-se a importância de treinamentos prévios à elaboração do trabalho padronizado, tanto com a gestão da obra, quanto com os funcionários. Por meio das análises dos resultados obtidos pela aplicação do método de Mariz (2012), foi possível mensurar o tempo que funcionários gastam com etapas improdutivas, auxiliares e produtivas. Apesar das limitações destas medidas de tempo, as mesmas serviram como ponto de partida para propor melhorias. As reflexões realizadas contribuíram para o desenvolvimento do estudo subsequente. Assim, verificou-se a **necessidade de propor e testar formas alternativas de coleta de dados sobre tempos**, considerando que a **utilização de tecnologias digitais** poderia ajudar, tanto a coleta, quanto a análise dos dados. Ainda, percebeu-se a necessidade de **determinar pontos de controle do status da produção**, possibilitando o acompanhamento em tempo real do trabalho padronizado. Por fim, verificou-se a importância da **definição do trabalho padronizado em conjunto com os funcionários que vão executar as atividades**. Além disso, identificou-se a necessidade de definir o trabalho padronizado **para um conjunto de atividades interdependentes**, com o **objetivo de sincronizá-las**, permitindo que não seja propagada variabilidade de uma etapa da obra para outra.

5.2 ESTÁGIO 2 – ESTUDO EMPÍRICO

5.2.1 Diagnóstico

5.2.1.1 Sistema de Planejamento e Controle da Produção existente na Empresa B

Desde 2005, a Empresa B vinha aplicando conceitos e práticas relacionadas à Produção Enxuta. Assim, já possuía um sistema de planejamento e controle da produção estabelecido, inclusive, adotava ferramentas do sistema *Last Planner*.

Na fase de desenvolvimento do produto e do estudo de viabilidade, era feito um planejamento de longo prazo da obra e, por meio da utilização de dados históricos da empresa, determinava-se o prazo da obra. Após o lançamento do empreendimento, o setor de planejamento da empresa era responsável por desenvolver o plano de ataque da obra, em que se definia os ciclos de produção e trajetórias. Nesse momento, se realizava o estudo da execução das fundações e se desenvolvia um planejamento inicial da obra no *software* MS Project, no qual eram determinadas as datas de início e término das etapas de infra e supra estrutura. Este plano era revisado em conjunto com o engenheiro responsável pela obra.

O plano de longo prazo de todas as obras da Empresa B seguia um fluxograma e tempos de ciclo, de algumas atividades, padronizados. Assim, cabia a cada subempreiteiro ajustar a sua equipe para cumprir com os tempos de ciclo padrão. Para algumas obras, quando solicitado pelo engenheiro responsável pelo empreendimento, o tempo de ciclo dos primeiros pavimentos era planejado com duração mais longa que o restante dos pavimentos.

Em relação ao planejamento de médio prazo, o engenheiro de cada obra extraía do plano de longo prazo as atividades previstas para os próximos três meses e trabalhava na análise das restrições. Para cada atividade prevista, o engenheiro analisava se as restrições já tinham sido removidas. Caso a atividade possuísse algum tipo de restrição não removida, um plano de ação era estabelecido. A Figura 26 apresenta o filtro do mês de janeiro de 2022, com a análise de remoção das restrições e a Figura 27 apresenta os planos de ação para as atividades que tinham restrições não removidas. A reunião de planejamento de médio prazo acontecia toda primeira semana de cada mês, com duração de aproximadamente trinta minutos por obra e participavam a diretoria da empresa, setor de suprimentos, setor de planejamento e orçamento, o gerente da obra e o engenheiro responsável pela obra. Nessa reunião, o engenheiro participava de forma virtual e o escritório central, presencial. A reunião, contudo, tinha uma característica estratégica e gerencial, sem envolvimento da obra e demais pessoas chaves nos processos, as quais

poderiam contribuir para a análise das restrições. Dado o curto tempo disponível por obra, normalmente eram analisadas somente as restrições consideradas como mais críticas.

Figura 26 – Filtro das atividades do médio prazo

JANEIRO 2022					PREVISTO LINHA DE BASE		5,94%	47,15%	PREVISTO OBRA		5,41%	47,21%
SERVIÇO	PREVISÃO INÍCIO	PREVISÃO TÉRMINO	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MEDIDAS (projetos)	MEIO AMBIENTE	MAQUINAS E EQUIPAM.	MÉTODO	PLANO DE AÇÃO		STATUS	
									PLANO	DATA LIMITE		
EMPREENDIMENTO E2												
2. TORRE												
3. MÁQUINAS, EQUIPTOS E FERRAMENTAS												
Máquinas e Equipamentos												
Cremalheira - Torre												
Cremalheira 1	Ter 13/07/21	Seg 12/09/22	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Plano de ação 02		
Cremalheira 2	Sex 23/07/21	Seg 11/04/22	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Plano de ação 02		
Mini Grua - Torre	Qui 01/07/21	Seg 11/04/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Andaime - Torre	Seg 29/03/21	Qui 28/04/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
8. ESTRUTURA												
Estrutura - Lajes												
Alvenaria Estrutural - Laje - 12º Pav - Torre - Parte B	Ter 28/12/21	Ter 04/01/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Alvenaria Estrutural - Laje - 13º Pav - Torre - Parte A	Qua 05/01/22	Ter 11/01/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Alvenaria Estrutural - Laje - 13º Pav - Torre - Parte B	Qua 12/01/22	Ter 18/01/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Alvenaria Estrutural - Laje - 14º Pav - Torre - Parte A	Qua 19/01/22	Ter 25/01/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Alvenaria Estrutural - Laje - 14º Pav - Torre - Parte B	Qua 26/01/22	Ter 01/02/22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			
Estrutura - Alvenaria												
Alvenaria Estrutural - Elevação - 12º Pav - Torre - Parte	Ter 28/12/21	Ter 04/01/22	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Plano de ação 03		
Alvenaria Estrutural - Elevação - 12º Pav - Torre - Parte	Qua 05/01/22	Ter 11/01/22	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Plano de ação 03		

Fonte: Empresa B.

Figura 27 – Plano de ação

Item	ITEM DO CRONOGRAMA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA LIMITE	No Prazo	Prioridades
1	PROTÓTIPO PRODUTO - Acabamento de produto - Unidade + Trecho da Circulação - 2º Pav	Definição da data do protótipo junto à diretoria	xxxxx	07/01/2022	Concluído	
2	Cremalheira 1	Potar aditivo referente aos dias de atraso da alvenaria	xxxxx	21/01/2022	No Prazo	
3	Alvenaria Estrutural - Elevação - 12º Pav - Torre - Parte A	Monitorar o reajuste do efetivo após festas de final de ano - Equipe reduziu	xxxxx	11/01/2022	No Prazo	
4	DW Frame - 3º Pav - Shaft e Dormitórios	Ajuste do ciclo do gesso liso para início o cumprimento da meta	xxxxx	11/01/2022	No Prazo	
5	Regularização teto, viga e pilar - 6º Pav - Escada e Áreas técnicas	Monitorar incremento de efetivo para regularização da estrutura	xxxxx	10/01/2022	Atrasado	
6	Gesso Liso Teto - 3º Pav - Apto	Monitorar ajuste de efetivo conforme reunião de metas com Sul Gesso	xxxxx	07/01/2022	Concluído	
7	ELÉTRICA E HIDRÁULICA	Ajuste do efetivo conforme e-mail das metas mensais	xxxxx	07/01/2022	No Prazo	
8	Estrutura - Mall - Parte A - N 8,75 - Vigas	Monitorar ajuste de efetivo da Rohde	xxxxx	07/01/2022	Atrasado	
9	Forro de Gesso Placa - 2º Pav - Apto	Concluir contratação forro de gesso	xxxxx	07/01/2022	No Prazo	
10	Estrutura Convencional - Volume Superior - Torre - Platibanda - Parte 1	Agendar entrega de madeiras para platibanda	xxxxx	15/02/2022	No Prazo	
11	Imperm. Poço Elevador - Térreo - Torre - Interno	Agendar início das atividades com a RBL	xxxxx	15/02/2021	No Prazo	
12	Piso cerâmico - 2º Pav - Apto	Fazer reunião de início das atividades da instalação dos porcelanatos	xxxxx	15/02/2021	No Prazo	
13	Produção e entrega Equipamentos - Elevador 1	Liberar medição dos elevadores para produção.	xxxxx	21/01/2021	No Prazo	

Fonte: Empresa B.

Quanto ao planejamento de curto prazo, eram realizadas reuniões semanais e participavam da reunião um representante de cada atividade em execução, a equipe gerencial da obra, o mestre de obras e o técnico de segurança do trabalho. Para avaliar a eficácia dos planos gerados era coletado o indicador PPC. Além disso, também eram identificadas as causas para a não conclusão dos pacotes. Ainda, era gerado o gráfico de PPC por subempreiteiro. Ao final da

semana, o responsável pela elaboração da planilha do plano de curto prazo (Figura 28), verificava o *status* dos pacotes de trabalho, isto é, se haviam sido concluídos ou não, para que se identificasse a necessidade de reprogramá-los.

Figura 28 – Plano de Curto Prazo da Empresa B

EMPREENDIMENTO: EMPREENDIMENTO E2													
Média do Mês Anterior: 63,75%													
ATIVIDADES DETALHADAS													
Início da Semana	Término da Semana	Nº da Semani	Equipe	Torre / Implantação	Atividade	2º	3º	4º	5º	6º	Status	Responsável	Anomalia
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	11º pav	100% desforma da escada						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	12º pav	100% Limpeza pós desforma						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	12º pav - trecho B	100% Desforma e reescoro do 13 B						nao	xxxxxxx	Mão de Obra
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	14º pav trecho B	100% cimbramento						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	14º pav trecho B	100% assoalho da laje						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	14º pav trecho B	100% Formas da laje						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	14º pav trecho B	100% aço da laje						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	14º pav trecho B	Concreto laje - 08/02						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	10º pavto	Concreto laje grua - 08/02						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	11º pav	Concreto laje grua - 08/02						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	Garagem - terreo	Prologamento e descida de mangueiras na alvenaria						nao	xxxxxxx	Mão de Obra
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	Garagem - terreo	100% instalação das caixinhas no térreo						nao	xxxxxxx	Equipamento
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	loja B - trecho 1	100% das redes enterradas com fitilho antes do						nao	xxxxxxx	Mão de Obra
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	loja B - trecho 2	100% das redes enterradas						sim	xxxxxxx	
31/01/2022	04/02/2022	1	XXXXX	2º pavto	100% Instalação elétricas dos ventokits						nao	xxxxxxx	Mão de Obra

Fonte: Empresa B.

A Empresa B utilizava a planilha chamada Escadinha (Figura 29) para o acompanhamento e controle da data de término real de cada atividade por pavimento, em relação a data de término prevista. A empresa considerava concluídas as atividades mesmo sem terminalidade, quando estas não impediam a liberação de atividades seguintes. Os retângulos em cinza apresentam todas as atividades e respectivos pavimentos que deveriam ser concluídos até a data de atualização da planilha. Cada uma das demais cores, representam os meses subsequentes à data de atualização da planilha, indicando as atividades e pavimentos que devem ser finalizados dentro de cada mês. Por fim, as células que devem ser preenchidas são os retângulos em branco da linha “Executado” de cada pavimento.

Outro documento utilizado para controle da liberação das atividades em cada pavimento é a passagem de bastão. O formulário de passagem de bastão ficava disponível em um totem, no patamar da escadaria de cada pavimento da obra. Nesse formulário, as macros atividades da obra eram listadas em uma coluna, e os responsáveis por cada atividade deveriam registrar o nome da empresa terceirizada que iria executar a atividade, a data de entrada no pavimento (indicando o início da atividade) e a data de saída no pavimento (indicando o término da atividade). Além disso, também deveria ser registrada a data de inspeção da qualidade, isto é, a data que foi preenchida a ficha de verificação de serviço (FVS) por um responsável da Empresa

B. A passagem de bastão tinha por objetivo sinalizar quando o pavimento estava liberado para a entrada da próxima atividade. Esta liberação ocorria após o pavimento ter sido inspecionado pelo estagiário responsável, segundo os critérios de qualidade sinalizados na FVS.

Figura 29 – Escadinha

		Atividades											Data de Atualização
Início linha de base >>		06/01/2022	13/01/2022	13/01/2022	20/01/2022	11/02/2022	10/03/2022	14/03/2022	25/02/2022	14/03/2022	14/03/2022	21/03/2022	28/03/2022
Término Linha de base >>		12/04/2022	20/04/2022	20/04/2022	28/04/2022	17/05/2022	07/06/2022	14/06/2022	31/05/2022	14/06/2022	14/06/2022	22/06/2022	29/06/2022
Diferença Término da linha de base e do previsto reprogramado(dias úteis)		44,00	44,00	44,00	44,00	46,00	33,00	30,00	45,00	40,00	46,00	46,00	46,00
Pavimento:	Serviços >>	FRAMES	ELÉTRICA	VENTILAÇÃO APTO	HIDRÁULICA COM TESTES	PLACAS COM FITA	MURETA	REGULARIZAÇÃO	FORRO	IMPERMEABILIZAÇÃO	CURA+TESTE+PROTEÇÃO MECÂNICA	AZULEJO	CERÂMICA
15º PAV	Previsão	15/06/2022	23/06/2022	23/06/2022	30/06/2022	21/07/2022	25/07/2022	27/07/2022	03/08/2022	10/08/2022	18/08/2022	25/08/2022	01/09/2022
	Executado												
14º PAV	Previsão	08/06/2022	15/06/2022	15/06/2022	23/06/2022	14/07/2022	18/07/2022	20/07/2022	27/07/2022	03/08/2022	11/08/2022	18/08/2022	25/08/2022
	Executado												
13º PAV	Previsão	01/06/2022	08/06/2022	08/06/2022	15/06/2022	07/07/2022	11/07/2022	13/07/2022	20/07/2022	27/07/2022	04/08/2022	11/08/2022	18/08/2022
	Executado												
12º PAV	Previsão	25/05/2022	01/06/2022	01/06/2022	08/06/2022	30/06/2022	04/07/2022	06/07/2022	13/07/2022	20/07/2022	28/07/2022	04/08/2022	11/08/2022
	Executado												
11º PAV	Previsão	13/05/2022	20/05/2022	20/05/2022	27/05/2022	20/06/2022	22/06/2022	24/06/2022	01/07/2022	08/07/2022	18/07/2022	25/07/2022	01/08/2022
	Executado												
10º PAV	Previsão	03/05/2022	10/05/2022	10/05/2022	17/05/2022	07/06/2022	09/06/2022	13/06/2022	21/06/2022	28/06/2022	06/07/2022	13/07/2022	20/07/2022
	Executado												
9º PAV	Previsão	18/04/2022	26/04/2022	26/04/2022	03/05/2022	24/05/2022	26/05/2022	30/05/2022	06/06/2022	13/06/2022	22/06/2022	29/06/2022	06/07/2022
	Executado												
8º PAV	Previsão	01/04/2022	25/03/2022	08/04/2022	18/04/2022	10/05/2022	12/05/2022	16/05/2022	23/05/2022	30/05/2022	07/06/2022	14/06/2022	22/06/2022
	Executado												
7º PAV	Previsão	18/03/2022	11/03/2022	25/03/2022	01/04/2022	26/04/2022	28/04/2022	02/05/2022	09/05/2022	16/05/2022	24/05/2022	31/05/2022	07/06/2022
	Executado												
6º PAV	Previsão	04/03/2022	11/03/2022	11/03/2022	18/03/2022	08/04/2022	12/04/2022	14/04/2022	25/04/2022	02/05/2022	10/05/2022	17/05/2022	24/05/2022
	Executado												
5º PAV	Previsão	17/02/2022	24/02/2022	24/02/2022	04/03/2022	25/03/2022	29/03/2022	31/03/2022	07/04/2022	14/04/2022	26/04/2022	03/05/2022	10/05/2022
	Executado												
4º PAV	Previsão	03/02/2022	10/02/2022	10/02/2022	17/02/2022	11/03/2022	15/03/2022	17/03/2022	24/03/2022	31/03/2022	08/04/2022	18/04/2022	26/04/2022
	Executado												
3º PAV	Previsão	19/01/2022	26/01/2022	26/01/2022	26/01/2022	17/02/2022	21/02/2022	23/02/2022	03/03/2022	17/03/2022	25/03/2022	01/04/2022	08/04/2022
	Executado												
2º PAV	Previsão	27/12/2021	06/01/2022	10/01/2022	13/01/2022	04/02/2022	08/02/2022	10/02/2022	17/02/2022	10/03/2022	18/03/2022	25/03/2022	01/04/2022
	Executado	27/12/2021	06/01/2022	10/01/2022									
CICLOS POR PAVTO		5 dias	5 dias	5 dias	5 dias	5 dias	2 dias	2 dias	5 dias	5 dias	6 dias	5 dias	5 dias
QUANT. COLABORADORES		a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher	a preencher

Fonte: Empresa B.

5.2.1.2 Sistema de Gestão da Qualidade existente na Empresa B

Em relação ao SGQ, a Empresa B desenvolveu o seu Sistema de Gestão Integrada, sendo que para cada atividade executada no canteiro de obras, existia um documento que objetivava padronizar o processo de execução em todas as obras. Aos procedimentos padronizados de cada atividade, eram anexados documentos que orientavam a elaboração do *kanban* de cada atividade, assim como as FVS.

Os procedimentos apresentavam o seguinte conteúdo: o objetivo do procedimento; os documentos de referência (projetos e demais procedimentos relacionados); os registros que deveriam ser feitos por meio do preenchimento das respectivas FVS; os anexos ao procedimento como *kanban*; os responsáveis que devem estar envolvidos no gerenciamento, acompanhamento, execução e inspeção das atividades, bem como no recebimento e supervisão dos materiais; as produtividades de mão de obra e consumos de materiais esperados; os

materiais, ferramentas e equipamentos que devem estar disponíveis antes de iniciar a atividade; as condições de início esperadas no pavimento antes de iniciar a atividade. Além disso, os procedimentos apresentavam de forma detalhada as instruções de como as tarefas deveriam ser executadas (forma de disposição, fixação e colagem dos materiais), os itens que deveriam ser inspecionados, os resultados esperados e as ações recomendadas em caso de não conformidade.

Em relação ao *kanban*, era elaborado por cada obra a partir de uma impressão da planta baixa do pavimento tipo. Após, eram inseridos desenhos representativos da quantidade de material necessário para os locais. O guincho era representado em planta e, assim, definia-se a sequência de distribuição e de abastecimento. O *kanban* orientava a distribuição do material no pavimento que deveria ser realizada pelo guincheiro, com apoio de auxiliares. Além disso, também constava diretrizes a respeito do transporte a ser utilizado para distribuição do material, bem como sua capacidade de carga. Quanto às FVS's, as fichas apresentavam os itens de inspeção que deveriam ser verificados e aprovados antes, durante e após a execução da atividade.

Antes de iniciarem a execução das atividades, todos os funcionários das empresas terceirizadas eram treinados de acordo com esses documentos e, por meio de auditorias internas mensais, um representante do setor de qualidade auditava os empreendimentos, para verificar se as obras estavam cumprindo os padrões.

5.2.1.3 Tecnologias Digitais utilizadas na Empresa B

Em relação às tecnologias adotadas pela Empresa B para apoio às atividades gerenciais nas obras destacava-se o uso de *tablet*, por toda a equipe técnica da obra, para preenchimento das FVS, leitura de projetos e elaboração de *check-list* na etapa final da obra. Os *QR codes* eram disponibilizados nas portas das unidades personalizadas informando o que era personalizado em cada apartamento. Todos os projetos eram em BIM, sendo o setor de projetos responsável pelo modelo na empresa. O setor de planejamento utilizava o *Navisworks* para visualização do modelo e assim, auxiliar na elaboração do planejamento e plano de ataque da obra. Contudo, na obra, utilizavam o BIM apenas para visualização do modelo.

Além disso, a empresa havia já testado a automatização da passagem de bastão por SMS (*Short Message Service*). Nesse caso, o subempreiteiro recebia um SMS avisando quando poderia entrar no pavimento para iniciar a sua atividade, e por meio de um *link* disponibilizado na mesma mensagem, poderia informar quando iniciou e quando terminou a atividade. O estagiário recebia o aviso que a atividade estava liberada para conferência da qualidade no pavimento.

Contudo, o limitado envolvimento de alguns dos participantes no processo, o alto custo de implementação e a falta de integração entre algumas tecnologias comprometeram a continuidade na utilização dessa solução.

5.2.1.4 Análise do Empreendimento E2

No plano de longo prazo, considerou-se como lote de produção da estrutura (lajes e alvenaria) meio pavimento (lado A e lado B). Para as demais atividades, o lote era o pavimento inteiro. Com o objetivo de facilitar as análises a partir de um plano visual, foi feita a transcrição do MS Project para a linha de balanço, utilizando o *software* Agilean (Figura 30).

No longo prazo, o ideal é planejar conjuntos de atividades inter-relacionadas separados por *buffers*, os quais teriam função de absorver a variabilidade inerente ao contexto da obra. Porém, a partir da visualização do plano de longo prazo apresentado na Figura 30, constatou-se que não apareciam folgas de tempo (*buffers*) entre os processos, indicando que o plano desconsiderava a variabilidade nas durações de atividades na obra. A preferência por planejar dessa forma foi justificada pela empresa a partir do objetivo de executar as tarefas o quanto antes possível. Além disso, foi possível verificar a ausência da sincronização dos processos, uma vez que os tempos de ciclo das atividades variavam de três a seis dias no planejamento. Outro ponto observado foi que o planejamento focava no fluxo contínuo do produto (pavimentos) em detrimento ao fluxo ininterrupto das equipes.

Figura 30 – Planejamento de Longo Prazo



Fonte: adaptado Empresa B.

Na instância do planejamento de médio prazo, eram realizadas reuniões mensais, de forma virtual, com duração de aproximadamente trinta minutos. Participavam desta reunião o diretor de engenharia, o gerente responsável pela obra, o responsável pelo setor de planejamento e orçamento, o responsável pelo setor de suprimentos e o engenheiro responsável pela obra.

Nesse sentido, verificou-se que poucas restrições eram registradas na planilha de análise das restrições, demonstrando que uma parcela substancial das restrições era provavelmente tratada informalmente. Na reunião de médio prazo, o engenheiro listava as atividades em atraso (frame, placa, impermeabilização, forro), o percentual em atraso de cada uma, justificava os atrasos das atividades (recursos insuficientes, subempreiteiros não estavam colocando o número de funcionários suficiente para cumprir com os prazos) e comunicava até qual mês pretendia recuperar o atraso. O plano de ação para recuperação do atraso envolvia, entre outros itens, reuniões semanais com os encarregados das principais atividades. Também se discutiam as atividades que estavam previstas para serem iniciadas nas semanas seguintes. Entre elas, o reboco externo foi discutido no sentido de entender a melhor estratégia de execução.

No nível de planejamento de curto prazo, eram realizadas reuniões semanalmente, no refeitório do canteiro de obras e tinham duração média de uma hora. Participavam da reunião, um funcionário que representava cada uma das equipes de produção, das atividades que estavam sendo executadas, a equipe gerencial da obra, que era composta pelo engenheiro, três estagiários, um técnico de segurança do trabalho e o mestre de obras.

Os pacotes de trabalho eram definidos por um dos estagiários da obra, no turno que precedia a reunião de planejamento semanal. Com foco em cumprir com o plano da semana, o engenheiro fazia a distribuição da mão de obra e a priorização das atividades durante a reunião. Na reunião, o engenheiro entregava a planilha para um representante de cada uma das atividades que estavam em execução na obra e iniciava a conversa a partir dos itens pendentes há mais tempo, para focar na terminalidade. Além disso, discutia-se a respeito das atividades logísticas que faziam parte do ciclo de operações, embora estas não fossem programadas explicitamente no plano de curto prazo, estavam inseridas dentro do ciclo. Outro ponto de discussão na reunião era a respeito da baixa produção de algumas equipes, justificada pelos representantes das equipes pela falta de funcionários. Nesse sentido, o engenheiro conversava com as equipes a fim de que refletissem sobre a melhor distribuição das tarefas entre os funcionários, de forma que pudessem cumprir o ciclo. Verificou-se que, no plano de curto prazo, eram programadas atividades com restrições relacionadas à mão de obra, sob a justificativa de pressionar as equipes. Além disso, conforme informado pelo engenheiro, não existia a figura do encarregado de cada atividade, isto é, havia equipes sem representante. Assim, nem sempre as decisões e acordos afirmados em reunião eram passados adiante para os demais funcionários das equipes. No mais, a gerência da obra não apresentava os indicadores da semana anterior para os

participantes da reunião, assim como não envolvia as equipes na identificação das causas da não conclusão dos pacotes semanais.

5.2.2 Refinamento e Implementação

5.2.2.1 Seleção do Conjunto de Atividades a serem analisadas

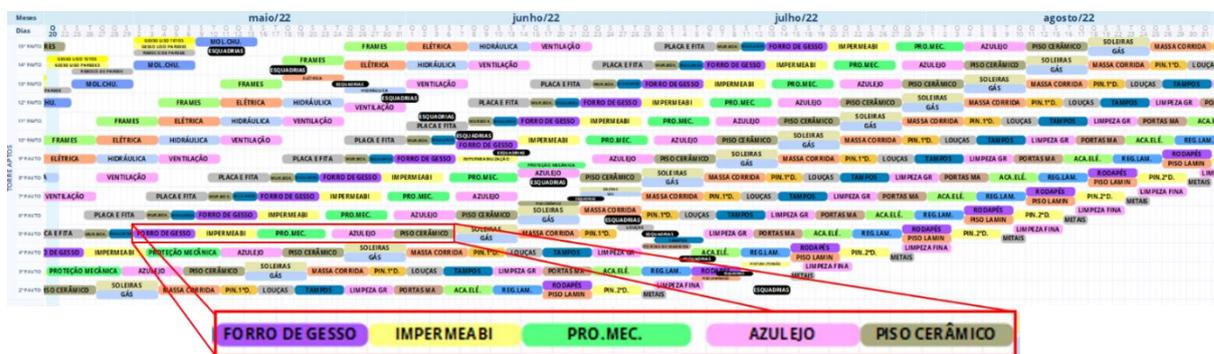
A fim de aprofundar o estudo no Empreendimento E2 e com o objetivo de padronizar e sincronizar um conjunto de atividades inter-relacionadas, por meio da definição do trabalho padronizado, foi escolhido um conjunto de cinco processos do plano de longo prazo: forro de gesso, impermeabilização, proteção mecânica, azulejo (placa cerâmica na parede) e piso cerâmico (placa cerâmica no piso). Em função do tempo disponível para este estudo, não foi possível estudar vários conjuntos de atividades, assim, foi escolhido um conjunto de cinco atividades inter-relacionadas do plano de longo prazo, que representavam um bloco crítico para a obra.

A escolha por essas atividades foi baseada nos seguintes critérios: (a) forte interdependência entre as atividades, (b) representavam um gargalo para a produção, isto é, havia limitação de capacidade da equipe, a qual poderia limitar a capacidade de produção de todo o sistema, (c) etapa da obra com um incremento significativo de atividades e equipes, e (d) este conjunto de atividades estavam no início, possibilitando, assim, tempo hábil para realização do estudo. A seleção dessas atividades e o diagnóstico realizado foram apresentados ao engenheiro da obra, o qual reforçou que a partir desse bloco de atividades, havia maior dificuldade em manter os prazos das atividades, conforme planejado. Essa dificuldade se dava uma vez que a produção se espalhava pela obra, isto é, em cada pavimento havia uma atividade diferente sendo executada. Dessa forma, era exigido o envolvimento de muitas pessoas para que o ritmo das atividades fosse cumprido. Além disso, havia maior congestionamento de diferentes equipes em um mesmo local.

Para cada um dos cinco processos selecionados, o tempo de ciclo e o ritmo previstos no plano de longo prazo era de cinco dias. Apesar do lote de produção ser um pavimento, para fins de controle a equipe de gestão classificava os apartamentos de final 01 a 06 como pertencentes ao Trecho A do pavimento e os apartamentos de final 07 a 12 pertencentes ao Trecho B.

A Figura 31 apresenta um recorte do plano de longo prazo com destaque para o conjunto de atividades selecionado para o estudo.

Figura 31 – Conjunto de atividades selecionado para o estudo



Fonte: elaborado pela autora.

O forro de gesso do tipo convencional era instalado no teto de toda circulação comum, que dava acesso aos apartamentos de cada pavimento. Dentro dos apartamentos, o forro estava previsto nos tetos dos dois banheiros. Já na circulação, entre estar e quartos, assim como na cozinha, o forro de gesso era instalado apenas sobre as áreas que passavam as tubulações suspensas de água e esgoto e os dutos corrugados de exaustão mecânica.

Quanto à impermeabilização, eram aplicadas três demãos do produto impermeabilizante nos ralos da área de serviço e nos ralos dos dois banheiros de cada apartamento. Além dos ralos, era feita a aplicação de quatro demãos do produto impermeabilizante em toda área de piso do box dos banheiros, sendo que nas paredes dos boxes a impermeabilização subia um metro em todo seu perímetro. A proteção mecânica da impermeabilização era realizada por meio da aplicação de uma camada de chapisco rolado apenas sobre a área de piso dos boxes dos banheiros.

Em relação aos revestimentos cerâmicos, o azulejo era instalado em uma das paredes da cozinha e área de serviço e nas paredes dos boxes dos banheiros. O piso cerâmico era instalado no piso da circulação comum entre os apartamentos, sendo que dentro dos apartamentos, o piso cerâmico era instalado na área da cozinha, na área de serviço e nos dois banheiros.

5.2.2.2 Processamento dos Dados Coletados

Os pavimentos observados durante a coleta de dados foram o 3º, 4º e 5º pavimentos, nos quais estavam sendo realizados, respectivamente as atividades de azulejo e piso cerâmico, impermeabilização e proteção mecânica, e forro de gesso.

Primeiramente foram realizadas observações no canteiro de obras, bem como conversas com os funcionários. Assim, foram analisadas a quantidade de trabalhadores que executavam as atividades, o tempo que cada um necessitava para concluir um apartamento, de que forma se organizavam no pavimento e apartamento, como era o sequenciamento das operações, isto é, o passo-a-passo realizado por cada funcionário na execução da atividade, como era feita a distribuição dos funcionários na execução da atividade, quais os tempos estimados pela equipe de produção e pela equipe de gestão para conclusão de um apartamento e um pavimento e ainda, qual era o *kit* padrão para cada processo, isto é, quais os requisitos necessários para a atividade não parar.

Percepções Gerais

Por meio desse conjunto de fontes de evidências, verificou-se, de forma geral, que no que diz respeito à qualidade e transparência, grande parte das tarefas eram realizadas de acordo com as instruções de trabalho, isto é, os funcionários sabiam os critérios de aceitação das atividades e procuravam cumpri-los. Além disso, foram observadas boas práticas da empresa, no sentido de disponibilizar um conjunto de componentes antes do início das atividades. Esse conjunto de componentes foi chamado de *kit* padrão.

Nesse sentido, verificou-se que, dentre os componentes do *kit* disponibilizados pela empresa, o *kanban* era montado para todas as atividades, antes do seu início e os materiais também eram disponibilizados no pavimento e nos apartamentos antes de iniciar a atividade. Além disso, verificou-se a presença de responsáveis delegados para abastecimento dos materiais e para inspeção da atividade, o que facilitava a logística da obra. Esses fatores contribuíam para um bom desempenho dos trabalhos, em termos de logística e confiabilidade das equipes.

Contudo, com exceção da atividade de impermeabilização, que tinha uma equipe altamente qualificada, ficou evidente que a meta de produção em termos de prazo, isto é, o tempo que cada equipe tinha para concluir a sua atividade, não era clara a todos os funcionários. Os supervisores tinham mais claro a meta, pois vinculavam o cumprimento das atividades aos prazos de medição. Além disso, percebeu-se grandes parcelas de tempos improdutivo na execução de algumas atividades. Era visível, por exemplo, a ausência de uma trajetória bem definida no pavimento, o que exigia dos funcionários um tempo para pensar e verificar qual apartamento estava disponível para continuar com a execução das atividades. Outro ponto observado foi a necessidade de ajuste de tubulações, de nivelamento dos pisos e de limpeza de

excessos de massa nas paredes e pisos, que só foram percebidos pelos próprios funcionários um pouco antes de iniciarem suas atividades, atrasando o início da execução das atividades no apartamento.

Ademais, existia uma baixa colaboração entre os funcionários de cada equipe dos processos analisados. Isso ocorria em virtude da individualização do trabalho, visto que cada funcionário recebia por medição, conforme quantidade de serviço executado. Cada um era responsável pela execução total de um local, isto é, de um apartamento ou circulação. Apenas na circulação, a atividade era compartilhada entre diferentes operários. Essa forma facilitava a medição de cada funcionário e o controle de qualidade pela equipe da obra, na percepção da empresa, pois era possível saber quem executou cada local e cobrar pela qualidade de algum item fora de conformidade.

Forro de Gesso

No período dessa coleta de dados, o forro de gesso estava sendo executado por uma equipe de quatro gesseiros, sendo que três funcionários estavam executando o forro dos apartamentos do 5º pavimento e um funcionário estava executando o forro da circulação do 4º pavimento. Contudo, conforme o plano de longo prazo da obra, o forro de gesso dos apartamentos e da circulação de cada pavimento estavam planejados para serem executados em paralelo, com um tempo de ciclo de cinco dias. Entretanto, não era isso que estava acontecendo na prática. Percebeu-se que a atividade de forro na circulação atrapalhava a livre circulação das atividades que já tinham iniciado no 4º pavimento, tal como a impermeabilização. Nesse sentido, havia um congestionamento no andar, uma vez que os andaimes utilizados pelo funcionário que executava o forro de gesso da circulação atrapalhavam a entrada para dentro dos apartamentos do funcionário que fazia a impermeabilização. O funcionário que estava executando o forro da circulação comentou que, dependendo da quantidade de andaimes que ele tinha à disposição, a atividade era executada de forma mais rápida ou mais devagar. Isso se justifica visto que, com menos andaimes, cada vez que o funcionário precisava avançar na colocação do forro da circulação, perdia algum tempo para desmontar e montar andaime. Dessa forma, mais lances de andaime permitia menos perda de tempo com operações de movimentação.

A sequência de execução do forro de gesso nos apartamentos foi determinada pelo engenheiro, o qual instruiu que os funcionários concluíssem o forro de todos os banheiros dos apartamentos e depois retornassem aos apartamentos para concluir os demais ambientes. Com isso, a

expectativa era liberar mais cedo a entrada da impermeabilização no pavimento. O que se observou, porém, foi a ocorrência de tempo de trabalho ocioso: em alguns apartamentos, o funcionário do forro e o funcionário da impermeabilização acabavam se encontrando e um deles precisava esperar ou sair para deixar o outro trabalhar. Segundo a equipe do forro de gesso, a produtividade da atividade é maior quando executam todo o apartamento e, quando não concluem todo o apartamento, isto é, fazem somente o banheiro e depois retornam para executar os demais ambientes, gastava-se mais tempo deslocando os materiais e montando e desmontando os andaimes. De fato, observou-se um aumento do tempo de ciclo necessário em função de tarefas de *setup*.

Quando se perguntou sobre a preferência dos trabalhadores em relação à trajetória de execução da atividade no pavimento, os funcionários comentaram que a escolha por onde iniciar e quais apartamentos cada um iria executar eram definidos pela própria equipe, no momento em que iniciavam a atividade em cada andar. Apenas o gesso que estava executando a circulação comentou que sempre iniciava pela parte mais próxima ao apartamento onde estavam depositados os materiais.

Em relação aos tempos de execução, os funcionários comentaram que cada um precisava de um dia e meio para concluir um apartamento e de quatro a cinco dias para concluir a circulação. Observou-se, contudo, que cada funcionário levava um dia para a execução do forro em um apartamento, sendo esta duração confirmada pelo estagiário responsável pelo acompanhamento desta atividade.

Impermeabilização e Proteção Mecânica

No período de coleta de dados, a atividade de impermeabilização dentro dos apartamentos estava sendo executado no 4º pavimento por três funcionários. Os funcionários da empresa de impermeabilização eram multifuncionais, ou seja, todos haviam sido treinados para executar desde a regularização (caimentos dos boxes) até a aplicação das quatro demãos do produto impermeabilizante e a execução da proteção mecânica. Estes funcionários, além de fazer a impermeabilização dentro dos apartamentos, também eram treinados para executar outros tipos de sistemas de impermeabilização presentes em diversos locais da obra (lajes técnicas, coberturas, piscinas e *decks*). Existia um líder que definia o que cada funcionário deveria fazer no dia a dia.

Quando era identificado um possível atraso no cumprimento do ciclo, a empresa de impermeabilização utilizava algumas alternativas para cumprir com o ciclo: a) os funcionários trabalhavam no sábado; b) os funcionários faziam hora extra e c) os funcionários que estavam trabalhando em outros empreendimentos eram levados para a obra em estudo.

A contratação com a empresa de impermeabilização era do tipo global, ou seja, incluía material e mão de obra. Constatou-se, porém, que algumas ferramentas não eram entregues pela empresa de impermeabilização, sendo de responsabilidade do funcionário adquirir a sua própria e levar ao local de trabalho (por exemplo, tesoura).

Em relação à trajetória de execução, não havia uma sequência pré-definida para iniciar e executar a atividade. Os funcionários iniciavam no trecho que tivesse mais apartamentos liberados e essa decisão era tomada no momento de iniciar o pavimento. Dentro do apartamento, também não havia uma sequência definida. Às vezes iniciavam pela cozinha e às vezes iniciavam pelos banheiros. Como não existia uma trajetória definida no pavimento, a empresa de impermeabilização utilizava um controle visual, próximo à área impermeabilizada, sinalizando quantas demãos já tinham sido executadas.

Quanto aos tempos de execução, o líder da equipe comentou que era preciso um funcionário para a aplicação de todas as demãos do produto impermeabilizante, sendo necessário um dia para a aplicação da 1ª, 3ª e 4ª demão e dois dias para a aplicação da 2ª demão em um pavimento. Ao término das quatro demãos, outro funcionário realizava a proteção mecânica dos boxes dos banheiros e para essa etapa era necessário um dia de trabalho. Contudo, constatou-se que a 3ª e 4ª demão eram realizadas mais rapidamente, não sendo necessário um dia inteiro de trabalho. A 1ª demão, de fato, precisava de um dia de trabalho, visto que nessa etapa alguns ajustes de limpeza, regularização de piso e organização do ambiente eram necessários antes de iniciar a atividade. Na 2ª demão, era necessária a aplicação da tela de reforço nos ralos, exigindo um tempo a mais em relação às demais demãos. Outro ponto observado foi que no plano de longo prazo da obra, o tempo de ciclo planejado para a atividade de proteção mecânica era de cinco dias por pavimento. Contudo, observou-se na prática que era uma atividade muito mais rápida de ser executada, necessitando de apenas um dia para conclusão de um pavimento.

Azulejo e Piso Cerâmico

No período da coleta de dados, o azulejo e piso cerâmico estavam sendo executados no 3º pavimento por uma equipe de três funcionários. No plano de longo prazo da obra, o azulejo e piso cerâmico estavam planejados como atividades distintas, isto é, após o término da execução de um pavimento de azulejo, estava programado o início da execução de piso cerâmico. Na prática, como o profissional que executava a parede era o mesmo que executava o piso, observou-se que os profissionais executavam todo o apartamento ao mesmo tempo, isto é, aplicavam os azulejos nas paredes e, na sequência, executavam o piso cerâmico. Além disso, conforme o plano de longo prazo da obra, o início da cerâmica na circulação coincidia com a data de início da cerâmica dos apartamentos do mesmo pavimento e tinham o mesmo tempo de ciclo de cinco dias. Contudo, observou-se na obra que a execução do piso cerâmico na circulação era iniciada somente após a conclusão de todos os apartamentos pelo funcionário mais rápido.

Cada um dos três funcionários era responsável pela execução completa (azulejo e piso cerâmico) de um apartamento. Conforme informado pelo estagiário, se tivesse algum problema no resultado final do produto, era mais fácil de identificar quem tinha executado o apartamento e solicitar ajustes. Além disso, como a atividade era paga por medição, isso também facilitava o momento do pagamento dos funcionários, que recebiam por metragem executada. Percebia-se, contudo, uma certa colaboração entre a equipe. Por exemplo, os aplicadores de cerâmica se ajudavam no momento da marcação de nível nas paredes e pisos.

Os profissionais tinham preferências distintas na ordem do assentamento dos revestimentos cerâmicos dentro do apartamento, porém todos concordavam que o assentamento dos revestimentos nas paredes era mais fácil de executar que o piso. Um deles preferia assentar as paredes de todos os ambientes do apartamento e após concluir as paredes iniciar o assentamento dos pisos. Já outro funcionário preferia concluir a atividade por ambiente, ou seja, assentar parede e piso de um ambiente e após, executar parede e piso do próximo ambiente. O apartamento de final 02 havia sido escolhido pelo estagiário como ponto de partida para início da atividade, sendo que a ordem de execução sugerida pelo estagiário foi do trecho A para o trecho B. Porém, a trajetória que cada funcionário iria seguir no pavimento e quantos apartamentos cada um iria executar era definida entre a própria equipe, ao longo da execução do pavimento.

Um dos profissionais comentou que a produtividade poderia aumentar se executassem primeiro o piso e depois as paredes, pois dessa forma seria necessário tirar o nível apenas para o piso e na sequência já assentar as paredes, sem necessidade de tirar o nível outra vez. Por outro lado, executar primeiro as paredes e após o piso, exige que tirem o nível nos dois momentos. Além disso, um dos funcionários comentou que dentro dos banheiros sem iluminação natural era muito escuro e isso dificultava a realização do trabalho. Um dos profissionais (o mais experiente entre os três) comentou que antes de iniciar o serviço, ele organizava o ambiente de trabalho e acreditava que essa ação o ajudava a ter uma maior produtividade.

Quanto aos rodapés, utilizavam a riscadeira para fazer as peças de rodapés, a partir de retalhos das peças já cortadas. Um dos funcionários comentou que a sua riscadeira vinha com um esquadro e dessa forma conseguia cortar o rodapé no tamanho exato e isso facilitava o trabalho. Segundo conversa com os funcionários, um deles (o mais experiente) concluía parede e piso do ambiente e já assentava o rodapé. Os demais, preferiam concluir os pisos de todos os ambientes e após colocar os rodapés, dessa forma, davam um tempo para a pedra se firmar e não corriam o risco da pedra se mexer.

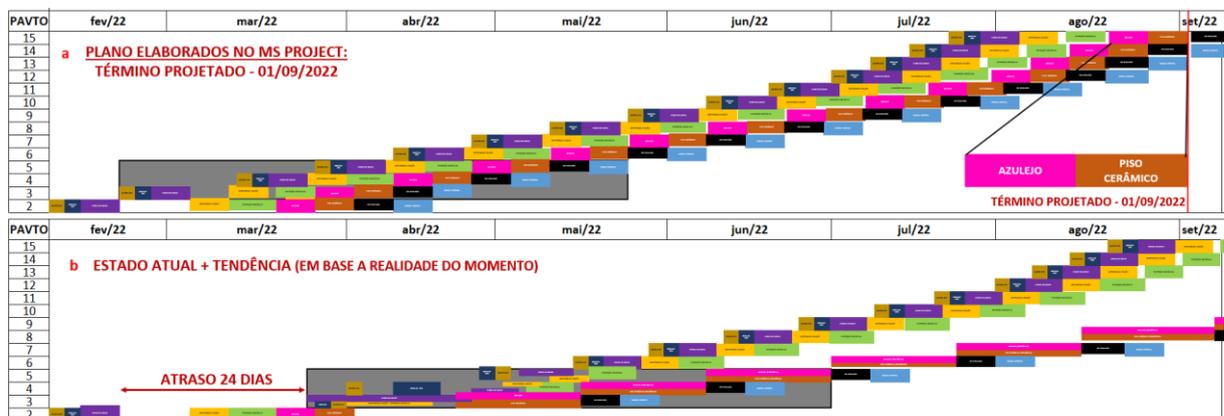
Em relação aos tempos de execução, verificou-se que o profissional mais experiente executava um apartamento (parede e piso) em dois dias e meio. Já os menos experientes necessitavam de três a cinco dias para executarem um apartamento (parede e piso). Conforme mencionado pelos próprios funcionários, os profissionais mais experientes tinham mais facilidade no corte do porcelanato e isso tornava a execução mais rápida. De fato, observou-se *in loco* ritmos diferentes entre os profissionais. O profissional mais experiente trabalhava há muitos anos como ceramista e tinha mais capacidade que os demais para se organizar e realizar suas tarefas. Os outros dois funcionários estavam recém iniciando nessa atividade, e estavam aprendendo as melhores formas de realizar o trabalho.

5.2.2.3 Análise dos Dados Coletados

Após a coleta de dados, primeiramente foi realizada uma análise global desse conjunto de atividades inter-relacionadas. Assim, foi transcrito para a linha de balanço o que foi observado no canteiro de obras e comparado com o que estava planejado no plano de longo prazo da obra. As análises partiram do 3º pavimento, visto que no 2º pavimento alguns apartamentos serviam como protótipo, sala de engenharia e depósito da obra.

A Figura 32 apresenta as atividades analisadas nesse estudo, bem como suas predecessoras (mureta e regularização dos boxes) e sucessoras (soleira, gás e massa corrida). Na Figura 32a está a transcrição do plano elaborado no MS Project para a linha de balanço. O que estava previsto no plano de longo prazo da obra, para os três pavimentos observados na coleta, está sinalizado pela hachura cinza. Na Figura 32b, está a transcrição de como as atividades de fato tinham sido realizadas na obra (sinalizadas pela hachura cinza), bem como a tendência com base na realidade observada. Os dados do 3º e 4º pavimentos do forro de gesso e do 3º pavimento da impermeabilização e proteção mecânica foram obtidos a partir do formulário de passagem de bastão.

Figura 32 – Transcrição do Plano Elaborado no MS Project x Estado Atual



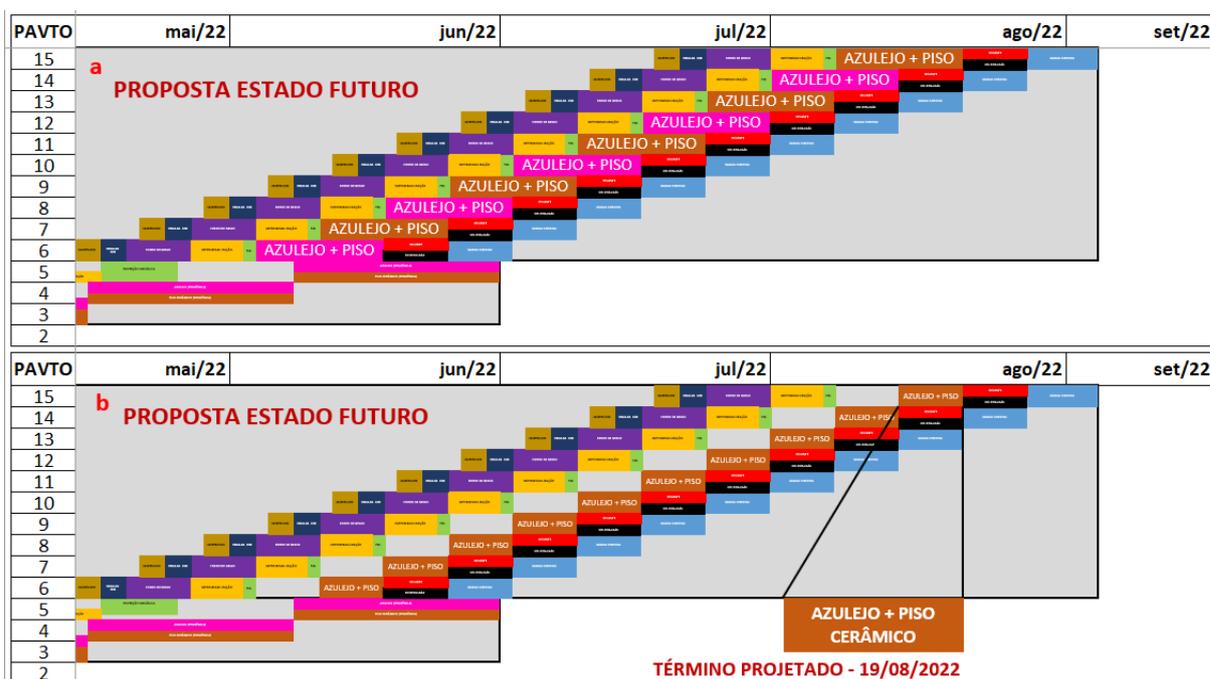
Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 32 confirmou o que se observou durante a coleta de dados, isto é, que o plano elaborado no MS Project não refletia a estratégia adotada na obra e nem sempre representava os ritmos reais adotados. Além disso, apesar da impermeabilização estar planejada para iniciar após o término do forro, no 3º e 4º pavimento, observou-se que essas duas atividades aconteciam em paralelo. Foi observado também que o tempo de ciclo do azulejo e piso cerâmico era maior que o planejado. Ainda, verificou-se que a sequência de trabalho realizada era diferente do planejado para as atividades de azulejo e piso cerâmico.

Outro ponto observado a partir da Figura 32 é que o conjunto de atividades inter-relacionadas, analisado nesse estudo, atrasou vinte e quatro dias para iniciar. Além disso, a data de término do azulejo e piso cerâmico estava projetada no plano elaborado no MS Project para 01/09/2022. Porém, a tendência de término, com base nos dados coletados, mostra que dificilmente essa

meta seria cumprida. A partir da constatação da tendência de atraso, em virtude de os tempos de ciclo reais serem maiores que os planejados, foram elaboradas duas propostas de estado futuro (Figura 33). As atividades de azulejo e piso cerâmico representavam o maior impacto na tendência de atraso, assim, foram apresentados dois possíveis cenários, sempre considerando o azulejo e piso cerâmico como uma única atividade, isto é, sendo executada em sequência, em cada zona de trabalho.

Figura 33 – Propostas Estado Futuro



Fonte: elaborado pela autora.

O primeiro cenário, representado na Figura 33a, propõe a execução dos revestimentos cerâmicos por duas equipes, totalizando um tempo de ciclo de dez dias para execução do piso cerâmico e azulejo, sendo o ritmo de entrega desta atividade de cinco dias. Nessa configuração, as equipes trabalhariam em paralelo. A Figura 33b, considera que o azulejo e piso cerâmico são executados por uma única equipe, com trabalhadores com produtividades maiores que os trabalhadores das equipes do primeiro cenário, sendo o tempo de ciclo e ritmo de entrega do pavimento de cinco dias. Para as atividades de forro de gesso, a proposta de tempo de ciclo e ritmo foi de cinco dias. Em relação à impermeabilização, a proposta do tempo de ciclo foi de cinco dias por pavimento, sendo que o tempo para execução da proteção mecânica está incluso neste período.

As propostas de estado futuro apresentadas na Figura 33, as quais consideram os tempos de ciclo ideais de execução, projetam o término das atividades em estudo para 19/08/2022, isto é, apontam uma redução de duas semanas em relação ao término projetado no plano de longo prazo da obra. Esses cenários foram apresentados ao engenheiro da obra, o qual conversou com o subempreiteiro responsável pela atividade de revestimentos cerâmicos. Ficou decidido que trabalhariam conforme cenário apresentado na Figura 33b, com uma equipe de seis a sete funcionários, isto é, o dobro da equipe que estava trabalhando naquele momento na obra.

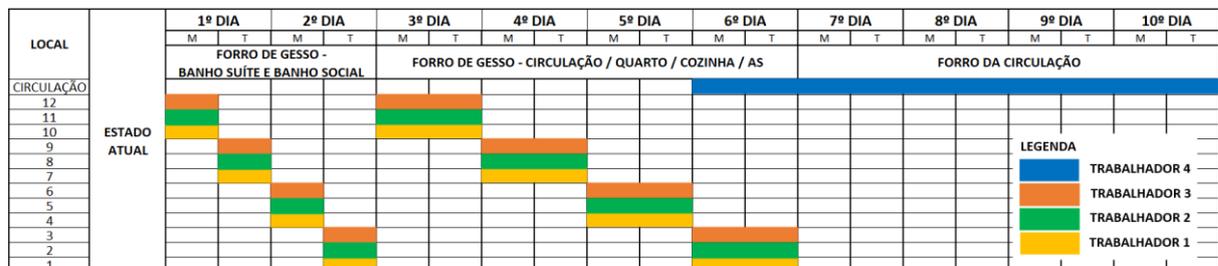
Para que a Proposta de Estado Futuro pudesse ser colocada em prática, foi realizado um estudo mais aprofundado de cada processo. Assim, foi elaborado o desenho do trabalho como realizado em obra para cada processo, comparando com os tempos de ciclo planejados no plano de longo prazo da obra. O tempo de ciclo e ritmos planejados no plano de longo prazo da obra para cada uma das cinco atividades analisadas era de cinco dias. A partir disso, e levando em consideração as alternativas de execução propostas pelos funcionários e os tempos necessários de produção, foi feita a sugestão do trabalho padronizado como proposta de estado futuro.

Essa etapa minuciosa do trabalho teve por objetivo balancear a quantidade de trabalho entre os funcionários de uma mesma equipe e sincronizar os processos inter-relacionados, de forma que todos tivessem tempos de ciclo compatíveis com o *takt time* de cinco dias por pavimento.

Forro de Gesso

A Figura 34 apresenta o Estado Atual do Forro de Gesso, a partir das observações feitas sobre como era realizado o trabalho, em termos de quantidade de funcionários, tempos de execução e trajetória.

Figura 34 – Estado Atual – Forro de Gesso



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 34, estão representadas a trajetória percorrida pela equipe de quatro gesseiros pelos apartamentos de um pavimento (eixo Y) e quantos dias cada um necessitava para concluir os locais (eixo X). O tempo de ciclo para executar um pavimento de apartamentos era de seis dias, diferentemente do tempo de ciclo planejado de cinco dias. A circulação, apesar de ser executada em cinco dias, estava sempre um pavimento inferior à execução dos apartamentos, o que não refletia o plano de longo prazo, no qual a execução da circulação do pavimento deveria ser em paralelo com a execução dos apartamentos.

Foi desenvolvida uma primeira proposta de trabalho padronizado para o forro de gesso (Figura 35), de maneira que se pudesse cumprir com o tempo de ciclo e ritmo de cinco dias. Essa proposta foi primeiramente apresentada para a equipe de gestão da obra. Vale ressaltar que, nesse primeiro momento, a equipe de gestão confirmou que o forro continuaria sendo executado por uma equipe de quatro pessoas, sendo três nos apartamentos e um na circulação.

Figura 35 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Forro de Gesso

LOCAL		1º DIA		2º DIA		3º DIA		4º DIA		5º DIA					
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T				
		FORRO DE GESSO - TODO APTO E CIRCULAÇÃO													
CIRCULAÇÃO								FINAL 06	FINAL 05	FINAL 04	FINAL 03	FINAL 02	FINAL 01		
		FINAL 12	FINAL 11	FINAL 10	FINAL 09	FINAL 08	FINAL 07								
12	PROPOSTA TRABALHO PADRONIZADO														
11															
10											WC SUÍTE	WC SOCIAL	CIRCULAÇÃO	QUARTO	COZ/AS
9															
8															
7									WC SUÍTE	WC SOCIAL	CIRCULAÇÃO	QUARTO	COZ/AS		
6															
5															
4															
3															
2															
1			WC SUÍTE	WC SOCIAL	CIRCULAÇÃO	QUARTO	COZ/AS								

LEGENDA

TRABALHADORES 1,2 E

TRABALHADOR 4

SEQUÊNCIA EXECUÇÃO:

WC SUÍTE	WC SOCIAL	CIRCULAÇÃO	QUARTO	COZ/AS
----------	-----------	------------	--------	--------

Fonte: elaborado pela autora.

A proposta considera que os três funcionários que executavam o forro de gesso dos apartamentos iniciassem o ciclo do pavimento pelo trecho A, mais especificamente pelos apartamentos de final 01, 02 e 03 e o fizessem, cada um, em um dia e meio. Nesse caso, existia uma folga de meio dia para cada trabalhador. Ao invés de executar primeiro os banheiros de todos os apartamentos e depois retornar para concluir o restante dos ambientes, a ideia era entrar no apartamento e concluir todos os ambientes, diminuindo os tempos de montagem e desmontagem dos andaimes. Além disso, foi sugerida uma sequência de execução do forro dentro dos apartamentos. Nesse caso, os funcionários começariam dos fundos em direção à

saída do apartamento, percorrendo primeiramente os banheiros da suíte e social, após a circulação entre quartos e o estar, seguir para o quarto e por fim, à área da cozinha e área de serviço.

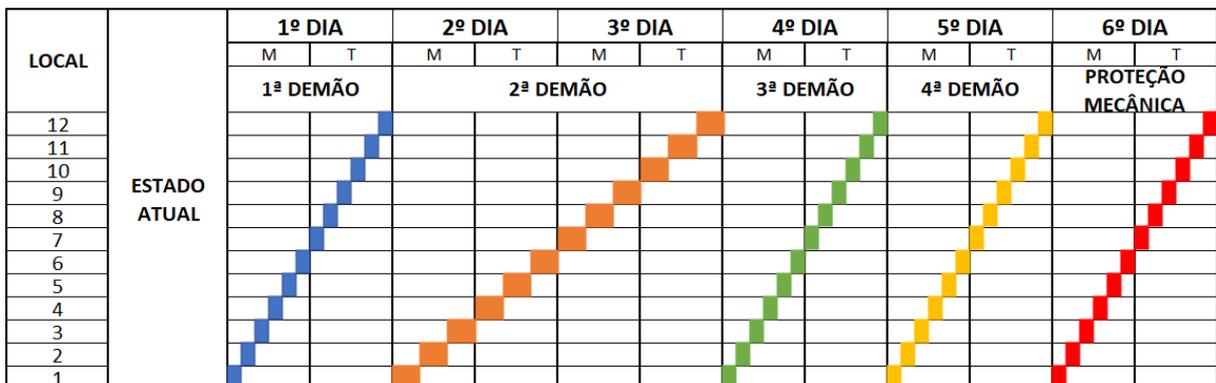
Após finalizar os três primeiros apartamentos, os funcionários deveriam seguir para os apartamentos de final 04, 05, 06, 07, 08 e 09, sendo o tempo de execução sugerido de um dia por apartamento para cada funcionário, nesse caso, sem folgas. Por fim, a conclusão do pavimento se daria nos apartamentos de final 10, 11 e 12, com tempo de execução de um dia e meio. Nesse caso, existia uma folga de meio dia para cada trabalhador. O total de tempo de folga planejada na proposta do trabalho padronizado foi de um dia. Essa folga servia para absorver incertezas presentes na própria atividade de forro de gesso ou entre as atividades sucessoras e predecessoras.

Em relação à circulação, a proposta foi que a atividade fosse iniciada no sentido oposto à execução dos apartamentos, de forma a diminuir o congestionamento no pavimento. Assim, no primeiro dia do ciclo, o gesso da circulação deveria começar pelo trecho B, próximo aos apartamentos de final 12 e 11 e seguir em direção ao trecho A, finalizando próximo aos apartamentos de final 02 e 01.

Impermeabilização e Proteção Mecânica

A Figura 36 apresenta o Estado Atual da atividade de Impermeabilização e Proteção Mecânica, a partir das observações feitas sobre como era realizado o trabalho, em termos de quantidade de funcionários, tempos de execução e trajetória.

Figura 36 – Estado Atual – Impermeabilização e Proteção Mecânica



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 36, estão representadas as 4 demãos, as quais eram executadas por apenas um funcionário e a proteção mecânica, que era executada por outro funcionário. O tempo para executar um pavimento de impermeabilização totalizava cinco dias e coincidia com o tempo de ciclo definido no plano de longo prazo. Já o tempo necessário para a execução de um pavimento de proteção mecânica era um dia, bem inferior ao tempo de ciclo planejado de cinco dias.

Foi desenvolvida a primeira proposta de trabalho padronizado para a impermeabilização e proteção mecânica (Figura 37) a partir de ajustes baseados em tempos informados e observados.

Figura 37 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Impermeabilização e Proteção Mecânica

LOCAL	PROPOSTA TRABALHO PADRONIZADO	1º DIA		2º DIA		3º DIA		4º DIA		5º DIA	
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
12	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
11	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
10	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
9	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
8	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
7	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
6	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
5	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
4	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
3	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
2	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										
1	COZINHA / AS										
	BANHEIRO SOCIAL										
	BANHEIRO SUÍTE										

Fonte: elaborado pela autora.

Assim, para a 1ª demão foi proposta a execução de seis apartamentos por turno, para a 2ª demão, quatro apartamentos por turno e para a 3ª e 4ª demão, sete apartamentos por turno. Por fim, para

a proteção mecânica, sete apartamentos por turno. Dessa forma, o tempo de ciclo e ritmo de entrega proposto de um pavimento de impermeabilização mais proteção mecânica foi de cinco dias.

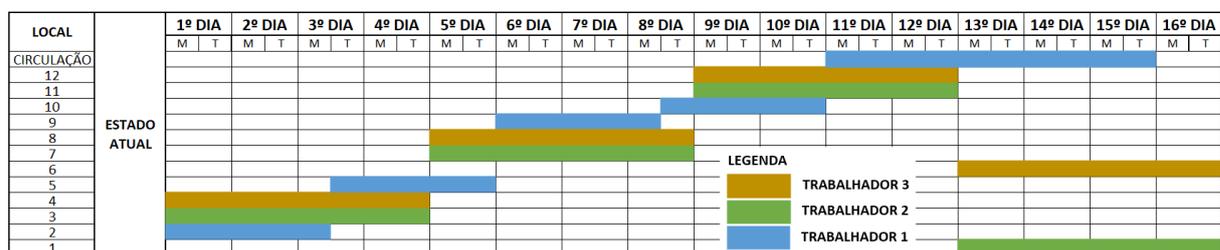
Na Figura 37, também está representada a trajetória a ser seguida pelo funcionário no pavimento, ou seja, iniciar pelo apartamento de final 01, após o 02 e assim sucessivamente. Além disso, foi sugerida a sequência padrão dentro do apartamento, com o início da impermeabilização pelo banheiro suíte seguindo para o banheiro social e concluindo na cozinha e área de serviço.

As folgas de tempo observadas a partir da coleta de dados foram suprimidas, de forma que se pudesse incluir a proteção mecânica no ciclo de cinco dias da impermeabilização. Dessa forma, a proposta estaria mais próxima do que é realizado em obra. Apesar de não existir folga de tempo nessa atividade, as folgas consideradas nessa proposta são as disponibilizadas pela própria empresa de impermeabilização, tais como funcionários multifuncionais e hora extra durante a semana e no sábado.

Azulejo e Piso Cerâmico

A Figura 38 apresenta o Estado Atual da atividade de Azulejo e Piso Cerâmico, a partir das observações feitas sobre como era realizado o trabalho, em termos de quantidade de funcionários, tempos de execução e trajetória.

Figura 38 – Estado Atual – Azulejo e Piso Cerâmico



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 38, estão representadas a trajetória dos três funcionários da equipe pelos apartamentos de um pavimento (eixo Y) e quantos dias cada um necessitava para concluir os locais (eixo X). O tempo para finalizar um pavimento de apartamentos totalizava dezesseis dias, diferentemente do tempo planejado de dez dias. O piso da circulação, apesar de ser executado

em cinco dias, não estava sendo feito dentro dos dez dias considerados no plano de longo prazo para execução de azulejo e piso cerâmico.

Foi apresentado para o engenheiro da obra o ciclo de operações conforme realizado, a fim de discutir a primeira proposta de trabalho padronizado para o azulejo e piso cerâmico, visto que havia necessidade de incrementar a equipe para cumprir com o ritmo de entrega do pavimento em cinco dias e sincronizar o azulejo e piso cerâmico com o forro e a impermeabilização. O engenheiro expôs ao subempreiteiro responsável, que gostaria de executar o azulejo e piso cerâmico em cinco dias por pavimento e, a partir disso, foram disponibilizados seis funcionários para executar os revestimentos cerâmicos. O balanceamento da quantidade de trabalho entre os funcionários da equipe foi realizado em conjunto com os profissionais e, a partir dessa conversa, resultou a primeira proposta do trabalho padronizado para azulejo e piso cerâmico (Figura 39).

Figura 39 – Primeira Proposta do Trabalho Padronizado – Azulejo e Piso Cerâmico

LOCAL	TRABALHADOR	1º DIA		2º DIA		3º DIA		4º DIA		5º DIA					
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T				
CIRCULAÇÃO	6	PISO CERÂMICO													
12	PROPOSTA TRABALHO PADRONIZADO							PAREDES		PISO					
11		PAREDES		PISO											
10								PAREDES		PISO					
9		PAREDES		PISO											
8								PAREDES		PISO					
7		PAREDES		PISO											
6								PAREDE		PISO					
5						PAREDE		PISO							
4		PAREDE		PISO											
3								PAREDE		PISO					
2						PAREDE		PISO							
1		PAREDE		PISO											
SEQUÊNCIA PADRÃO DE EXECUÇÃO NO APARTAMENTO		PAREDES				PISO CERÂMICO + RODAPÉ									
		WC SUÍT	WC SOC	COZ / AS	WC SUÍT	WC SOC	COZ / AS	RODAPÉS							

Fonte: elaborado pela autora.

Conforme informado pelo engenheiro da obra, os trabalhadores 1 e 2 tinham uma produtividade maior que os demais, tendo condições de executar três apartamentos por semana. Como os funcionários tinham produtividades distintas, em função do tempo de experiência na profissão, foi sugerido que todos iniciassem ao mesmo tempo por um apartamento. Assim, o trabalhador 2, por exemplo, iniciaria pelo apartamento de final 04, seguindo para o 05 e concluindo no 06. Já o trabalhador 3 iniciaria pelo apartamento de final 07 e concluiria o pavimento no final 08. A fim de cumprir com o procedimento padrão da Empresa B, a execução dos revestimentos cerâmicos deveria iniciar pelas paredes e após, assentar os pisos. A sequência padrão sugerida dentro do apartamento foi iniciar pelos ambientes mais ao fundo em direção a saída do apartamento.

A partir destas análises, foi realizada uma reunião, na qual os pesquisadores apresentaram para o engenheiro da obra e o gestor do setor de qualidade e inovação as propostas de trabalho padronizado para as atividades de forro, impermeabilização e azulejo e cerâmica. Além disso, também foi apresentado o processo de controle, que seria realizado por meio do preenchimento da matriz de controle do *status* da produção. Também foi feita a proposta das tecnologias que teriam potencial de serem utilizadas para o controle do *status* da produção. As propostas foram aprovadas para serem implementadas na obra. Além disso, ficaram agendadas as capacitações para a equipe gerencial e operacional da obra. Por fim, ficou agendada a reunião geral com os funcionários das equipes, que tinha por objetivo mostrar e formalizar os planos de trabalho que haviam sido desenvolvidos com o envolvimento de todos.

5.2.2.4 Implementação e Controle do Trabalho Padronizado

Após o balanceamento da quantidade de trabalho dos funcionários das equipes e da sincronização dos processos analisados, foi realizada a implementação do trabalho padronizado de forma integrada ao planejamento e controle baseado em localização.

Planejamento e Alocação de Recursos

Para planejamento e controle dos processos sincronizados, primeiramente, foi estabelecida uma hierarquia de lotes de trabalho, composta por dois diferentes níveis: (a) lote de produção superior e, (b) lote de produção inferior. O nível superior da hierarquia consiste no lote de produção do pavimento, do 3º ao 15º pavimento. O controle do lote de produção superior está relacionado ao cumprimento do *takt time*. Assim, cada processo tinha um ritmo planejado de cinco dias por pavimento, o qual deveria ser concluído por cada equipe antes de passar para o

pavimento seguinte. O nível inferior da hierarquia consiste nos lotes de produção dos apartamentos, sendo doze apartamentos por pavimento. O controle do lote de produção inferior está relacionado ao cumprimento do tempo de ciclo, estabelecido para cada funcionário em cada apartamento, e ao cumprimento da trajetória. O controle do lote de produção inferior possibilita acompanhar o avanço dos funcionários por apartamento e identificar possíveis atrasos que pudessem comprometer a entrega do lote de produção superior (pavimento) no ritmo proposto no trabalho padronizado.

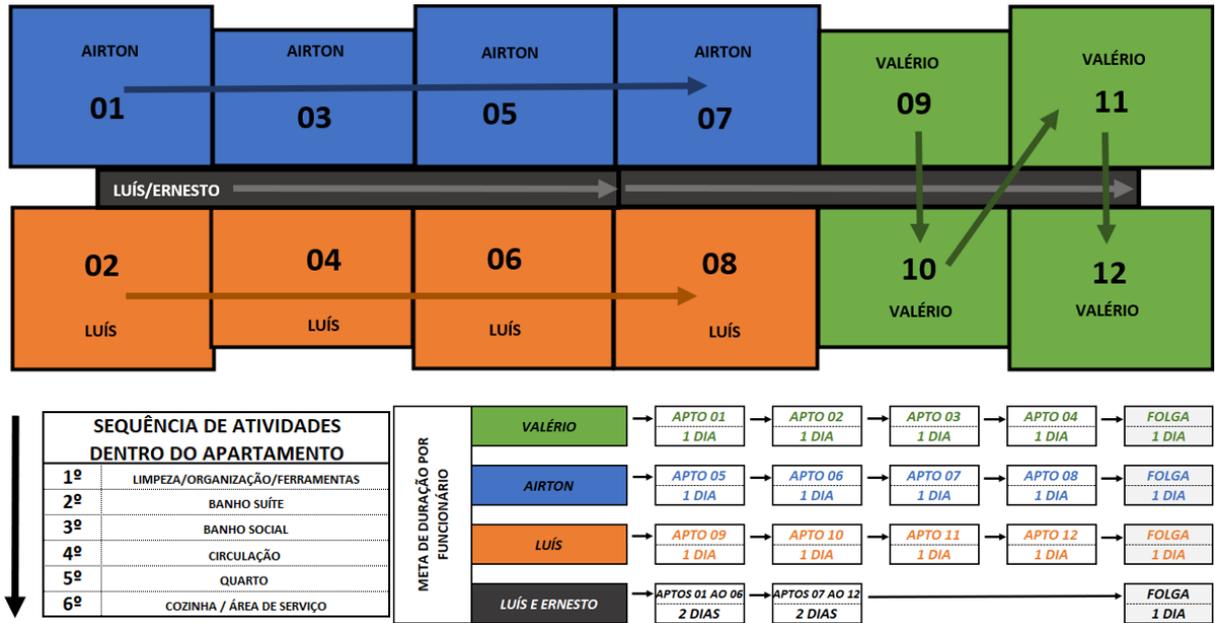
Além disso, foram planejados os recursos de mão de obra (trabalhadores e equipes), isto é, cada recurso foi alocado a uma atividade, pavimento e apartamento. Essa alocação formal dos funcionários consistia na designação dos locais de trabalho para cada trabalhador e estava baseada na trajetória percorrida por cada um no pavimento, definida na proposta do trabalho padronizado, a qual priorizava que cada funcionário executasse a mesma tipologia de apartamento em todos os pavimentos.

Foram elaboradas estratégias visuais a fim de facilitar o entendimento dos funcionários a respeito das rotinas padronizadas de trabalho. Os dispositivos visuais explicitavam a meta de cada funcionário, as folgas de tempo e espaço previstas para cada funcionário, a sequência padrão de execução no apartamento e a trajetória a ser seguida no pavimento por cada funcionário.

A necessidade de planejar a folga foi em virtude de existir frentes de trabalho com produtividades distintas. Dessa forma, sobretudo para a atividade de azulejo e piso cerâmico, os funcionários que produziam mais rápido, após a conclusão dos apartamentos sob sua responsabilidade, poderiam assentar o piso na circulação ou então, executar o apartamento de um dos funcionários com produtividade menor. Assim, mesmo que houvesse variação no ritmo de entrega dos apartamentos, o ritmo de entrega do pavimento era de cinco dias. Além disso, a folga foi planejada com o objetivo de absorver a variabilidade inerente dos próprios processos e dos processos anteriores.

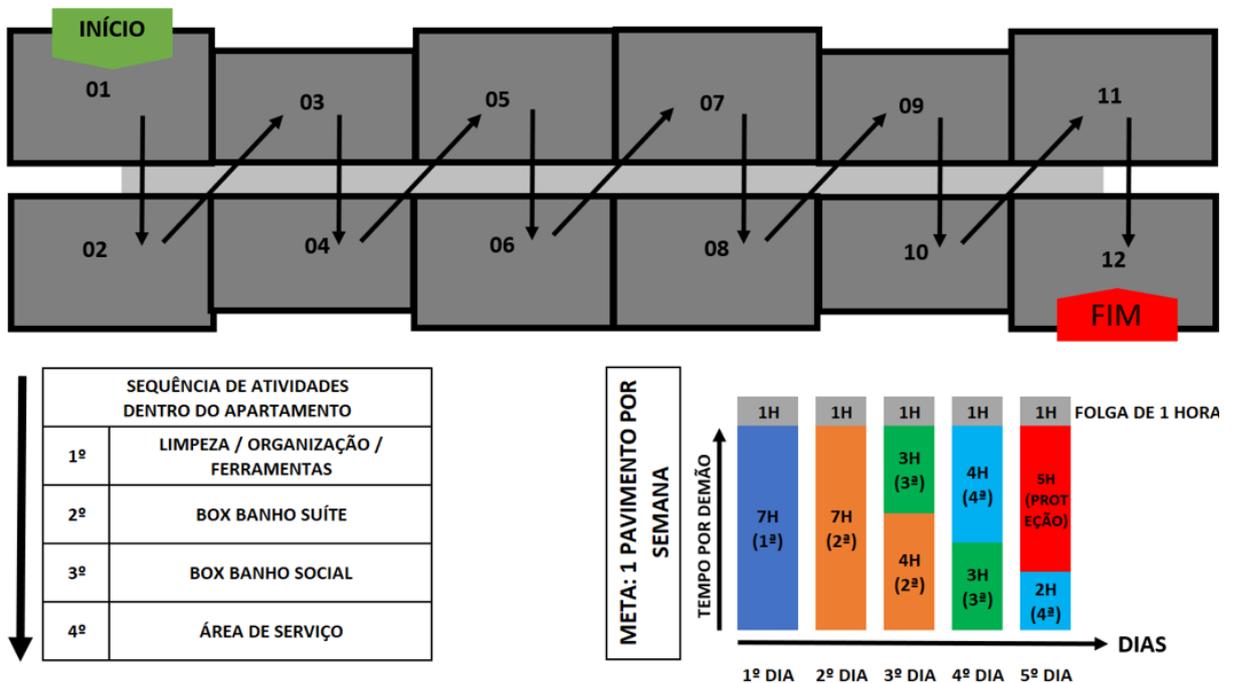
As Figuras 40, 41 e 42 apresentam, respectivamente, os dispositivos visuais elaborados para as atividades de Forro de Gesso, Impermeabilização e Proteção Mecânica e Azulejo e Piso Cerâmico.

Figura 40 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Forro de Gesso



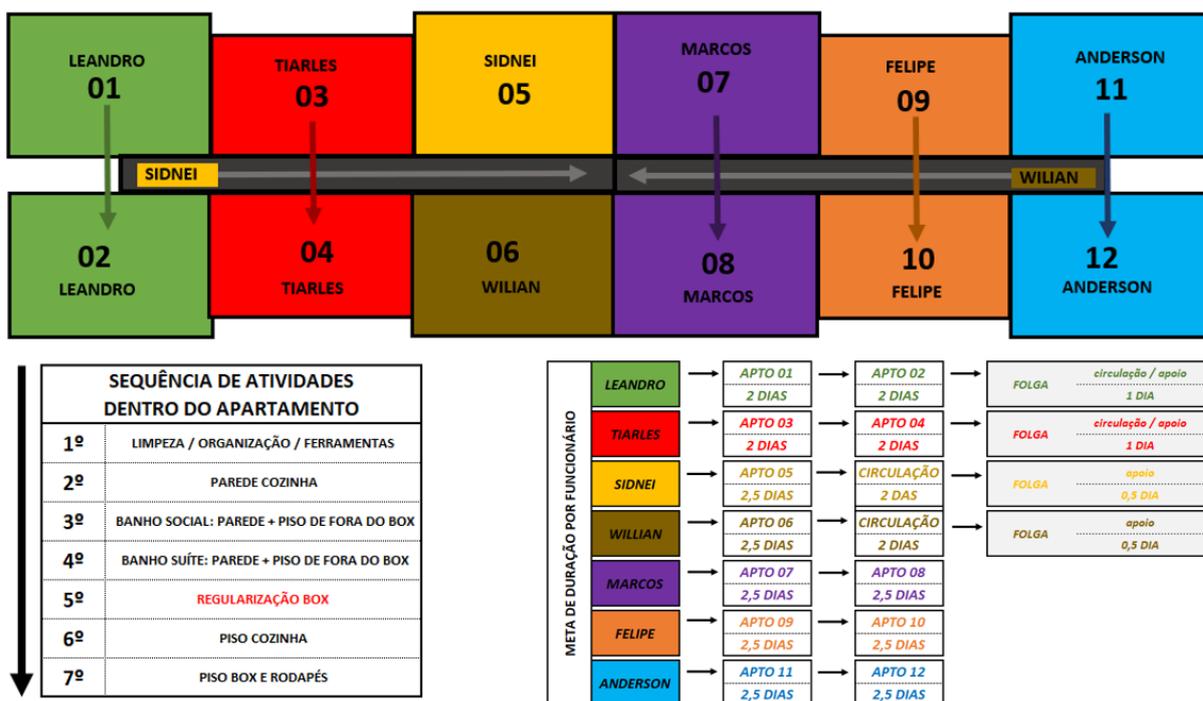
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 41 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Impermeabilização e Proteção Mecânica



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 42 – Quadro Visual do Trabalho Padronizado - Azulejo e Piso Cerâmico



Fonte: elaborado pela autora.

Reunião com Funcionários

As propostas de trabalho padronizado haviam sido elaboradas com a participação de todos os colaboradores durante a coleta de dados, isto é, suas preferências de sequenciamento, forma de execução e tempo foram considerados nos planos de trabalho padronizados. A fim de formalizar e obter o comprometimento de todos na execução do trabalho padronizado, foi promovida uma reunião com todos os funcionários das equipes dos processos analisados, bem como com a equipe gerencial da obra.

Essa reunião foi introduzida pelo engenheiro da obra, o qual justificou os ganhos que os funcionários poderiam ter com a implementação da proposta de trabalho padronizado. Entre esses ganhos, o engenheiro comentou que poderiam aumentar suas produtividades de execução e, conseqüentemente, teriam um maior incremento na produção medida semanalmente. Além disso, comentou que, seguindo o plano, saberiam quanto iriam produzir e quanto iriam ganhar no mês, não perderiam tempo decidindo o que fazer, teriam uma maior aprendizagem, uma vez que estariam executando sempre a mesma tipologia de apartamento, além de terem melhores condições de trabalho e organização.

Nessa ocasião, os pesquisadores aproveitaram para comunicar que o trabalho padronizado serviria como uma base para a melhoria contínua. Sendo assim, na medida em que os funcionários fossem executando o plano padronizado e identificassem melhorias na forma de executar os serviços, deveriam comunicá-las de maneira que fosse possível refinar o trabalho padronizado.

Ao término da reunião realizada em conjunto com todos os envolvidos, os pesquisadores realizaram conversas individuais com cada funcionário. Foi entregue para cada um dos funcionários a folha com o quadro visual do trabalho padronizado do processo que estava executando. Essa foi uma oportunidade de discutir, mais uma vez, as metas, trajetória e sequência padrão de execução individuais propostas, bem como realizar alguns ajustes.

Após as reuniões, o estagiário responsável pelo acompanhamento desses processos também se valeu de algumas estratégias visuais para auxiliar na implementação do trabalho padronizado. O mesmo escrevia na parede ao lado da porta de cada apartamento o nome do funcionário que deveria executar cada atividade. Também foi utilizado *spray* para marcação da sequência padrão de execução das atividades dentro do apartamento. A figura 43 apresenta esses dois exemplos de estratégias visuais.

Figura 43 – Exemplos de estratégias visuais



Fonte: fotos da autora

Registro e Controle do *Status* da Produção

O registro do *status* da produção era realizado de duas formas no Empreendimento E2, por meio da passagem de bastão e por meio de um mapeamento diário dos estagiários que acompanhavam as atividades. Com o formulário da passagem de bastão era possível saber a data de início e término de cada atividade em cada pavimento e na planilha utilizada pelos estagiários existia o registro de algumas datas de início e término das atividades em cada apartamento.

O estagiário responsável pelo acompanhamento das atividades deveria realizar diariamente um mapeamento das atividades. Ao final de cada manhã e de cada tarde, o estagiário fazia suas anotações de forma manual, isto é, por meio da utilização de papel e prancheta, a respeito do que estava acontecendo em cada pavimento. Após, esses registros eram transcritos para uma planilha, sendo que cada aba da planilha representava um dia da semana. As principais informações que constavam nas abas eram o nome das atividades, locais, efetivo, datas de início e término e observações gerais. A Figura 44 apresenta um extrato das anotações do dia 17.05.

Figura 44 – Mapeamento Diário das Atividades

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
45	Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:				
46	Atividade: EDK - FORRO 4º PAVIMENTO					Atividade: EDK - FORRO 5º PAVIMENTO					Atividade: EDK - FORRO 6º PAVIMENTO				
47	Data início: 29abr Data prevista fim: 11mai					Data início: 09mai Data prevista fim: 12mai					Data início: 13mai Data prevista fim: 19mai				
48	% concluído pavimento: 92%					% concluído pavimento: 92%					% concluído pavimento: 38%				
49	Turno: Manhã					Turno: Manhã					Turno: Manhã				
50	Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:		
51	Eli	forro	NÃO VEIO			Ernesto	forro	ap 501			Lima	forro	finalizou ap 501		
52											Airton	forro	iniciou ap 507		
53															
54															
55	Turno: Tarde					Turno: Tarde					Turno: Tarde				
56	Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:		
57	Eli	forro	NÃO VEIO			Ernesto	forro	finalizou ap 501			Airton	forro	Finalizou ap 507		
58						Lima	forro	forro circulação							
59															
60															
61	Atividade ainda pendente: circulação					Atividade ainda pendente: circulação					Atividade ainda pendente:				
62	Observações:					Observações:					Observações:				
63															
64	Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:				
65	Atividade: EU11 - CERÂMICA 4ª					Atividade: EU11 - CERÂMICA 5ª					Atividade: EU11 - CERÂMICA 5ª				
66	Data início: 09mai Data prevista fim: 20mai					Data início: 09mai Data prevista fim: 20mai					Data início: 09mai Data prevista fim: 20mai				
67	% concluído pavimento: 31%					% concluído pavimento: 0%					% concluído pavimento: 0%				
68	Turno: Manhã					Turno: Manhã					Turno: Manhã				
69	Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:		
70	Anderson	cerâmica	Piso cozinha 411												
71	Tiarles	cerâmica	Azulejo cozinha 408												
72	Leandro	cerâmica	azulejo box 405												
73	Marcus	cerâmica	azulejo box 406												
74	Francisco	limpeza	limpeza												
75															
76															
77	Turno: Tarde					Turno: Tarde					Turno: Tarde				
78	Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:			Efetivo:	Atividade:	Local da atividade:		
79	Anderson	cerâmica	Piso cozinha 411												
80	Tiarles	cerâmica	Azulejo box 408												
81	Leandro	cerâmica	piso banho 405												
82	Marcus	cerâmica	Azulejo box 405												
83	Marcus	cerâmica	Azulejo box 405												
84	Francisco	limpeza	finalizou ap 407												
85	Francisco	limpeza	limpeza												
86	Felipe	cerâmica													
87	Atividade ainda pendente:					Atividade ainda pendente:					Atividade ainda pendente:				
88	Observações:					Observações:					Observações:				
89															
90	Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:					Mapeamento das atividades:				
91	23.05 20.05 19.05 18.05 17.05 16.05 13.05 12.05 11.05 10.05 09.05 06.05 05.05 04.05														

Fonte: Empresa B.

Verificou-se, contudo, que os dados dessa planilha eram imprecisos, pois nem sempre o estagiário conseguia verificar o *status* diário de cada apartamento, além disso, existiam registros

duplicados na planilha, o que dificultava o entendimento da data real de início e término de cada atividade em cada apartamento. Além disso, o tempo de coleta, processamento e análise de dados era lento, dificultando a rápida visualização de tendências de atraso, resultando em demora para tomada de decisão.

A fim de gerar uma base de dados mais precisa a partir das datas de início e término, isto é, maior precisão no tempo de ciclo dos apartamentos por funcionário, foi sugerido o preenchimento de uma planilha que possibilitava uma visão mais sistemática da obra, a qual será apresentada na sequência deste trabalho. Assim, o processamento e análise dos dados inseridos nesta planilha poderiam gerar indicadores, alertas e tendências, auxiliando na antecipação de problemas e no controle do trabalho padronizado.

5.2.2.5 Acompanhamento do Trabalho Padronizado e do Controle do *Status* da Produção

O trabalho padronizado foi colocado em prática pelas equipes quando o forro de gesso estava sendo executado no 8º pavimento, a impermeabilização no 7º pavimento e o azulejo e piso cerâmico no 6º pavimento. A partir de então, foram realizadas visitas semanais ao canteiro de obras até o término da execução do piso cerâmico no 15º pavimento, para observação do andamento do trabalho padronizado e dos processos de registro e controle do *status* da produção. O objetivo das visitas foi entender se existiam propostas de melhoria ou dificuldades no cumprimento do trabalho padronizado, considerando a perspectiva do estagiário e trabalhadores.

Registro e Controle do *Status* da Produção

Foi elaborada uma planilha no *Google Sheets* para o acompanhamento diário das atividades. Essa planilha podia ser acessada pelos *tablets* dos estagiários enquanto estes faziam as inspeções nos pavimentos. Esta planilha correspondia a uma matriz de controle visual que tinha todos os apartamentos, pavimentos e processos analisados em uma mesma aba, possibilitando uma visão sistemática da obra. A Figura 45 apresenta esta matriz de controle, sendo que cada aba representava um dia da semana e nelas o estagiário deveria preencher as células com os quatro possíveis status das atividades em cada apartamento: não iniciada (vermelho); em progresso (amarelo); atividade com restrição (roxo); atividade concluída (verde). O nome dentro das células indicava o responsável pela execução de cada apartamento. A alocação era feita pelo estagiário na planilha para pelo menos dois pavimentos (pavimento em execução e o pavimento seguinte a ser executado).

Figura 45 – Matriz de Controle do *Status* da Produção

APARTAMENTO	FORRO DE GESSO	IMPERMEABILIZAÇÃO	PROT. MECÂNICA	CERÂMICA / AZULEJO
1308	Gesseiro D (1)			Ceramista D (2)
1307	Gesseiro C (2)			Ceramista D (1)
1306	Gesseiro B (2)			Ceramista C (2)
1305	Gesseiro A (3)			Ceramista C (1)
1304	Gesseiro C (1)			Ceramista B (2)
1303	Gesseiro A (2)			Ceramista B (1)
1302	Gesseiro B (1)			Ceramista A (2)
1301	Gesseiro A (1)			Ceramista A (1)
12 ^o CIRC	Gesseiro E (1) Gesseiro D (4)			Ceramista E (3) / Ceramista D (2)
1212	Gesseiro C (3)			Ceramista F (2)
1211	Gesseiro C (1)			Ceramista F (1)
1210	Gesseiro D (1)			Ceramista E (2)
1209	Gesseiro D (2)			Ceramista E (1)
1208	Gesseiro D (3)			Ceramista D (1)
1207	Gesseiro C (2)			Ceramista D (2)
1206	Gesseiro B (3)			Ceramista B (3)
1205	Gesseiro A (3)			Ceramista C (1)
1204	Gesseiro B (2)			Ceramista B (2)
1203	Gesseiro A (2)			Ceramista B (1)
1202	Gesseiro B (1)			Ceramista A (2)
1201	Gesseiro A (1)			Ceramista A (1)

Fonte: elaborado pela autora.

Quando a cor amarela aparecia pela primeira vez na célula, indicava a data de início da atividade. Da mesma forma, quando a cor verde aparecia pela primeira vez, indicava a data de término da atividade. A alocação dos funcionários em cada apartamento era feita escrevendo os nomes dentro das células, seguindo a trajetória acordada no trabalho padronizado. Na Figura 46, por exemplo, Ceramista B (1), Ceramista B (2) e Ceramista B (3) indicam que o funcionário “Ceramista B” deve primeiro executar a cerâmica e azulejo do apartamento final 03, depois o apartamento de final 04 e por fim o apartamento de final 06. O tempo de ciclo e a sequência a ser seguida dentro do apartamento, já difundidos na reunião com os funcionários, poderiam ser visualizados no quadro de trabalho padronizado.

Esta planilha foi utilizada pelo estagiário responsável pelo monitoramento dos processos analisados nessa pesquisa até o final do assentamento do azulejo e piso cerâmico no 15^o pavimento. Observou-se, contudo, que houve alguns dias nos quais o estagiário não pode averiguar o *status* das atividades, não sendo registradas algumas datas de início e término. As datas de início e término reais das atividades, obtidas a partir da matriz de controle,

possibilitaram gerar gráficos de acompanhamento de cada uma das atividades, tais como: tempo de ciclo (por apartamento e por pavimento), aderência ao lote (por pavimento) e desvio de ritmo (por pavimento). Os gráficos são mostrados a seguir, juntamente com a análise da implementação do trabalho padronizado para cada uma das atividades analisadas.

Acompanhamento do Trabalho Padronizado

De forma geral, verificou-se constante reforço por parte da equipe de gestão da obra para fomentar a implementação do trabalho padronizado. O trabalho padronizado no ambiente da manufatura preconiza que cada funcionário tenha sua sequência padrão de execução. Nesse estudo, em um contexto diferente da manufatura, percebeu-se a necessidade de maior flexibilidade em relação à sequência padrão de execução. Assim, apesar de existir um quadro visual com a sequência dentro do apartamento e trajetória no pavimento pré-definidas por funcionário, foi necessária certa flexibilidade no seu cumprimento, porém sem abrir mão do cumprimento do ritmo (*takt time*) do pavimento. Assim, a alocação antecipada para pelo menos dois pavimentos a frente, foi fundamental para os funcionários terem claro suas tarefas, locais e prazos para cumpri-los.

Além disso, foram identificadas boas práticas da empresa, no que se refere ao conjunto de requisitos que eram disponibilizados antes de cada atividade iniciar, permitindo a execução do trabalho padronizado com poucas interrupções ou improvisações. Dentre os componentes do *kit* padrão, normalmente disponibilizados pela empresa, para cada processo, destacaram-se: projetos, mão de obra, treinamento das equipes, materiais, ferramentas e equipamentos, logística, responsáveis pelo monitoramento e controle, espaço e inspeção. Apesar do esforço da empresa em disponibilizar todos os elementos do *kit* para cada processo, eventualmente constatava-se a ausência de um dos componentes para as atividades, o que resultava em *making-do* e aumento do trabalho em progresso.

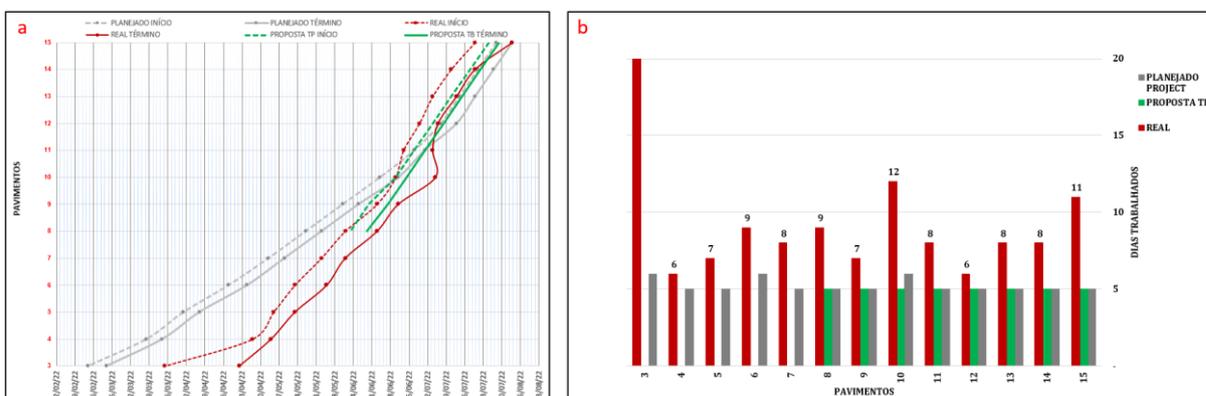
Forro de Gesso

Para a atividade de forro de gesso, a equipe se manteve a mesma até o último pavimento e, apesar de manterem a sequência de execução dentro do apartamento conforme acordado na rotina do trabalho padronizado, a trajetória de cada funcionário sofreu alterações em alguns pavimentos. O forro de gesso na circulação tinha como pré-requisito a instalação de eletrocalhas e enfição em toda extensão do teto da circulação. Contudo, o fornecedor das eletrocalhas

atrasou a entrega do material na obra. Assim, quando os funcionários estavam trabalhando no 9º pavimento, os dois gesseiros responsáveis pela execução da circulação foram alocados para executar os apartamentos do 10º pavimento, pois ainda não havia eletrocalhas instaladas a partir do 9º pavimento. Esses dois funcionários seguiram executando apartamentos até o 13º pavimento. Isso fez com que se abrisse mais frentes de trabalho, aumentando o trabalho em progresso, uma vez que os gesseiros da circulação precisaram iniciar a execução do forro gesso nos apartamentos de novos pavimentos até que o material das eletrocalhas estivesse devidamente instalado e liberasse frente de trabalho de forro de gesso na circulação. O forro de gesso na circulação foi liberado para execução quando o forro dos apartamentos já estava sendo executado no 13º pavimento e o azulejo e piso cerâmico estavam sendo concluídos no 9º pavimento. Assim, o engenheiro solicitou que os gesseiros responsáveis pela circulação retomassem seus trabalhos a partir do 9º pavimento. Enquanto um deles executava o 9º pavimento, o outro executava o 10º pavimento, de forma que não coincidissem com a execução do azulejo e piso cerâmico. Essas mudanças, contudo, não afetaram o início das atividades de impermeabilização e azulejo e piso cerâmico.

A Figura 46a apresenta o gráfico de aderência ao lote da atividade de forro gesso, isto é, as datas de início e término reais (linhas em vermelho) são comparadas em relação às datas planejadas no plano de longo prazo da obra (linhas em cinza) e em relação às datas da proposta de trabalho padronizado (linhas em verde). A Figura 46b apresenta a comparação do tempo de ciclo real do forro de gesso (barras em vermelho), em relação ao tempo de ciclo planejado no plano de longo prazo (barras em cinza) e em relação ao tempo de ciclo proposto no trabalho padronizado (barras em verde).

Figura 46 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Forro de Gesso



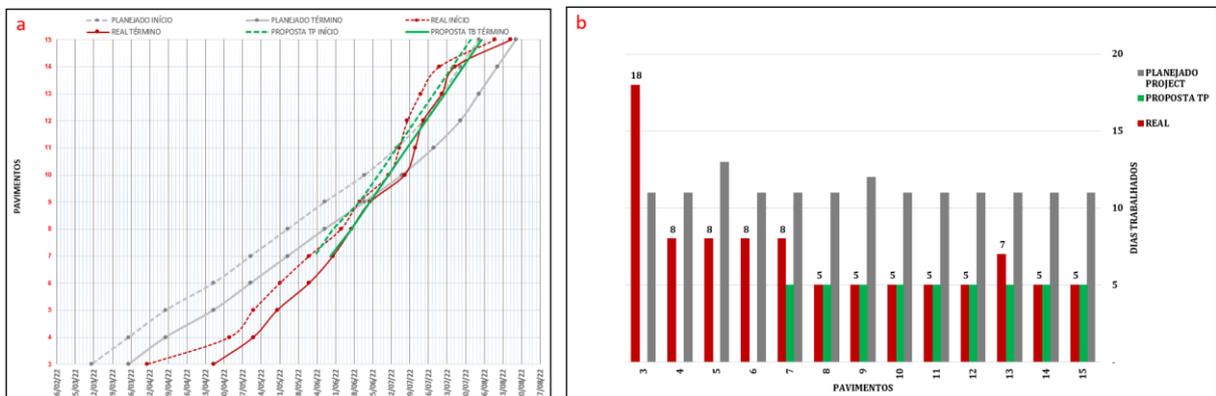
Fonte: elaborado pela autora.

O primeiro gráfico (Figura 46a) mostra que, apesar da atividade não ter iniciado na data de início prevista no plano de longo prazo, a equipe conseguiu terminar dentro da data de término prevista do plano de longo prazo, isto é, houve um esforço tanto por parte da equipe de produção, quanto por parte da equipe gerencial, para que o ritmo fosse maior. O segundo gráfico (Figura 46b) complementa o anterior e mostra o que foi relatado anteriormente a respeito do trabalho em progresso. Nesse sentido, os tempos de ciclo reais foram maiores que o planejado, uma vez que os gesseiros da circulação acabavam abrindo novas frentes de trabalho enquanto a atividade não estava liberada para execução na circulação.

Impermeabilização e Proteção Mecânica

Em relação à atividade de impermeabilização e proteção mecânica, não foram observadas dificuldades no cumprimento das metas, sequência dentro do apartamento e na trajetória propostas no trabalho padronizado. A multifuncionalidade dos funcionários e a possibilidade de trabalhar nos sábados contribuiu para que sempre houvesse alguém disponível para executar a tarefa prevista. A Figura 47a apresenta o gráfico de aderência ao lote da atividade de impermeabilização e proteção mecânica, isto é, as datas de início e término reais (linhas em vermelho) são comparadas em relação às datas planejadas no plano de longo prazo da obra (linhas em cinza) e em relação às datas da proposta de trabalho padronizado (linhas em verde). A Figura 47b apresenta a comparação do tempo de ciclo real da impermeabilização e proteção mecânica (barras em vermelho), em relação ao tempo de ciclo planejado no plano de longo prazo (barras em cinza) e em relação ao tempo de ciclo proposto no trabalho padronizado (barras em verde).

Figura 47 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Impermeabilização e Proteção Mecânica



Fonte: elaborado pela autora.

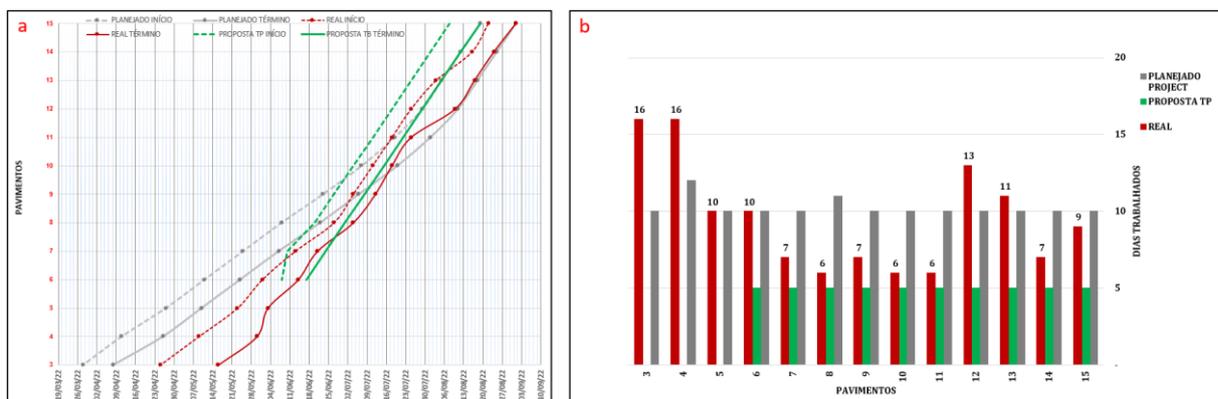
O primeiro gráfico (Figura 47a) mostra que, assim como o forro de gesso, a impermeabilização iniciou após a data de início prevista no plano de longo prazo, mas a equipe conseguiu terminar dentro da data prevista de término do plano de longo prazo. No plano de longo prazo, as atividades de impermeabilização e proteção mecânica estavam planejadas com cinco dias de duração cada, isto é, totalizando dez dias de tempo ciclo. Apesar da proteção mecânica só poder ser realizada após a impermeabilização, não necessitava de cinco dias para sua execução. O serviço era muito rápido e, na proposta do trabalho padronizado, a distribuição dos serviços foi organizada de tal forma que a execução da proteção mecânica passou a ser considerada dentro dos cinco dias. O gráfico da Figura 47b confirmou a viabilidade desta mudança, isto é, os tempos de ciclo reais variaram de cinco a sete dias por pavimento para a execução dessas duas atividades.

Azulejo e Piso Cerâmico

Para a atividade de azulejo e piso cerâmico, houve alteração na equipe logo no primeiro ciclo do trabalho padronizado. O subempreiteiro percebeu a necessidade de disponibilizar na obra funcionários que tinham produtividades semelhantes. Assim, dois dos funcionários que já estavam na obra foram substituídos por um novo, com mais experiência e maior produtividade. Foi desenhada uma nova trajetória para a equipe, que seguiu sem alterações até o último pavimento. No caso do azulejo e piso cerâmico, nem todos os funcionários seguiram a sequência padrão de execução dentro do apartamento, pois, cada um tinha preferências distintas. Contudo, a meta individual foi alcançada por todos e superada com o tempo. De maneira geral, a trajetória no pavimento foi cumprida conforme proposta do trabalho padronizado e as folgas foram utilizadas pelos funcionários mais rápidos. Nesse sentido, quando um dos ceramistas concluía os apartamentos, ajudava na circulação ou então realizava um apartamento ainda não iniciado. Quando a equipe estava realizando a atividade no 12º pavimento, o engenheiro da obra solicitou que alguns dos funcionários executassem os apartamentos do 2º pavimento. Este pavimento estava reservado para áreas de depósito, sala da engenharia e apartamentos protótipos, com opções de personalização dos apartamentos. Na medida que a obra avançava, essas áreas precisavam ser concluídas e as próprias equipes que estavam executando as atividades nos pavimentos acima, desciam para o 2º pavimento. Nesse sentido, o cumprimento da meta ficou comprometido no 12º e 13º pavimentos, normalizando-se quando os funcionários concluíram o 2º pavimento.

A Figura 48a apresenta o gráfico de aderência ao lote da atividade de azulejo e piso cerâmico, isto é, as datas de início e término reais (linhas em vermelho) são comparadas em relação às datas planejadas no Project (linhas em cinza) e em relação às datas da proposta de trabalho padronizado (linhas em verde). A Figura 48b apresenta a comparação do tempo de ciclo reais do azulejo e piso cerâmico (barras em vermelho), em relação ao tempo de ciclo planejado no Project (barras em cinza) e em relação ao tempo de ciclo proposto no trabalho padronizado (barras em verde).

Figura 48 – Aderência ao Lote e Tempo de Ciclo – Azulejo e Piso Cerâmico



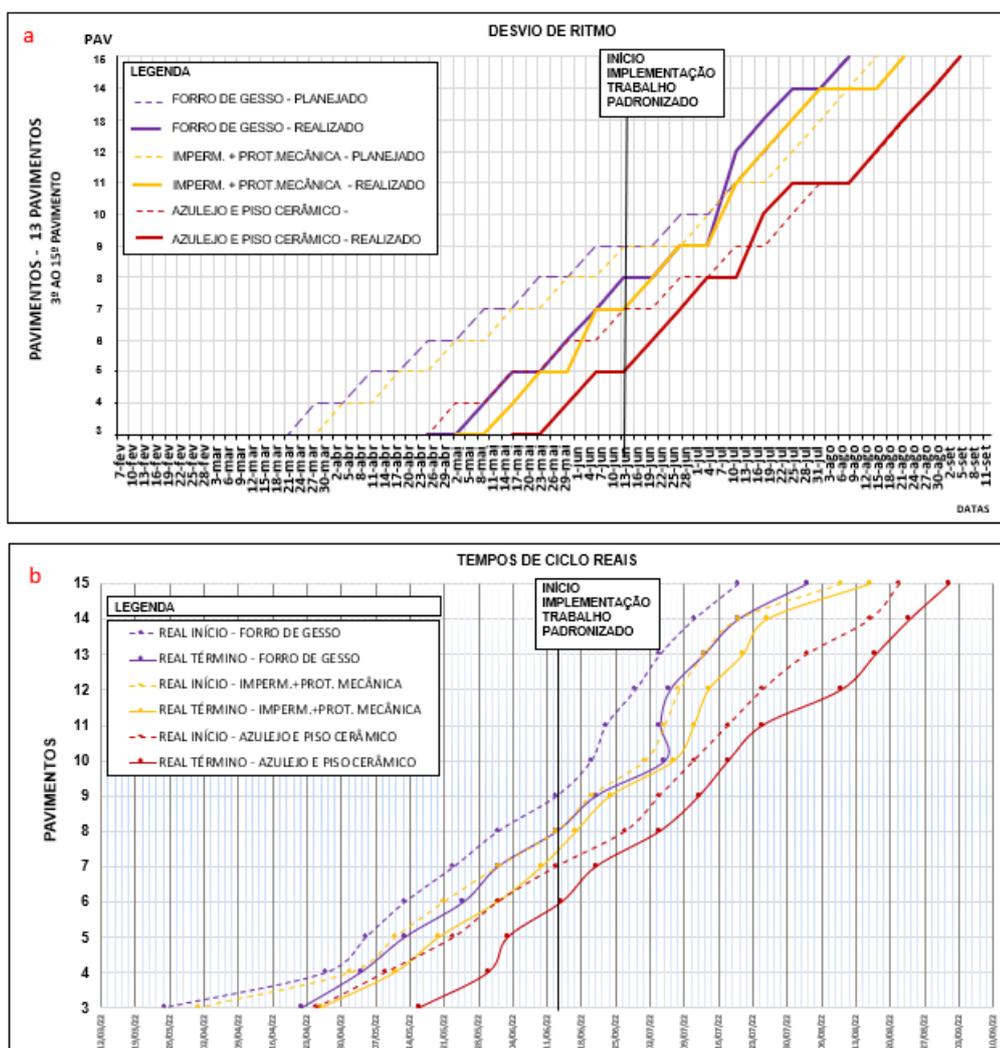
Fonte: elaborado pela autora.

Da mesma forma que as atividades anteriores, o primeiro gráfico (Figura 48a) mostra que apesar do azulejo e piso cerâmico não ter iniciado na data de início prevista no plano de longo prazo, a equipe conseguiu terminar na data de término prevista no plano de longo prazo. De fato, no plano de longo prazo da obra, as atividades de azulejo e piso cerâmico estavam planejadas para serem realizadas separadamente, com cinco dias de duração cada, isto é, totalizando dez dias de ciclo. Porém, como estas atividades eram realizadas juntas, houve um esforço tanto por parte da equipe de produção, quanto por parte da equipe gerencial, para distribuir a quantidade de trabalho entre os funcionários de forma que o tempo de ciclo do pavimento fosse menor que os dez dias. A Figura 48b indica que isto foi alcançado, isto é, os tempos de ciclo reais variaram de seis a sete dias por pavimento. No 12º e 13º pavimentos, houve um aumento no tempo de ciclo, em virtude do compartilhamento dos recursos na execução do 2º pavimento.

Sincronização dos Processos

A fim de analisar o impacto do trabalho padronizado no conjunto de atividades inter-relacionadas, os dados de ritmo e tempo de ciclo, de cada um dos processos de forro de gesso, impermeabilização e proteção mecânica, e azulejo e piso cerâmico, foram elaborados dois gráficos (Figura 49). A Figura 49a apresenta o gráfico do desvio de ritmo por processo, e a Figura 49b apresenta o gráfico dos tempos de ciclo reais por processo, a partir das datas de início e término reais.

Figura 49 – Desvio de Ritmo e Tempo de Ciclo Reais – Conjunto de Processos Inter-relacionados



Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 49a mostra que houve uma tendência de sincronização dos processos, isto é, evidencia uma certa propensão ao alinhamento dos ritmos de produção dos diferentes processos. Além disso, é possível visualizar, através da Figura 49a, que a obra recuperou o prazo, mesmo com todos os processos iniciando após a data prevista no plano de longo prazo. A Figura 49b evidencia que os tempos de ciclo dos diferentes processos são similares, confirmando que, a padronização das operações, conduzida por meio da implementação do TP, possibilitou melhorias na direção da sincronização dos processos.

5.2.3 Contribuições do estudo empírico e reflexões sobre as lições aprendidas

A etapa de diagnóstico desse estudo permitiu realizar algumas análises que serviram de base para as propostas de melhoria. Nesse sentido, apesar da empresa adotar o *Last Planner*, verificou-se que o **plano de longo prazo nem sempre refletia a estratégia e ritmos adotados na obra**, além disso, este **plano não explicitava buffers** entre as atividades.

Na instância de médio prazo, **havia limitações na eficácia da identificação e remoção de restrições**, assim como **não era realizado previamente um plano detalhado para algumas atividades críticas da obra**. Por consequência, verificava-se a existência de muitas tarefas de movimentação e congestionamento entre diferentes atividades sendo executadas ao mesmo tempo em um pavimento ou apartamento. Além disso, a **ausência do balanceamento prévio da quantidade de trabalho dos funcionários** de uma mesma equipe fazia com que os subempreiteiros colocassem na obra os funcionários que tinham a disposição, sem analisar se as produtividades de cada um atenderiam ao tempo de ciclo estabelecido no plano.

Quanto ao plano de curto prazo, a ausência da figura de um encarregado nas reuniões de planejamento semanal fazia com que as decisões tomadas na reunião não chegassem a todos os trabalhadores das equipes. Com isso, as **metas não eram claras a todos os funcionários** e a **distribuição do trabalho no pavimento era realizada pelas próprias equipes**, minutos antes de iniciarem a atividade no pavimento. Como consequência, os funcionários demoravam para decidir quem executaria cada apartamento e as pendências que existiam nos apartamentos eram verificadas somente no momento que entravam para executar seus serviços.

Segundo Frandson et al. (2013), um plano detalhado de produção deve ser baseado em informações obtidas daqueles que realmente farão o trabalho. Assim, os autores sugerem que é fundamental ouvir com atenção quem executa as atividades, compreender formas alternativas que podem realizar os serviços sob sua responsabilidade, como podem e preferem fazê-los.

Nesse sentido, o **estudo promoveu o desenvolvimento de planos de trabalho detalhados** para um conjunto de atividades críticas, que deveriam ser sincronizadas e alinhadas com o plano de longo prazo. Esses **planos detalhados foram elaborados em conjunto com as pessoas que executam as tarefas e com base nos elementos do trabalho padronizado.**

Assim, a partir do **balanceamento da quantidade de trabalho entre as equipes de produção, o takt time e a trajetória padrão de execução dos trabalhadores dentro do pavimento foram explicitados por meio de dispositivos visuais.** As **metas individuais de cada funcionário**, isto é, o tempo de ciclo disponível para execução de um apartamento e circulação, também foram explicitados, assim como a **sequência padrão de execução** das tarefas dentro do apartamento. A **alocação formal** e o uso de dispositivos visuais contribuíram para a análise das condições iniciais, cumprimento da trajetória e compromisso com a meta pelos próprios funcionários.

Quanto ao terceiro elemento do trabalho padronizado, estoque padrão, esse conceito foi expandido para **kit padrão**, isto é, ao longo do estudo, boas práticas da empresa foram emergindo, no que se refere ao conjunto de requisitos que eram disponibilizados antes da atividade iniciar. Dentre os componentes do **kit**, a **logística** de abastecimento dos materiais, por meio do *kanban*, permitia a disponibilização dos materiais, ferramentas e equipamentos nos apartamentos antes de iniciar a atividade. A empresa tinha bem definidos os **responsáveis** pelo gerenciamento e revisão dos processos, pelo cumprimento dos procedimentos, pela inspeção dos serviços, pelo controle do status da produção e pelo abastecimento vertical e horizontal dos materiais. Nesse sentido, os responsáveis realizavam o monitoramento do avanço dos processos no que se refere ao cumprimento do prazo e qualidade. O **treinamento da mão de obra** pela Empresa B capacitava os funcionários para que estes pudessem executar os processos de acordo com as **instruções de trabalho**. Em relação ao **espaço** para a realização das tarefas, após a implementação do trabalho padronizado os próprios funcionários passaram a inspecionar, de forma autônoma, o local de trabalho, antes de iniciarem as atividades, permitindo que os problemas fossem identificados e resolvidos com antecedência.

Para a atividade de forro de gesso da circulação, contudo, a indisponibilidade de alguns materiais gerou um aumento de frentes de trabalho. Nesse sentido, constatou-se a importância da disponibilidade do **kit padrão** para o controle do trabalho em progresso e redução de perdas por *making-do*, conforme afirmado por Ronen (1992).

Além disso, considerando o contexto da construção civil, Fireman et al. (2018) sugerem que as folgas sejam explicitamente antecipadas ao projetar o trabalho padronizado, de forma a serem utilizadas para absorver a variabilidade de diferentes fontes. Nesse sentido, foram **introduzidas algumas folgas** no detalhamento do trabalho padronizado das atividades analisadas nesse estudo, tais como: (a) **espaço**, representada no dispositivo visual do trabalho padronizado do azulejo e piso cerâmico como o apartamento reserva e a circulação, disponíveis para serem executados pelo funcionário mais rápido, isto é, para o que cumprisse sua meta antes do tempo previsto, (b) **multifuncionalidade**, representado pela alocação da equipe (e não de um funcionário específico) para execução da atividade de impermeabilização, uma vez que todos os funcionários da empresa de impermeabilização eram capacitados para executar a atividade nos apartamentos, (c) **múltiplos controles**, por meio de reuniões semanais promovidas pelo engenheiro com os subempreiteiros das atividades críticas, diferentes perspectivas de resolução de problemas eram avaliadas em conjunto, a partir da análise da matriz do controle do *status* da produção, (d) **tempo**, representado no quadro visual do trabalho padronizado de todas as atividades analisadas pela diferença entre o *takt time* do processo e o tempo de ciclo de cada funcionário.

Dentre os recursos de folga que ainda poderia ser explorado, durante a execução do trabalho padronizado, destaca-se a **cadeia de ajuda**. Assim, por meio do *andon*, os trabalhadores poderiam acionar o dispositivo para solicitar ajuda, por exemplo, quando o *kit* padrão não estivesse disponível. Esse recurso tem potencial de identificar e solucionar anormalidades (SPEAR E BOWEN, 1999), bem como produzir aprendizado organizacional, por meio de discussões de solução de problemas entre as equipes de gestão e produção (SAURIN, 2017).

A Empresa B realizava o controle da produção por meio do formulário da passagem de bastão, da escadinha e da planilha de controle diário das atividades, sendo que as informações não eram integradas, gerando imprecisão nos dados e **ausência de uma visão geral da obra**. Os dados obtidos a partir desses controles estavam relacionados ao início e término das atividades de cada pavimento, assim o **lote de produção, controle e transferência era o pavimento**. Nesse sentido, o estudo permitiu a **redução do tamanho do lote**, uma vez que o **apartamento foi considerado como lote de produção e controle**. Assim, a fim de obter dados mais precisos, a partir do controle da produção, foi proposta uma forma **semiautomatizada** por meio do uso de *tablet*. Os dados, inseridos na matriz do controle de *status*, permitiram gerar indicadores para acompanhar o andamento do trabalho padronizado. O quadro de controle visual permitiu ainda

ter uma visão sistemática da obra e contribuiu para a melhora do processo de tomada de decisão.

A implementação do trabalho padronizado permitiu **menor variação no tempo de ciclo** dos processos, gerou **menor congestionamento** entre diferentes equipes e **reduziu atividades de movimentação**. Nesse sentido, percebeu-se que o foco na execução da mesma tipologia gerou aprendizagem e contribuiu para aumentar a produtividade dos funcionários. Ainda, constatou-se que ao início das atividades, havia maior rotatividade de funcionários e menor previsibilidade da quantidade de trabalho disponível. Porém, o trabalho padronizado permitiu maior confiabilidade por parte dos subempreiteiros, o que gerou menor rotatividade da mão de obra.

Para a implementação do trabalho padronizado no contexto da construção civil, foi necessário realizar algumas adaptações. Verificou-se que, diferentemente do trabalho padronizado na manufatura, existe uma maior dificuldade no contexto da construção civil de ter uma produção rítmica e balanceada. Isso ocorre em virtude de produtividades distintas de funcionários de uma mesma equipe, da variabilidade dos processos e da individualização do trabalho. A integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização se apresentou como um mecanismo para gerenciar a variabilidade da mão de obra e dos processos de forma sistemática, bem como aumentar o grau de padronização dos processos.

6 MÉTODO DE INTEGRAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO AO PCP BASEADO EM LOCALIZAÇÃO

Neste capítulo, é apresentado o método proposto para integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização, desenvolvido ao longo dos estudos realizados neste trabalho. Ao final do capítulo, é realizada a avaliação da solução, e são apontadas as contribuições teóricas.

6.1 VISÃO GERAL DO MÉTODO

A Figura 50 apresenta as etapas do Método para Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle Baseado em Localização. Estas etapas são integradas e interativas. A versão detalhada do método proposto é apresentada na Figura 51.

Figura 50 – Macro etapas do método

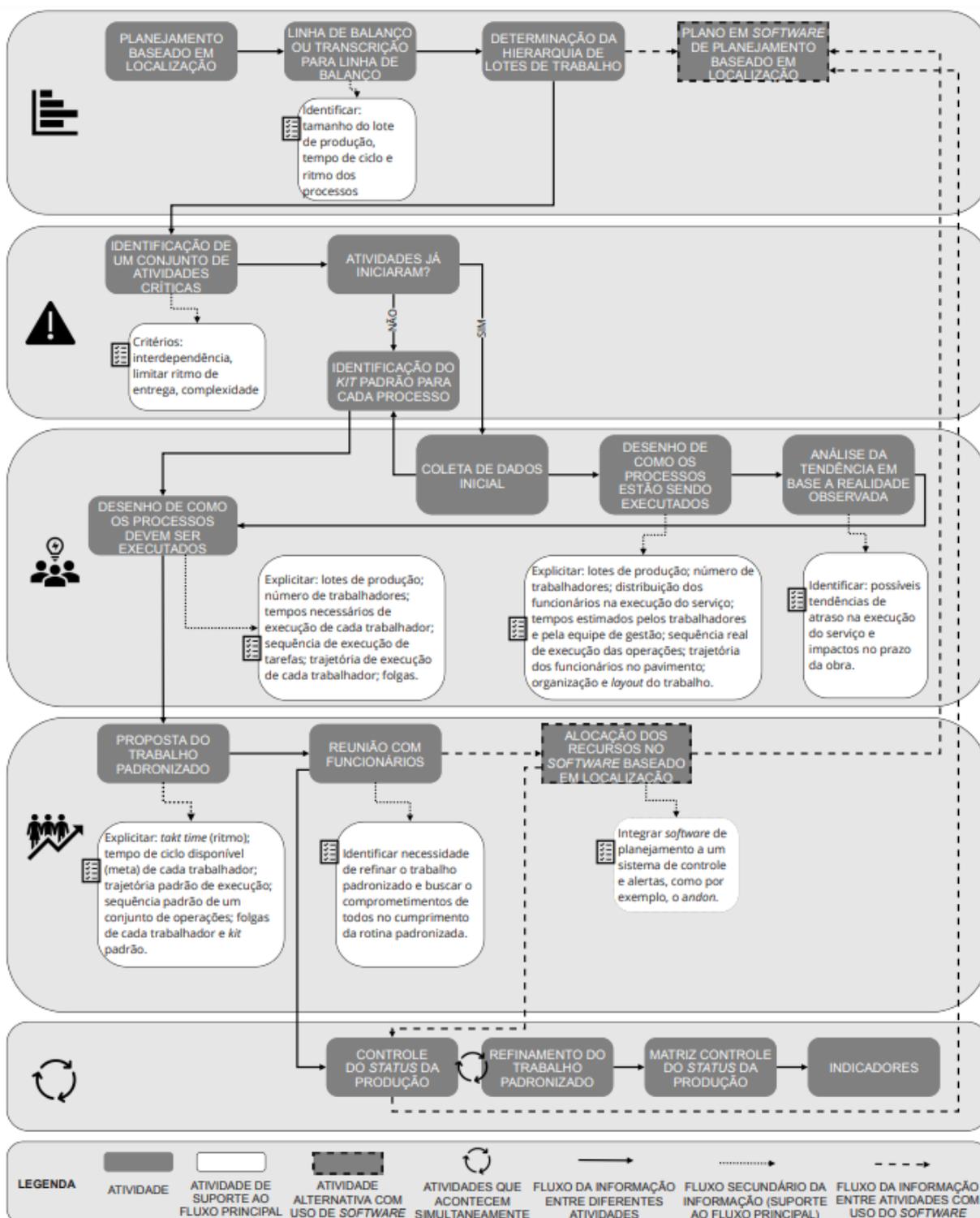


Fonte: elaborado pela autora.

Para integrar o trabalho padronizado ao planejamento e controle, a primeira etapa do método propõe a utilização de um **plano de longo prazo baseado em localização**. Na ausência de um plano baseado em local, propõe-se a transcrição do plano de longo prazo para uma linha de balanço. Caso seja interesse da empresa, pode-se ainda utilizar um *software* de planejamento com base em localização, bem como integrar um dispositivo de alertas como o *andon*. Esta opção possibilita maior automatização do processo de planejamento e controle. Nesse sentido, o plano de longo prazo deve permitir identificar os processos da construção em uma relação tempo-local, explicitar os fluxos de trabalho na obra, bem como o sequenciamento das atividades (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2014). É importante poder visualizar no plano o

tamanho do lote, tempo de ciclo e ritmo de processos planejados (BULHÕES; FORMOSO, 2004; SCHRAMM; RODRIGUES; FORMOSO, 2006).

Figura 51 – Método para Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle Baseado em Localização



Fonte: elaborado pela autora.

A partir da visualização do plano baseado em localização, deve-se estabelecer uma hierarquia de lotes de trabalho, composta por dois diferentes níveis: (a) lote de produção superior (tamanho do lote maior, por exemplo, o pavimento) e, (b) lote de produção inferior (tamanho do lote menor, por exemplo, o apartamento). Essa divisão é importante para o processo de alocação dos recursos, monitoramento e controle do trabalho padronizado. O controle do lote de produção superior deve estar relacionado ao cumprimento do *takt time*. Por outro lado, o controle do lote de produção inferior deve estar relacionado ao cumprimento do tempo de ciclo, estabelecido para cada funcionário, e ao cumprimento da trajetória, dentro do lote de produção superior. O controle do lote de produção inferior permite acompanhar o avanço dos funcionários e identificar possíveis atrasos que possam comprometer a entrega do lote de produção superior no ritmo proposto no trabalho padronizado.

A segunda etapa do método consiste na identificação de um **conjunto de atividades inter-relacionadas** que podem limitar a produção. Não se tem a pretensão de utilizar o método para todos os processos de uma obra, e sim para um conjunto de processos considerados como críticos em relação ao prazo da obra. Nesse sentido, com base na percepção da equipe gerencial da obra, deve-se considerar os seguintes critérios na escolha do conjunto de atividades: (a) forte interdependência entre as tarefas, (b) possibilidade de limitar o ritmo de entrega das atividades sucessoras, impactando no prazo final da obra, (c) complexidade no controle da produção, por causarem incremento significativo no número de atividades e equipes na obra. A escolha do conjunto de atividades deve ocorrer, de preferência, em um horizonte de três meses antes da primeira atividade iniciar. Esse tempo disponível antes do início das atividades possibilita o início da identificação do *kit* padrão para essas atividades, ou seja, os requisitos necessários que precisam ser disponibilizados para alcançar um bom desempenho, sem interrupções e improvisações. A fim de compreender o escopo e facilitar a identificação do *kit* padrão, foram propostas diretrizes no item 6.1.1. A definição do *kit* padrão pode ser realizada pela equipe gerencial da obra em conjunto com a equipe de produção.

A terceira etapa do método consiste em definir **como os processos devem ser executados** de forma a atender o *takt time* do plano baseado em localização. Esta etapa foi definida com o intuito de organizar as informações que posteriormente servirão de base para a proposta do trabalho padronizado. Como o TP é focado nas operações, ou seja, na perspectiva dos trabalhadores (LIB, 2003), e que estes devem participar da definição de procedimentos padronizados de tarefas (LIKER, 2004), é importante que essa etapa seja desenvolvida em

conjunto com a mão de obra que vai executar as atividades. Sugere-se que seja feito um desenho para cada processo que explicita as seguintes informações: (a) lote de produção superior e inferior, (b) número de trabalhadores, (c) tempos necessários de execução de cada trabalhador em cada lote inferior, (d) sequência de execução de tarefas do processo dentro do lote inferior, (e) trajetória de execução de cada trabalhador em cada lote superior.

De forma a visualizar com maior clareza os impactos dessas informações em conjunto, sugere-se que os dados sejam transferidos para um diagrama no qual se dispõe a escala temporal no eixo das abcissas (X) e as localizações no eixo das ordenadas (Y). O eixo X deve representar o tempo (por exemplo, os dias e turnos de trabalho) e o eixo Y os lotes de produção superiores e inferiores. Ao longo dos dias, deve ser representado o tempo que cada trabalhador necessita para executar seus respectivos lotes inferiores. É importante explicitar a trajetória da equipe, isto é, de que forma cada trabalhador deverá iniciar e concluir os lotes inferiores dentro do lote superior. Ainda, é importante discutir e representar a melhor sequência de execução das operações dos processos dentro de cada lote inferior.

Considerando que diferentes trabalhadores possam ter produtividades diferentes, é importante que seja feito o balanceamento da quantidade de trabalho entre os funcionários. Dessa forma, busca-se que os tempos necessários para a execução das tarefas de cada funcionário atendam, em conjunto, ao tempo de ciclo proposto no plano de longo prazo. Caso os processos tenham sido planejados com tempos de ciclo diferentes, o ideal é que o balanceamento das equipes de cada um dos processos resulte em um mesmo tempo de ciclo de produção, para todos os processos, de forma a ter processos sincronizados.

Em virtude da variabilidade inerente ao contexto e a fim de evitar seu impacto negativo na execução do trabalho padronizado, Fireman et al. (2018) sugerem que ao projetar o TP é importante que as folgas sejam explicitadas. Foram definidas diretrizes a fim de facilitar o processo de identificar e considerar as folgas na proposta do TP, as quais são apresentadas no item 6.1.2.

No caso dos processos identificados na segunda etapa já estarem sendo executados no canteiro de obras, pode-se ir a campo e coletar dados que possibilitem o **desenho dos processos como realizados**. Esta coleta justifica-se em função dos potenciais benefícios de se analisar a lacuna entre trabalho como imaginado e o trabalho como executado (PEÑALOZA et al., 2020), entre os quais a possibilidade de propor melhorias (HAMERSKI ET AL., 2021).

Assim, a busca de informações no canteiro de obras deve ser realizada observando e conversando com as pessoas que executam as atividades. As seguintes informações devem ser coletadas: (a) lotes de produção, (b) número de trabalhadores, (c) distribuição dos funcionários na execução das atividades, (d) tempos estimados pelos trabalhadores e pela equipe de gestão para realizarem as atividades, (e) sequência real de execução das operações do processo dentro do lote, (f) trajetória dos funcionários no pavimento e (g) organização e *layout* do trabalho. Ademais, as observações e conversas com os funcionários devem fornecer dados relacionados às suas preferências de execução e o que precisam ter a disposição (*kit* padrão) para que as atividades sejam executadas em condições adequadas. Para a identificação do *kit* padrão em conjunto com os funcionários e equipe de produção, são propostas diretrizes, apresentadas no item 6.1.1.

Essas informações vão possibilitar o desenho do trabalho como realizado, que deve ser analisado em conjunto com o a equipe da técnica da obra. A análise desse desenho gera informações no sentido de identificar possíveis tendências de atraso na execução da atividade e impactos no prazo da obra. Pode-se constatar que a quantidade de trabalhadores não é suficiente, ou então que as produtividades dos funcionários não estão atendendo ao tempo de ciclo planejado. É necessário também realizar uma análise em relação às trajetórias e sequência das operações, bem como da organização e *layout* do trabalho, uma vez que se pode propor formas alternativas de execução das atividades, que diminuam o tempo despendido em etapas que não agregam valor. Ainda, é possível verificar restrições não removidas e que há necessidade de fornecer elementos do *kit* padrão para garantir a continuidade de execução das atividades, com menor número de improvisações e interrupções. Nesse ponto do processo, é necessário propor ajustes a execução das atividades e, em conjunto com a mão de obra, realizar o **desenho de como os processos devem ser executados**, seguindo os passos apresentados no início da terceira etapa.

A quarta etapa do método consiste na implementação do trabalho padronizado. Após todos os envolvidos terem sido ouvidos e suas alternativas de planos individuais tiverem sido ajustadas, todos devem se comprometer a fazer o trabalho conforme planejado (FRANDSON ET AL., 2013). Nesse ponto, é importante que os planos detalhados dos processos definidos na terceira etapa, isto é, como os processos devem ser executados, sejam simples para serem usados todos os dias pelas pessoas que executam o trabalho (LIKER, 2004). Dessa forma, para cada processo, deve existir um quadro visual explicitando os seguintes elementos: (a) *takt time* (ritmo) de cada

lote de produção superior, (b) tempo de ciclo disponível (meta) de cada trabalhador para cada lote de produção inferior; (c) trajetória padrão de execução no lote de produção superior, (d) sequência padrão de um conjunto de operações dentro do lote de produção inferior, (e) folgas de cada trabalhador e, (f) *kit* padrão.

Em relação ao *takt time*, deve ser definido como a razão entre o tempo disponível para a produção e o número de locais a serem produzidos. É o ritmo resultante da sincronização dos processos, que atente ao plano geral de construção da obra. Por local, entende-se o lote de produção superior do processo no plano baseado em localização (por exemplo, pavimento ou apartamento). Em relação ao tempo de ciclo, este deve ser definido como o número máximo de dias disponibilizado para cada trabalhador executar um conjunto de operações em cada local e deve ser ligeiramente menor que o *takt*. Nesse caso, por local, entende-se o lote de produção inferior (por exemplo, apartamento ou ambiente).

Em relação à trajetória padrão de execução, refere-se a alocar cada funcionário em diferentes lotes de produção inferior e sinalizar a ordem que o funcionário deve cumpri-los dentro do lote de produção superior, a fim de iniciar e concluir a execução da atividade. Nesse ponto, sempre que possível, é importante que cada funcionário seja alocado nas mesmas tipologias de lotes de produção inferior. Quanto à sequência padrão de operações, refere-se a ordem na qual o funcionário deve executar um conjunto de operações dentro do lote de produção inferior de um determinado processo.

Quanto às folgas, já definidas nas etapas anteriores, devem ser explicitadas no quadro visual do TP e podem ser de diferente natureza, tais como: (a) diferença entre o tempo de ciclo definido para cada trabalhador e o *takt time* do processo, (b) turnos extras para recuperar atraso (por exemplo, sábado ou horas extras), (c) apartamento *buffer* designado para execução do funcionário mais rápido, e (d) multifuncionalidade, isto é, possibilidade de mais de um trabalhador executar uma mesma tarefa. Por fim, em relação ao *kit* padrão, já identificado nas etapas anteriores, deve ser revisado em conjunto com a mão de obra para garantir sua disponibilidade antes e durante a execução das atividades.

Após os seis elementos mencionados acima serem explicitados para cada um dos processos, é necessário reunir os funcionários das diferentes equipes a fim de formalizar a implementação do trabalho padronizado. Nessa reunião, verifica-se novamente com os funcionários se estão de acordo com os planos definidos e questiona-se os mesmos sobre a necessidade de algum ajuste

adicional. Um aspecto importante que deve ficar claro para todos é que o trabalho padronizado é a base para a melhoria contínua e não deve ser interpretado como uma forma rígida de executar as atividades. Nesse sentido, pode haver mudanças na equipe ou dificuldades para cumprir com o tempo de ciclo, trajetória e sequência padrão ao longo da execução dos processos. Dessa forma, os funcionários devem se sentir motivados a identificar problemas e comunicá-los à equipe de gestão da obra. Assim, o trabalho padronizado pode ser refinado ao longo dos ciclos de produção.

A quinta e última etapa do método está relacionada ao monitoramento e controle do *status* da produção. Essa etapa refere-se ao monitoramento do trabalho padronizado, comparando os dados reais de produção com os dados planejados. Assim, no início da implementação do trabalho padronizado, é necessário haver um responsável da equipe de gestão da obra para realizar diariamente o monitoramento das datas de início e término dos funcionários. Este monitoramento pode ser integrado a rotina de controle diário da obra.

É importante que o controle do trabalho padronizado seja flexível, isto é, que considere a revisão dos planos de cada equipe e funcionários e respectivas alocações. Além disso, o controle deve suportar ajustes do plano em relação à troca de funcionários, tempo de ciclo, folgas, trajetória e sequência das operações. Uma forma de realizar esse controle de forma sistemática é por meio da utilização de uma matriz de *status* da produção. A matriz deve consolidar, em uma mesma aba, os processos a serem controlados (representados nas colunas) e os lotes de produção superior e inferior (representados nas linhas). Cada aba deve representar um dia da semana e nelas o responsável pelo monitoramento do trabalho padronizado deve preencher as células com possíveis *status* de cada lote de produção inferior, como por exemplo: não iniciado, em progresso, atividade com restrição, atividade concluída. Deve-se identificar, dentro de cada célula, o nome do responsável pela execução de cada lote de produção inferior. É recomendável que a alocação dos funcionários seja feita para pelo menos dois lotes de produção superior (lote em execução e o próximo lote a ser executado).

Finalmente, após o preenchimento do *status* das atividades, a matriz deverá fornecer os seguintes dados dos processos: (a) data de início e término reais, (b) histórico da alocação de recursos, (c) cumprimento da trajetória, (d) pendências e observações por lote de produção inferior, (e) mapa de calor (onde há pessoas trabalhando), (f) quantidade de trabalho em progresso, (g) quantidade de frentes de trabalho. Esses dados são importantes pois possibilitam

realizar análises mais profundas do trabalho padronizado. Essas análises podem estar relacionadas à variabilidade do tempo de ciclo, atraso no começo das atividades, identificação de trabalho fora da trajetória e sequência padrão, falta de terminalidade, quantidade de trabalho em progresso e não conclusão dos lotes de produção. A partir dessas análises, as informações podem servir de apoio em reuniões semanais com os subempreiteiros das atividades críticas para alinhamento das metas. Nesse sentido, o engenheiro pode mostrar aos subempreiteiros o impacto do não cumprimento das atividades dentro do tempo de ciclo planejado nos demais processos, além de mostrar eventuais descumprimentos na trajetória prevista, com foco no refinamento e melhoria do trabalho padronizado.

O monitoramento e controle do trabalho padronizado também pode ser realizado por meio de tecnologias digitais, como por exemplo, o *andon*. Nesse sentido, espera-se a obtenção de dados mais automatizados, uma vez que as datas de início e término de cada lote de produção inferior serão fornecidas, em tempo real, por meio do registro do próprio funcionário, isto é, quando ele conclui a execução da atividade.

Com o objetivo de apresentar o avanço do método proposto no presente estudo em relação a trabalhos anteriores relacionados ao trabalho padronizado e ao processo colaborativo do TTP, a Figura 52 apresenta as diferenças e semelhanças entre o método de Mariz (2012), o método proposto por Frandson (2019) e o método proposto neste trabalho.

Figura 52 – Comparação entre trabalhos anteriores e o método proposto

CONSTRUCTOS	Método Para Aplicação Do Trabalho Padronizado Em Serviços De Construção MARIZ (2012)	TTP as a work structuring method to improve construction work flow FRANDSON (2019)	Método para Integração do Trabalho Padronizado ao Planejamento e Controle Baseado em Localização
Participação dos operários na definição dos planos detalhados	Perspectiva de um observador externo, sem envolver funcionários	✓	✓
Hierarquia de Lotes	Não menciona	Não menciona	✓
Definição dos recursos de <i>slack</i> como elemento dos planos detalhados dos processos	Não menciona	Não menciona	✓
Identificação dos componentes do <i>kit</i> padrão para cada conjunto de operações	Considera que, para a implementação do TP, os requisitos devem estar à disposição previamente	Não menciona	✓
Balanceamento da quantidade de trabalho dos funcionários	✓	✓	✓
Sincronização de processos inter-relacionados	Não menciona	O equilíbrio dos processos ocorre por meio do balanceamento da produção, isto é, através de alterações na quantidade de trabalho. Porém, sem utilizar o TP.	A melhoria na padronização das operações contribuiu para uma maior tendência à sincronização dos processos

Fonte: elaborado pela autora.

6.1.1 Diretrizes para Identificação dos Componentes do *kit* padrão

Uma das mudanças a serem introduzidas na implementação do trabalho padronizado é o planejamento e controle sistemático do *kit* padrão. Devem ser identificados seus componentes para cada conjunto de operações. Entende-se por *kit* padrão os requisitos que, caso não sejam atendidos, podem limitar o desempenho do trabalho padronizado. A necessidade da identificação prévia do *kit* padrão pode diminuir o esforço no planejamento de médio prazo em relação à remoção de restrições.

A disponibilização do *kit* padrão antes do início das atividades pode evitar a ocorrência de paralizações e improvisações na produção, tais como perdas por *making-do*, além de evitar o trabalho em progresso, contribuindo, assim, para a sincronização dos processos. No caso de a atividade já estar em execução, faz-se necessário revisar o *kit* padrão, para verificar se há dificuldades de disponibilização de algum componente. De forma a auxiliar na implementação desta prática, foram propostas diretrizes para identificação dos componentes do *kit* padrão:

- a) Quais são os **projetos** necessários para a execução dos processos?

Cada processo tem um conjunto de projetos que orientam os trabalhadores na execução dos trabalhos. Destacam-se os projetos de furação na estrutura, paginação de alvenaria, paginação de forro de gesso, paginação de revestimentos cerâmicos, instalações, detalhamentos em geral. A não disponibilização dos projetos no canteiro de obras antes do início das atividades pode limitar ou até mesmo paralisar a execução dos trabalhos, bem como contribuir para a falta de terminalidade e ocorrência de retrabalho.

- b) A **mão de obra** que vai executar cada atividade é qualificada? Possui capacidade de produção para cumprir com o tempo de ciclo planejado?

A equipe que irá executar cada atividade deve possuir quantidade adequada de funcionários para produzir o serviço dentro do tempo de ciclo planejado. Na medida em que o trabalho padronizado for sendo detalhado, a mão de obra deverá se ajustar à quantidade de funcionários que atenda ao plano detalhado. A indisponibilidade de recursos de mão de obra na quantidade necessária, compromete o cumprimento do tempo de ciclo e ritmos de produção de todo o conjunto dos processos inter-relacionados.

- c) Foi realizado **treinamento** com a mão de obra conforme procedimento padrão de execução da empresa?

Com a equipe definida para realizar as atividades, é importante treinar os funcionários para que todos tenham o entendimento comum do padrão de execução exigido pela empresa. O treinamento pode contribuir para evitar a entrega de produtos fora de conformidade, gerando retrabalhos e, conseqüentemente, atrasos na produção.

- d) Quais **materiais** são necessários para execução das atividades?

A não disponibilidade de todos os materiais necessários para execução das atividades pode gerar a entrega de produtos inacabados, os quais comprometem o desempenho do trabalho padronizado.

- e) Quais **ferramentas e equipamentos** necessários para execução das atividades?

Deve-se verificar com a equipe de produção os equipamentos e ferramentas que cada funcionário precisa ter a disposição para realizar o seu trabalho. Avaliar se as ferramentas podem ser compartilhadas entre os funcionários de uma mesma equipe ou se isso vai gerar a necessidade de movimentações e esperas.

- f) Como será a **logística** vertical e horizontal em relação ao abastecimento de materiais para cada lote de produção?

A elaboração do *kanban* para cada processo, explicitando as quantidades necessárias de materiais, ferramentas e equipamentos, irá auxiliar na logística, abastecimento e organização do local de trabalho. É necessário verificar o tempo necessário para realizar o abastecimento vertical e horizontal e verificar quanto tempo antes de começar a atividade os materiais devem estar disponíveis nos locais de produção.

- g) Quem são os **responsáveis** envolvidos durante a execução do processo?

Os responsáveis nesse contexto dizem respeito a quem vai gerenciar e revisar o trabalho padronizado, quem vai monitorar e fazer cumprir o trabalho padronizado, quem vai inspecionar a qualidade das atividades, quem vai controlar o *status* da produção, quem vai abastecer os locais com os materiais. Definir os responsáveis e delegar responsabilidade é importante, a fim de promover o comprometimento de todos com o cumprimento do trabalho padronizado, identificar os problemas e buscar as soluções em conjunto.

- h) Quais as condições que o **espaço** deverá apresentar para o início das atividades?

As condições adequadas do local de trabalho devem ser consideradas, de forma a criar um local de trabalho limpo e organizado. O espaço sob essas condições contribui para que os funcionários não percam tempo, durante a execução das atividades, realizando a limpeza das atividades anteriores. Além disso, deve-se atentar para que os locais estejam liberados, sem outras equipes trabalhando. Isso evita congestionamentos e perda de tempo dos funcionários com etapas de movimentação.

- i) A atividade anterior foi inspecionada e liberada com **terminalidade** pelos responsáveis pelo controle de **qualidade**?

Além dos critérios de aceitação propostos na FVS, a inspeção e liberação da atividade anterior pela qualidade deve ser feita considerando o critério da terminalidade das atividades. Isso pode contribuir para evitar a propagação da variabilidade, isto é, que problemas de qualidade e falta de terminalidade sejam passados para outras equipes.

- j) Quais os equipamentos de **segurança** são necessários para realização da atividade?

Os equipamentos de proteção coletiva e individual, previstos em norma, para cada processo, devem ser disponibilizados para a equipe antes de iniciar os trabalhos e durante a execução das atividades. A ausência dos equipamentos de

segurança pode gerar perdas por *making-do*, acidentes e paralização dos trabalhos.

6.1.2 Diretrizes para projetar a Folga na proposta do Trabalho Padronizado

A fim de auxiliar no processo de identificação e consideração das folgas, foram propostas diretrizes para projetar as folgas na proposta do trabalho padronizado:

Multifuncionalidade: quando os funcionários de uma equipe são treinados e qualificados, podem exercer diversas funções, além da sua função principal. É importante identificar se a equipe apresenta profissionais com essas características e que não estejam envolvidos diretamente com a execução do trabalho, como por exemplo o líder da equipe ou um auxiliar. Esse funcionário pode ser sinalizado como um recurso de folga na proposta do trabalho padronizado.

Espaço: quando um local pode ser compartilhado ou então designado para o funcionário mais rápido. Um exemplo pode ser áreas de uso comum de um edifício (circulações ou pavimento térreo) ou então um apartamento *buffer*. Nesse sentido, é importante analisar o *layout*, identificar quais áreas serão classificadas como folgas e sinalizar na proposta do trabalho padronizado.

Tempo: a diferença entre o *takt time* e o tempo de ciclo é uma das folgas de tempo. Além disso, o *buffer* de tempo, entre processos da linha de balanço, também pode ser considerado como uma folga de tempo. Ainda, podem ser deixados turnos extras para recuperar atraso (por exemplo, no sábado, ou horas extras). Este tipo de folga deve ser explicitado na proposta do trabalho padronizado. A visibilidade da folga de tempo contribuiu para que os funcionários possam perceber que estão consumindo margens de segurança e recuperar o controle antes da ocorrência de perdas irreversíveis.

Múltiplos controles: quando analisamos um conjunto de processos inter-relacionados, a natureza e os impactos das não conformidades são frequentemente transdisciplinares e envolvem vários processos de produção. Um exemplo é considerar a possibilidade de realizar reuniões diárias ou semanais envolvendo trabalhadores de diferentes níveis hierárquicos e especialidades ou representantes das diferentes equipes para discutir anormalidades e elaborar soluções. Na proposta do trabalho padronizado pode-se sinalizar a frequência e local dessas reuniões.

Cadeia de ajuda: para manutenção da equipe cujo trabalho é padronizado é importante se ter algumas ferramentas para monitorar esse trabalho, como por exemplo o *andon*. Por meio dessa ferramenta, a cadeia de ajuda pode ser acionada, uma vez que a equipe pode sinalizar a ocorrência de anomalias na produção, tais como problemas de qualidade, falta de material, falta de ferramentas e falta de funcionários. Dessa forma, uma equipe de apoio deve ir até o local solicitado a fim de discutir uma solução em conjunto com os trabalhadores e resolver os problemas dentro do próprio ciclo de produção.

6.2 AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO

Com base nos constructos utilidade e facilidade de uso do método, definidos no item 4.4, foi realizada a avaliação da solução proposta.

6.2.1 Utilidade

A avaliação do método quanto ao constructo utilidade foi organizada e realizada segundo seis sub constructos definidos na Figura 12 do capítulo de método deste trabalho.

Em relação a **sincronização dos processos**, o método foi útil uma vez que foi evidenciada uma tendência ao alinhamento dos ritmos de produção dos diferentes processos, o qual ocorreu por meio do **balanceamento da produção**, isto é, equilibrando a carga de trabalho entre diferentes trabalhadores ou equipes. O método proposto promoveu o envolvimento dos funcionários na definição dos planos detalhados, possibilitando o conhecimento da capacidade de produção nas estações de trabalho, condição para efetuar o balanceamento. Entretanto, a análise dos gráficos de tempo de ciclo, aderência ao lote e ritmo, gerados a partir dos dados reais dos processos do estudo empírico, mostram que a sincronização entre os processos não foi mantida ao longo de toda a execução. Isso ocorreu devido à falta de remoção de restrições na atividade de forro de gesso e a não utilização de recursos extras de mão de obra para concluir o 2º pavimento de azulejo e piso cerâmico. Essas análises evidenciam a importância da definição do *kit* padrão e de projetar a folga como meios para que a sincronização aconteça.

No que diz respeito à **padronização**, a implementação do método no estudo empírico contribuiu para reduzir a variabilidade do tempo de ciclo necessário para cada funcionário executar um conjunto de operações, seguindo uma sequência e trajetória previamente definidas. A definição de que cada funcionário executaria sempre a mesma tipologia de apartamento foi útil pois permitiu aumento da eficiência dos funcionários. Além disto, uma trajetória melhor definida foi

útil na redução de perdas, uma vez que reduziu a necessidade de o funcionário pensar para qual local de trabalho deveria seguir a execução dos serviços, após concluir um determinado apartamento. Essas evidências ficaram claras, por exemplo, na análise do gráfico de tempo de ciclo do azulejo e piso cerâmico, no qual se constata uma diminuição do tempo de ciclo de dezesseis e dez dias para sete a seis dias, após a implementação do trabalho padronizado. Sob o ponto de vista dos funcionários, a padronização dos processos foi útil para promover melhor organização do trabalho e reduzir sobreposições de atividades em um mesmo pavimento.

Na avaliação quanto a **colaboração**, a aplicação do método no estudo empírico foi útil pois promoveu o engajamento da equipe de obra (engenheiro responsável pela execução da obra e estagiários) e da equipe de produção (funcionários e representantes das diferentes equipes) no detalhamento do trabalho padronizado. Ao longo das observações no canteiro de obras e conversas com os funcionários, estagiário e engenheiro, o trabalho padronizado foi sendo definido e o comprometimento dos principais envolvidos na execução dos planos foi afirmado em reunião com todos os funcionários. Durante o controle do *status* da produção, o trabalho padronizado foi sendo refinado, considerando as preferências de execução dos funcionários e suas estimativas de tempo para concluir os serviços.

Em relação à **confiabilidade**, sob a perspectiva do engenheiro e responsáveis pelas atividades, o método foi útil pois permitiu menor rotatividade da mão de obra, uma vez que todos os funcionários estavam alocados e suas trajetórias e metas estavam bem definidas. Ainda, os funcionários e responsáveis conseguiam vislumbrar as frentes de trabalho seguintes, tiveram maior clareza da sua trajetória e ritmo de produção, e isso promoveu maior comprometimento de todos em concluir com a meta. Entre os próprios funcionários, cada um queria concluir o mais rápido possível pois tinha clareza dos próximos passos. Sob o ponto de vista do estagiário que acompanhava as atividades no estudo empírico, a alocação prévia foi útil pois promoveu a análise antecipada das condições de início e os problemas passaram a ser identificados e comunicados pelos próprios trabalhadores antes das atividades iniciarem.

6.2.2 Facilidade de Uso

A avaliação do método quanto à facilidade de uso foi organizada e realizada segundo cinco sub constructos definidos na Figura 12 do capítulo de método deste trabalho.

Em relação à **comunicação**, o método considera a utilização da linha de balanço como base para a análise de processos críticos. No início do estudo empírico, a transcrição do planejamento

de longo prazo do MS Project para a linha de balanço contribuiu para explicitar a falta de sincronização dos processos para o engenheiro da obra. As análises iniciais dos processos também foram transcritas para a linha de balanço o que auxiliou na compreensão, por parte do engenheiro, em relação à diferença entre o trabalho como planejado e o trabalho como realizado, além de explicitar a tendência de atraso que as atividades de azulejo e piso cerâmico estavam apresentando e o impacto sobre o prazo da obra. Assim, verificou-se que o método contribuiu para comunicar aspectos relevantes da produção, fundamentando e embasando a tomada de decisão do engenheiro a partir dessas análises. Além disso, o método utiliza conceitos como trabalho padronizado, sincronização e balanceamento, tamanhos de lote de produção e controle e controle do *status* da produção no desenvolvimento e monitoramento da produção. Em relação à compreensão dos conceitos, foram realizadas capacitações com a equipe de engenharia, o que permitiu que fossem utilizados amplamente durante as discussões com engenheiro e estagiário. As estratégias visuais, utilizadas para representação do trabalho padronizado, facilitaram a compreensão dos elementos do trabalho padronizado por parte da equipe de produção, uma vez que podiam ser visualizados. Contudo, observou-se que o conceito de tempo de ciclo era muitas vezes confundido pela equipe de gestão da obra como tempo produtivo.

No que diz respeito à **transparência e disponibilidade de informações**, o método propõe para o controle da produção a utilização da matriz de controle do *status* da produção. Assim, por meio das datas de início e término das atividades, por funcionário, e do registro das alocações e trajetória percorrida por cada um, foi possível o acompanhamento o desempenho do trabalho padronizado. Sob o ponto de vista do engenheiro e do estagiário, o quadro de controle visual permitiu enxergar toda a obra e com isso, saber onde os funcionários estão trabalhando.

No que diz respeito à **eficiência**, foi analisado o esforço envolvido na coleta de dados para obtenção das informações necessárias para a definição do trabalho padronizado. Foi possível comparar os esforços envolvidos durante o estudo exploratório e o estudo empírico. O estudo exploratório foi dedicado à compreensão da operacionalização do trabalho padronizado a partir de método já existe na literatura sobre trabalho padronizado na construção civil. Assim, a pesquisadora dedicou bastante tempo para cronometragem dos elementos de trabalho de cada funcionário. No entanto, a partir de uma abordagem mais participativa, utilizada no estudo empírico, ocorreu redução no tempo envolvido para coleta. Esta abordagem contou com a colaboração dos membros das equipes para a obtenção das informações e serviu como ponto de partida para um processo de melhorias.

Em relação à **aplicabilidade** em diferentes contextos, constatou-se que o método tem potencial em empreendimentos que apresentam baixo grau de customização dos seus produtos. Nesses casos, se tem ganhos de produtividade por meio da execução da mesma tipologia de apartamentos. Seria necessário testar a solução em contextos diferentes desses, nos quais, por exemplo, os empreendimentos tenham alto grau de customização. Quanto à aplicabilidade do método em diferentes atividades, durante o estudo, os estagiários responsáveis pelo acompanhamento de outros processos que estavam em execução no Empreendimento E2 se sentiram motivados a aplicar o método em diferentes conjuntos de atividades inter-relacionadas. A alocação prévia de funcionários e a determinação de uma trajetória padrão de execução foi utilizada para os processos de pintura interna e piso laminado.

Por fim, em relação à **continuidade**, a Empresa 2 tem intenção de realizar uma capacitação com os seus engenheiros para que a metodologia utilizada no Empreendimento E2 seja utilizada em todos os seus empreendimentos.

6.3 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

O presente trabalho contribuiu para o avanço do conhecimento a partir da identificação dos componentes que devem compor o trabalho padronizado para os processos da construção civil, bem como dos mecanismos que conferem flexibilidade ao trabalho padronizado nesse contexto.

No que diz respeito aos elementos do trabalho padronizado apresentados no contexto da manufatura, o estoque padrão foi conceituado como *kit* padrão, que, conforme Ronen (1992), está relacionado a um conjunto de requisitos para iniciar e concluir as atividades sem interrupções e perda de eficiência. A falta destes requisitos dá origem a restrições que limitam o desempenho do trabalho padronizado. Esses requisitos emergiram das boas práticas adotadas pela Empresa B, no estudo empírico. Os elementos do *kit* padrão foram classificados nas seguintes categorias: (a) projetos, (b) mão de obra, (c) treinamento da mão de obra, (d) materiais, (e) ferramentas e equipamentos, (f) logística, (g) responsáveis, (h) espaço, (i) qualidade e inspeção, (j) segurança.

Em relação ao elemento sequência padrão de atividades foi conceituado de duas formas: trajetória padrão de execução e sequência padrão de operações. A trajetória está associada à ordem padrão que a equipe realiza para concluir o lote de produção superior. É a ordem que os lotes de produção inferiores vão sendo finalizados por cada funcionário dentro de um lote de

produção superior. A sequência está associada a ordem padrão de execução das operações realizadas pelos funcionários dentro de cada lote de produção inferior.

Os projetos inseridos no contexto de sistemas sociotécnicos complexos, como é o caso da construção civil, possuem como propriedade chave a imprevisibilidade e, portanto, os recursos que proporcionam folgas entre os processos são fundamentais para suportar a variabilidade (SAURIN, 2017). Nesse sentido, o método proposto nesse estudo considerou e explicitou a folga como um dos elementos do trabalho padronizado na construção civil, servindo de estratégia para lidar com a variabilidade dentro de cada processos. Os recursos de folga propostos como elementos fundamentais para lidar com a variabilidade de diferentes fontes foram: (a) multifuncionalidade, (b) espaço, (c) tempo, (d) múltiplos controles e (e) cadeia de ajuda.

Além disso, no contexto da construção civil, no qual os tempos de ciclo são substancialmente maiores que na manufatura, verificou-se a importância de dar maior autonomia aos funcionários. Essa autonomia foi possível uma vez que os funcionários passaram a ter mais informações a respeito da meta, isto é, do tempo de ciclo que tinham disponível para execução, assim como a trajetória que deveriam seguir. Portanto, nesse contexto, pode-se detalhar e padronizar algumas etapas do trabalho e deixar outras para os funcionários decidirem durante a execução dos processos. A flexibilização do trabalho padronizado no nível do lote de produção inferior, isto é, do apartamento, sem deixar de exigir o cumprimento do ritmo, estabelecido no plano de longo prazo, do lote de produção superior, isto é, do pavimento, mostrou-se como alternativa para obter bons resultados em direção à sincronização dos processos da construção civil.

7 CONCLUSÕES

Este capítulo sintetiza as contribuições do estudo em termos teóricos e práticos. Além disso, apresenta sugestões para estudos futuros, de forma a ampliar os conhecimentos a respeito dos assuntos abordados no presente trabalho de pesquisa.

7.1 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

A pesquisa teve como motivação a oportunidade de resolver um problema prático relacionado às deficiências da padronização nos processos da construção civil, e a falta de sincronização entre estes processos. Além disso, há lacunas de conhecimento relacionadas à aplicação do trabalho padronizado no contexto da construção civil e como essa abordagem poderia ser integrada a um sistema de planejamento e controle baseado em localização.

Diante deste contexto, a pesquisa adotou a abordagem DSR como modo de produção de conhecimento, sendo o objetivo principal deste trabalho propor um **método para integração do TP ao PCP baseado em localização**. A pesquisa foi desenvolvida ao longo de dois estágios, sendo o Estágio 1 composto pelo Estudo Exploratório, realizado na Empresa A e no Empreendimento E1, e o Estágio 2, composto pelo Estudo Empírico, realizado na Empresa B e no Empreendimento E2. Por meio de ciclos de aprendizagem e reflexões, o conhecimento evoluiu ao longo dos estudos, contribuindo para o desenvolvimento do método.

O método proposto representa uma contribuição pelo fato de que o trabalho padronizado é pouco implementado na construção civil, e também se refere a um tema pouco explorado na literatura sobre gestão da construção. A principal contribuição deste método, em relação aos métodos anteriormente propostos, é que o mesmo permite implementar o Trabalho Padronizado, de um conjunto de processos inter-relacionados, de forma integrada ao Planejamento e Controle Baseado em Localização. Por meio da visualização de um plano baseado em localização, um conjunto de processos críticos são selecionados e, em conjunto com gestores e operários encarregados da execução dos processos, é realizado o desenho detalhado das operações. Nesse sentido, a definição do trabalho padronizado é realizada a partir

do engajamento de todos os envolvidos, isto é, equipe de gestão da obra e equipes de produção, na identificação dos componentes que devem compor o trabalho padronizado.

O método proposto considerou a definição do trabalho padronizado para um **conjunto de processos inter-relacionados**, com o objetivo de sincronizar processos de uma etapa do plano geral de construção da obra. Em relação à **coleta de tempos**, o método proposto neste trabalho sugere formas alternativas à cronometragem, utilizada no método proposto por Mariz (2012). Nesse sentido, buscou-se reduzir o tempo de coleta e por meio de observações e conversas com aqueles que realmente farão o trabalho, buscou-se envolver as equipes na identificação, não somente dos tempos necessários para execução das operações, mas ainda, das suas preferências de trajetória e sequência de execução. Ainda, o método proposto sugere a utilização do *check-in* e *check-out* como forma de controle e obtenção dos dados necessários para acompanhamento e monitoramento do desempenho do trabalho padronizado.

Em relação ao trabalho de Frandson (2019), o método avançou no uso da abordagem enxuta do trabalho padronizado para operacionalizar o processo colaborativo do planejamento. Assim, o método proposto sugere a definição do trabalho padronizado como meio para balancear a quantidade de trabalho dos funcionários de diferentes equipes, obter tempos de ciclo similares entre diferentes processos e, por consequência, sincronizá-los. Alguns relatos da literatura apontam impactos negativos do TTP no fluxo das equipes, uma vez que os *buffers* de capacidade, utilizados nessa abordagem de planejamento, resultam em flutuação de recursos e desmobilização de equipes (LEHTOVAARA et al., 2019; KUJANSUU et al., 2020). Nesse contexto, a aplicação do método no estudo empírico proporcionou maior confiabilidade e menor rotatividade das equipes, uma vez que todos tinham clareza das metas e trajetórias a serem seguidas.

Em relação aos objetivos específicos, o primeiro foi **“propor os componentes que devem compor o trabalho padronizado para os processos produtivos do setor da construção civil.”** Durante a definição do trabalho padronizado para os processos críticos analisados no estudo empírico, identificaram-se boas práticas da empresa, as quais contribuíam para o bom desempenho do trabalho padronizado. Essas boas práticas estavam relacionadas a um conjunto de requisitos, os quais garantiam o início e término das atividades sem interrupções e perda de eficiência, tais como: projetos, logística, espaço, treinamento da mão obra, etc. Esse conjunto de requisitos foi entendido como **kit padrão**, conforme apresentado por Ronen (1992). Foi

constatada a necessidade de identificá-lo para cada processo que se pretende definir o trabalho padronizado, bem como disponibilizá-lo antes do início das atividades. Assim, foram definidas diretrizes para identificação do *kit* padrão, o qual passa a fazer parte dos componentes do trabalho padronizado para o contexto da construção civil.

Além disso, foi verificada a necessidade de incluir aos componentes do trabalho padronizado, no contexto da construção civil, uma **trajetória padrão de execução**, além da **sequência padrão de operações**. A importância de uma trajetória bem definida para execução de cada processo foi relacionada à clareza que cada equipe e profissional passaram a ter em relação à ordem que deveriam executar os apartamentos e a circulação. Isso permitiu maior confiabilidade por parte das equipes de produção e de gestão em relação à liberação desses locais para execução, conforme o planejado. A trajetória bem definida contribuiu para antecipação dos problemas, de forma autônoma, por parte das equipes de produção e reduziu a necessidade de tempo de o funcionário pensar para qual local deveria seguir a execução dos trabalhos.

Em relação ao componente **sequência padrão de operações**, observou-se que, em função dos curtos ciclos de tempo necessários para concluir a execução de um apartamento por um funcionário, flexibilizar a sequência a ser seguida na execução das operações não interferiu no cumprimento da meta. Conclui-se que, para tempos de ciclo maiores, a definição de uma sequência padrão de operações poderia contribuir para o autocontrole dos funcionários em relação ao cumprimento das suas metas.

Por fim, foi constatada a importância de incluir **folgas** como um dos componentes do trabalho padronizado no contexto da construção civil. Em função da individualização do trabalho e dos ritmos diferentes dos profissionais, projetar e explicitar a folga na definição do trabalho padronizado, permitiu que as equipes lidassem com a variabilidade existente dentro do próprio processo. Nesse sentido, o método propõe diretrizes para projetar a folga na definição do trabalho padronizado para os processos construtivos da construção civil.

O segundo objetivo específico consistiu em **“identificar os mecanismos que permitem padronizar os processos e gerenciar a variabilidade de forma flexível no contexto da construção civil”**. Ao longo do desenvolvimento e implementação do método, verificou-se a importância de elaborar um plano detalhado em conjunto com quem executa as atividades, assim como dar maior autonomia aos funcionários, permitindo o refinamento do plano ao longo

da sua execução. Constatou-se que, enquanto o *takt time* é fixo e não pode mudar, as trajetórias e sequências propostas podem ser alteradas, conforme necessidade da obra e das equipes, de forma a cumprir com o *takt time*. Ainda, verificou-se que as trajetórias, metas e *folgas* bem definidos, bem como a alocação dos funcionários formalizada e comunicada e a agilidade na coleta para dados em curtos ciclos de tempo permitiram aumentar o grau de padronização dos processos e configuraram-se como estratégias para lidar com a variabilidade.

Por fim, conclui-se que o método de integração do trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização permitiu aumentar o grau de padronização dos processos o que conferiu maior estabilidade aos ciclos de produção dos processos.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHO FUTUROS

A fim de que o trabalho possa ser continuado e tais contribuições possam ser testadas e melhoradas com o tempo, sugere-se as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- a) Aplicar o método proposto em diferentes contextos e em ambientes com menor repetitividade, a fim de avaliar a sua utilidade e aplicabilidade, e refinar a solução;
- b) Investigar mais a fundo o uso das tecnologias digitais para apoiar a coleta de dados e possibilitar o controle automatizado do *status* da produção dos processos padronizados;
- c) Investigar mais a fundo a definição do escopo do *kit* padrão e o processo de definição de folgas para evitar os impactos negativos da variabilidade;
- d) Considerar no método proposto a qualidade incorporada, isto é, o controle da qualidade como parte do ciclo de execução das atividades padronizadas.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R; ANTUNES JR., J. A. V. Takt-time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1- 18. São Carlos, Brasil - abril de 2001.
- ALVES, T.C. **Diretrizes para gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ANTUNES JR., J. A. V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ARAYA, F. Modeling the spread of COVID-19 on construction workers: An agent-based approach. **Safety science**, v. 133, p. 105022, 2020.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: improving downstream performance. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**, p. 111–125, 1997.
- BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. 2000. 192 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G., TOMMELEIN, I. 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner(R) System of Project Planning and Control. In **2020 Current Process Benchmark for the Last Planner(R) System of Project Planning and Control**. UC Berkeley. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/5t90q8q9>>. Acesso em 14 abr. 2021.
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Aiming for continuous flow**: white paper 03. Lean Construction Institute, 1999. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em 15 mai. 2021.
- BERTELSEN, S. Construction as a Complex System. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., Blacksburg, 2013. **Proceedings**...United States, 2003. p. 143-168.
- BEZERRA, A. C. V., et al. Fatores associados ao comportamento da população durante o isolamento social na pandemia de COVID-19. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2411-2421, 2020.
- BINNINGER, M.; DLOUHY, J.; HAGSHENO, S. Technical Takt Planning and Takt Control. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 25., Heraklion, 2017. **Proceedings**... Greece, 2017. p. 605-612.

BINNINGER, M.; DLOUHY, J.; MÜLLER, M.; SCHATTMANN, M.; HAGSHENO, S. Short Takt time in construction—a practical study. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26., Chennai, 2018. **Proceedings...** India, 2018. p. 1133-1143.

BIOTTO C.; KAGIOGLOU M.; KOSKELA L.; TZORTZOPOULOS P. “Comparing Production Design Activities and Location-Based Planning Tools.” In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 25., Heraklion, 2017. **Proceedings...** Heraklion, 2017. p. 713–720.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BLAKSTAD, H., HOVDEN, J. Reverse invention: an inductive bottom-up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modification in the Norwegian railway system. **Safety Science**. v. 48, p. 382-394, 2010.

BOURGEOIS, J. On the measurement of organizational slack. **Academy of Management Review**, v. 6, n. 1, p.29–39, 1981.

BUCHMANN-SLORUP, R. **Criticality in location-based management of construction**. 2012. 202 p. Ph.D. Thesis - Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, Denmark, 2012.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implantação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2009.

BULHÕES, I.R., PICCHI, F.A., FOLCH, A.T. Actions to implement continuous flow in the assembly of pre-fabricated concrete structure. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 14., Santiago, 2006. **Proceedings...** Chile, 2006. p. 407-419.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. Desenvolvimento e aplicação de ferramentas gráficas para obras de habitação de interesse social. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004, São Paulo; Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 10, 2004. **Anais...** São Paulo, ANTAC, 2004.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Disponível em: <<https://cbic.org.br/covid-19-caixa-anuncia-novas-medidas-de-estimulos-a-economia/>>. Acesso em 16 abr. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

CARVALHO, L. O.; HEINECK, L.F.M.; EDÉSIO, A. Uma crítica à utilização da técnica de observações instantâneas para obtenção de tempos produtivos, auxiliares e improdutivos em obra: Uma metodologia para obtenção das constantes orçamentárias de consumo dos serviços de construção. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004, São

Paulo; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004. **Anais...** São Paulo, ANTAC, 2004.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2. Ed. São Paulo: Atlas. 2007.

CRICHTON, C. **Interdependence and Uncertainty: A study of the building industry.** Tavistock Institute, Tavistock Pubs., London, p. 83, 1966.

DAVE, B.; SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R. Modeling Information Flows Between Last Planner and Location Based Management System. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** Boston, 2016. p. 63–72.

DE BORTOLI, A.G., MOTA, T.R., BRITO, F.L., MOURÃO, A.M.A. Standardized work: Practical examples in a Brazilian construction company. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 25., Heraklion, 2017. **Proceedings...** Greece, 2017. p. 605-612.

DENNIS, P. **Lean Production Simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system.** 3rd Ed., New York: Productivity Press. 2015

DESCHAMPS, R.R.; ESTEVES, R.R.; ROSSETO, R.; TOMAZI, L.F.; SILVA, G.G.M.P. The impact of variability in workflow. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Australia, 2015. p. 826-835.

DLOUHY, J.; BINNINGER, M.; OPRACH, S.; HAGSHENO, S. Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – A New Approach for Designing Production System in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** USA, 2016. p. 13–22.

EMMITT, S.; PASQUIRE, C.; MERTIA, B. Is good enough “making do”? An investigation of inappropriate processing in a small design and build company. **Construction Innovation**, v. 12, n. 3, p. 369-38, 2012.

FALOUGHI, M., LINNIK, M., MURPHY, D., FRANDSON, A.G. Wip design in a construction project using takt time planning. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23, Perth, 2015. **Proceedings...** Australia, 2015. p. 163-172.

FAZINGA, W. R. **Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado.** 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, 2012.

FAZINGA, W. R.; SAFFARO, F. A. Identificação dos Elementos do Trabalho Padronizado na Construção Civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 27-44, jul./set. 2012.

FENG, P.P., BALLARD, G. Standard work from a lean theory perspective. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., Manchester, 2008. **Proceedings...** UK, 2008.

FERNANDES, N.B.L.S., SAGGIN, A.B., VALENTE, C.P., BRITO, F.L.; MOURÃO, C.A.M.A. The Standardized Work Tool Applied to the Waterproofing Process With Acrylic Membrane. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Australia, 2015. p. 133-142.

FIREMAN, M. **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.

FIREMAN, M.; SAURIN, T.; FORMOSO, C. The role of slack in standardized work in construction: An exploratory study. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26., Chennai, 2018. **Proceedings...** Índia, 2018. p. 1313-1322.

FIREMAN, M.; SAURIN, T. Chain of wastes: The moderating role of making-do. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 28., Berkeley, 2020. **Proceedings...** USA, 2020. p. 409-418.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M.; OLIVEIRA, L. F.; OLIVEIRA, K. A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Núcleo orientado para inovação da edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, Carlos Torres (Org.). Planejamento e controle da produção em empresas de construção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, 2001.

FORMOSO, C.T., BOLVIKEN, T., ROOKE, J., KOSKELA, L. A Conceptual Framework for the Prescriptive Causal Analysis of Construction Waste. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Australia, 2015. p 454-462.

FORMOSO, C. T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E. L. The identification and analysis of making-do waste: insights from two Brazilian construction sites. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 183-197, jul./set. 2017.

FORMOSO, C., TOMMELEIN, I. D., SAURIN, T. A., KOSKELA, L., FIREMAN, M., BARTH, K., BATAGLIN, F., VIANA, D., COELHO, R., SINGH, V., ZANI, C., RANSOLIN, N., DISCONZI, C. Slack in Construction - Part 1: Core Concepts. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29. Lima, 2021. **Proceedings...** Peru, 2021. p 187–196.

FRANCELINO, T.R., BARROS, N.J.P., HEINECK, L.F.M., TEIXEIRA, M.C., KEMMER, L.C. (2006). “Melhorias de processos com a aplicação da filosofia lean. In: ENEGEP 2006.” Fortaleza. **Anais**. ABEPRO, 2006.

FRANDSON, A.G. **Takt Time Planning as a work structuring method to improve construction workflow**. Tese (PhD), Engineering – Civil as Environmental Engineering. In the Graduate Division, University of Clalifornia, Berkeley, 2019.

FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. Takt time planning for construction of exterior cladding. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., Fortaleza, 2013. **Proceedings...** Brazil, 2013. p 464-473.

FRANDSON, A.; TOMMELEIN, I. D. **Development of a takt-time plan: a case study**. In: Construction Research Congress. Atlanta, EUA, 2014. p. 1646-1655.

FRANDSON, A. G.; SEPPÄNEN, O.; TOMMELEIN, I. D. Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Perth, 2015. p. 3–12.

GALLARDO, C.A.S. **Princípios e ferramentas do Lean Thinking na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2007.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente um *just- in-time***. Caxias do Sul: EDUCS, 1996. 177p.

GIDADO, K. I. Project complexity: the focal point of construction production planning. **Construction Management and Economics**, v. 14, n.3, p. 213-225, 1996.

GRÖNVALL, M.; AHOSTE, H.; LEHTOVAARA, J.; REINBOLD, A.; SEPPÄNEN, O. Improving non-repetitive takt production with visual management. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29., Lima, 2021. **Proceedings...** Peru, 2021. p. 797–806.

HAGHSHENO, S.; BINNINGER, M; DLOUHY, J.; OPRACH, S. History and theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** USA, 2016. p. 20-22.

HAMERSKI, D. C.; FERNANDES, L. L. d. A.; PORTO, M. S.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; COSTA, D. B. Production planning and control as-imagined and as-done: the gap at the look-ahead level. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29., Lima, 2021. **Proceedings...** Peru, 2021. p. 767-776.

HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Rethinking look ahead planning to optimize construction workflow. **Lean Construction Journal**, v. 1, n. 1, p. 15-34, 2012.

HAMZEH, F.R.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G.; KAMINSKY, P. Logistics Centers to Support Project-Based Production in the Construction Industry. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15., Lansing, 2007. **Proceedings...** Lansing, 2007. p. 181-191.

HEINONEN, A.; SEPPÄNEN, O. Takt time planning in cruise ship cabin refurbishment: Lessons for lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings...** USA, 2016. p. 23-32.

HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A.-P. Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. **Decision Sciences**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 65–87, 2009.

HOLLNAGEL, E. **FRAM: The Functional Resonance Analysis Method – modeling complex socio-technical systems**. 1st ed., Ashgate, Burlington, 160 p., 2012.

HOLLNAGEL, E. “Why is work-as-imagined different from work-as-done?” In: **Resilient Health Care: The resilience of everyday clinical work**. Ashgate, p. 249-264. 2015

HOPP, W. J., SPEARMAN, M. L. **Factory physics**. 3th ed., Waveland Press, Inc., Long Grove, IL, 752 p., 2008.

HORMAN, M. J.; MESSNER, J. I.; RILEY, D. R. PULASKI, M. H. Using buffers to manage production: a case study of the pentagon renovation project. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., Virginia, 2003. **Proceedings...** Virginia, 2003.

HORMAN, M.; THOMAS, H. R. Role of inventory buffers in construction labor performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 7, p. 834- 843, 2005.

HOWELL, G. BALLARD, G. Design of construction operations. **White paper 04**. Lean Construction Institute, 1999. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

HOWELL, G; LAUFER, A.; BALLARD, H. G. Interaction between subcycles: one key to improved methods. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 11, n. 4, p. 714-728, 1993.

HUNTZINGER, J. **As raízes do Lean**. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/artigos/97/as-raizes-do-lean.aspx>>. Tradução de Odier Tadashi. Acesso em: mai. 2021.

IMAI, M. **Kaizen: A estratégia para o sucesso competitivo**. 6^a ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2005.

IRWIN, A. What it will take to vaccinate the world against COVID-19. **Nature**, 592, p. 176-178, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-021-00727-3>>. Acesso em: jun. 2021.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, p. 243–264, 1993.

KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. M.; ALVES, T. C. L. Using the line of balance for production system design. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., Manchester, 2008. **Proceedings...** UK, 2008.

KENLEY, R.; SEPPÄNEN, O. **Location-based Management for Construction. Planning, Scheduling and Control.** Spon Press, London and New York. 584 p., 2010.

KUJANSUU, P.; LEHTOVAARA, J.; SALERTO, S.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, P. How does Takt Production contribute to Trade Flow in Construction? In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 28., Berkeley, California, 2020. **Proceedings...** USA, 2020. p. 445-454.

KOSKELA, L. **Application of the new philosophy to construction.** CIFE Technical Report, v. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. Making-do – The Eight Category of Waste. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., Dinamarca. 2004. **Proceedings...** Dinamarca, 2004. p. 1-10.

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.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean.** Trad. de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LEHTOVAARA, J., SEPPÄNEN, O., PELTOKORPI, A., KUJANSUU, P., GRÖNVALL, M. How takt production contributes to construction production flow: a theoretical model. **Construction management and economics**, v. 39, n. 1, p. 73–95, 2020.

LIKER, J. K. **The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer.** 1 ed. United States of America: McGraw-Hill, 2004. 330 p.

LIKER, J.K.; MEIER, D. **O modelo Toyota – manual de aplicação.** Porto Alegre: Bookman. 2007.

LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na *lean construction*. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13., 2006, Bauru. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2006. p. 1-10.

LUCKO, G.; ALVES, T. DA, C.L.; ANGELIM, V.L. Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling. **Construction management and economic**, v. 32, n. 6, p. 575-594, 2014.

LUKKA, K. The constructive research approach. **Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration**, Series B, v. 1, n. 2003, p. 83-101, 2003.

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

MARIZ, R. N. **Método para aplicação do trabalho padronizado em serviços de construção**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MARTIN, T.D.; BELL, J.F. **New Horizons in Standardized Work**: techniques for manufacturing and business process improvement. New York: Productivity Press. 2011

MONDEN, Y. **Toyota production system**: an integrated approach to just-in-time. 3ed. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press, 1998.

NAHMIA, S.; OSLEN, T. L. **Production and Operations Analysis**. 7th ed., Waveland Press, Inc., Long Grove, IL, 840 pp, 2015.

NARUSAWA, T; SHOOK, J. **Kaizen express**: Fundamentos para sua jornada lean. Trad. de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

NUTT, H., BERGHEDE, K., ODAH, S., BALLARD, G. LPS Process Benchmark 2020: Location Based Planning Report. **Lean Construction Journal**. pp 100-118, 2020.

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

OLIVIERI, H. **Integração de sistemas de planejamento e controle da produção**. Tese de doutorado (Doutor) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, 2016.

OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System : um modelo integrado. **Ambiente Construído**, v. vol.16, p. 265–283, 2016.

OLIVIERI, H.; SEPPÄNEN, O.; GRANJA, A. D. Improving workflow and resource usage in construction schedules through location-based management system (LBMS). **Construction Management and Economics**, p. 109-124, 2018.

OLIVIERI, H., SEPPÄNEN, O., ALVES, T., SCALA, N., SCHIAVONE, V., LIU, M., GRANJA, A. Survey Comparing Critical Path Method, Last Planner System, and Location-Based Techniques. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145 n. 12, p. 04019077, 2019.

PEÑALOZA, G. A., SAURIN, T. A., FORMOSO, C. T. Monitoring complexity and resilience in construction projects: The contribution of safety performance measurement systems. **Applied ergonomics**, v. 82, p. 102978, 2020.

PERKINS, L. N., ABDIMOMUNOVA, L., VALERDI, R., SHIELDS, T., NIGHTINGALE, D. Insights from enterprise assessment: How to analyze LESAT results for enterprise transformation. **Information Knowledge Systems Management**., 9(3-4), 153-174. 2010.

PERROW, C. **Normal Accidents: Living with High-risk Technologies**. Princeton University Press, Princeton, 1984.

PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. **Standard work for the shopfloor**. New York: Productivity Press, 2002.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**. v. 27 p. 183-213, 1997.

RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production**. Taylor & Francis, v. 30, n.10, p.2457-2466, London, 1992.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. 3 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2016.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SACKS, R.; GOLDIN, M. Lean management model for construction of high-rise apartment buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, 133(5), pg. 374-384, 2007.

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, ago. 2010.

SACKS, R. What constitutes good production flow in construction? **Construction Management and Economics**, v. 34, n. 9, p. 641–656, 2016.

SAFAYENI, F.; PURDY, L. A behavioral case study of just-in-time implementation. **Journal of Operations Management**, v. 10, n. 2, p. 213-228, 1991.

SAFFARO, F. A. **O uso da prototipagem para gestão do processo de produção da construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

SAFFARO, F.A.; SILVA, A. C.; HIROTA, E.H. Um diagnóstico da padronização em canteiro de obras: estudo de caso em empresas de Londrina/PR. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008. **Anais...** Fortaleza. Ceará. ANTAC. 2008.

SANTOS, A. **Application of production management flow principles in construction cites**, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford.

SAURIN, T. A.; GONZALEZ, S. S. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refiner. **Applied Ergonomics**, v. 44, n. 5, p. 811–823, 2013.

SAURIN, T. A.; WERLE, N. B. “A framework for the analysis of slack in socio-technical systems”. **Reliability Engineering and Systems Safety**, v. 167, p. 439-451, 2017.

SAURIN, T. A., VIANA, D. D., FORMOSO, C. T., TOMMELEIN, I. D., KOSKELA, L., FIREMAN, M., BARTH, K., BATAGLIN, F., COELHO, R., SINGH, V., ZANI, C., RANSOLIN, N., & DISCONZI, C. G. Slack in Construction - Part 2: Practical Applications. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29. Lima, 2021. **Proceedings...** Peru, 2021. p. 197–206.

SEPPÄNEN, O. **Empirical research on the success of production control in building construction projects**. Tese (PhD), Department of Structural Engineering and Building Technology, Helsinki University of Technology, Finland, 2009.

SEPPÄNEN, O.; EVINGER, J.; MOUFLARD, C. Effects of the location-based management system on production rates and productivity. **Construction Management and Economics**, v. 32, n. 6, p. 608–624, 2014.

SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R. U.; BALLARD, G. Integration of last planner system and location-based management system. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Perth, 2015.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291p.

SHOOK, J. **Gerenciando para o aprendizado: usando o processo de gerenciamento A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008, 138 p.

SCHRAMM, F. K.; RODRIGUES, A. A.; FORMOSO, C. T. The role of production system design in the management. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 14, 2006, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago: Pontificia Universidad Catolica, IGLC, 2006.

SMALLEY, A. The starting point for lean manufacturing: Achieving basic stability. **Management Services**, v. 49, n. 4, p. 8-12, Winter 2005.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review, Boston, v. 77, p. 96-106, Sep/Oct. 1999.

TOMMELEIN, I. D.; EMDANAT, S. Takt Planning: An Enabler for Lean Construction. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 30., Edmonton, 2022. **Proceedings...** Canada, 2022. p. 866-877.

TREVILLE, S; ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 2, p. 99-123, 2005.

ULHÔA, U.G. **Proposição de diretrizes focadas na gestão para melhorias no controle de prazo de construção de empreendimentos: estudo de caso em obras da região de Brasília-DF e Goiânia-GO.** Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

VAN AKEN, J. E. **Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules.** *Journal of Management Studies* 41:2 Março 2004. Blackwell, ed., 2004.

VARGAS, B. F. **Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e BIM** - Dissertação de mestrado do Programa de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto Alegre. 2018.

VILLAMAYOR, J. F. **Integração de Modelos de Processo e Produto na Fase de Construção para o Controle da Produção e da Qualidade com o Apoio de BIM.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

WILLIAMS, T. M. **Modeling complex.** New York: John Wiley & Sons, 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 1 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Campus, 2004.

YIN, R. K. **Case slucly research: design and methods.** 3rd. ed. London. v. 5.

APÊNDICE A

Roteiro 1: Entrevista com o engenheiro responsável pela obra para **identificar processos críticos** dentro dos canteiros de obra durante a pandemia – Estudo Exploratório

1. Há alguma tarefa ou atividade da obra que implique em distanciamento menor que 2m entre os trabalhadores?
2. Em função dos impactos provocados pelas novas medidas de distanciamento social, alguma atividade teve seu ritmo de produção reduzido?
3. Houve alguma mudança no processo de planejamento no sentido de planejar as atividades para que seja mantida a distância de 2m entre os trabalhadores?
4. Quais são as atividades “gargalo” que estão impactando no prazo final da obra?
5. Qual o momento no planejamento da obra que é possível identificar um aumento no pico dos recursos de mão de obra?

APÊNDICE B

Roteiro 2: Entrevistas com os operários das atividades identificadas como críticas pelos responsáveis técnicos para **obter o conhecimento detalhado do conteúdo do trabalho** realizado por cada trabalhador – Estudo Exploratório.

1. Quanto tempo você tem para concluir essa atividade?
2. Você sabe quanto precisa produzir por dia?
3. Quais as principais etapas da atividade que você está executando?
4. Qual o tamanho da equipe?
5. Existe algum fator que atrapalha o andamento da sua atividade (pouco espaço, falta de ajudante, falta de material, falta de equipamento, falta projeto ou um procedimento de trabalho)?
6. O que mudou na produção da sua equipe após as novas medidas de distanciamento social?
 - () Atraso para iniciar as atividades
 - () Atividades levam mais tempo para serem concluídos
 - () Equipe é distribuída em diferentes locais (pavimentos)
 - () Atividade não é concluída com qualidade
 - () Nada mudou
7. As novas regras criaram dificuldades para realizar as atividades? () Sim () Não
8. Houve alguma mudança na execução das atividades para que seja mantida a distância de 2m entre os trabalhadores? () Sim () Não

APÊNDICE C

Protocolo de visitas ao canteiro de obra – Estudo Exploratório

- As visitas deverão ser realizadas mediante agendamento prévio por e-mail ou telefone com o responsável pela obra.
- A visita será realizada somente diante da autorização pela carta de anuência das construtoras.
- Todas as medidas preventivas contra a COVID-19 devem ser rigorosamente adotadas pelos pesquisadores.
- Devem ser observadas e documentadas todas as atividades realizadas pelos operários para a execução de determinado processo produtivo.
- Serão observadas as tarefas relacionadas a ciclos de produção críticos nos canteiros de obras, tanto em relação à produtividade e avanço físico das obras, como também para a prevenção da COVID-19.
- Para cada um destes ciclos de produção críticos, serão feitas as seguintes observações nas visitas:

Itens a serem observados e documentados:

1. Observar a natureza das atividades que fazem parte dos ciclos críticos, ou que estão de alguma forma relacionadas a estes
2. Identificar os elementos de trabalho do ciclo
3. Mensurar tempos para a realização de cada elemento de trabalho
4. Observar a organização e o *layout* de trabalho
5. Observar a distribuição dos funcionários na execução da atividade
6. Observar se é mantida a distância de 2m entre trabalhadores
7. Observar se há divisão da equipe por turnos

APÊNDICE D

Roteiro 3: Entrevista com o gerente do setor de qualidade e inovação para **avaliar o uso de tecnologias digitais no modelo de PCP da empresa e seus requisitos** – Estudo Empírico

1. Quais tecnologias a Empresa B têm consolidadas ou testadas?
2. Existe alguma obra que atualmente está utilizando algumas destas tecnologias? Quais delas estão focadas no apoio do controle da produção?
3. Já se tentou automatizar a passagem de bastão por meio um sistema de *check-in* e *check-out* (aplicativo, sensor, dispositivo móvel)?
4. São utilizadas câmeras 360° em conjunto com plataforma para documentar o progresso da obra, qualidade, terminalidade e restrições?
5. O empreendimento foi modelado em BIM? Qual o uso da informação e o nível de maturidade na empresa?

APÊNDICE E

Protocolo de visitas ao canteiro de obra – Estudo Empírico:

- Devem ser observadas e documentadas todas as atividades realizadas pelos operários para a execução de determinado processo produtivo.
- Serão observadas as tarefas relacionadas a ciclos de produção críticos nos canteiros de obras.
- Para cada um destes ciclos de produção críticos, serão feitas as seguintes observações nas visitas:

Itens a serem observados e documentados:

1. Identificar os lotes de produção;
2. Observar a natureza das atividades que fazem parte dos ciclos críticos, ou que estão de alguma forma relacionadas a estes;
3. Identificar os elementos de trabalho do ciclo;
4. Mensurar/ observar os tempos para a realização de cada elemento de trabalho;
5. Observar a organização e o *layout* de trabalho;
6. Observar a distribuição dos funcionários na execução da atividade;
7. Observar o sequenciamento de execução das etapas da atividade;
8. Observar se há divisão da equipe por turnos.

APÊNDICE F

Roteiro 4: Entrevistas com os operários das atividades identificadas como críticas pelos responsáveis técnicos para **obter o conhecimento detalhado do conteúdo do trabalho** realizado por cada trabalhador – Estudo Empírico

1. Quanto tempo você tem para concluir essa atividade?
2. Você sabe quanto precisa produzir por dia?
3. Quais as principais etapas da atividade que você está executando?
4. Qual é a sequência de execução das etapas da atividade?
5. Qual o tamanho da equipe?
6. Existe algum fator que atrapalha o andamento da sua atividade (pouco espaço, falta de ajudante, falta de material, falta de equipamento, falta projeto ou um procedimento de trabalho)?
7. Quais são os itens necessários que você precisa ter a sua disposição para não precisar parar o seu trabalho (“canha”, ferramentas, projetos, equipamentos...)?
8. Você consegue controlar/monitorar o avanço da atividade ao longo da semana? Como é feito esse controle?
9. Quanto ao abastecimento dos materiais, você consegue incluir essa tarefa dentro do tempo disponível para finalizar a atividade?