

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Arthur Vendramin Polezzello

**PROPOSTA DE MELHORIA EM SERVIÇOS DE
INSTALAÇÃO ELÉTRICA E HIDROSSANITÁRIA EM
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO
COM BASE NA FILOSOFIA DA PRODUÇÃO ENXUTA**

Porto Alegre
dezembro 2019

ARTHUR VENDRAMIN POLEZZELLO

**PROPOSTA DE MELHORIA EM SERVIÇOS DE
INSTALAÇÃO ELÉTRICA E HIDROSSANITÁRIA EM
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO
COM BASE NA FILOSOFIA DA PRODUÇÃO ENXUTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Carlos Torres Formoso
Coorientadora: Karina Bertotto Barth

Porto Alegre
dezembro 2019

ARTHUR VENDRAMIN POLEZZELLO

**PROPOSTA DE MELHORIA EM SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO
ELÉTRICA E HIDROSSANITÁRIA EM SISTEMA CONSTRUTIVO DE
PAREDE DE CONCRETO COM BASE NA FILOSOFIA DA
PRODUÇÃO ENXUTA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 19 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Torres Formoso (UFRGS)
Ph.D pela University of Salford, Grã-Betanha
Orientador

Doutoranda Karina Bertotto Barth (NORIE/ UFRGS)
M.Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Co-orientadora

Prof. Néstor Fabián Ayala (UFRGS)
Dr. pelo Institut Polytechnique de Grenoble, França

Prof. Bernardo Martim Beck da Silva Etges (Univates)
M.Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família, em especial, meus pais, Agenor e Jozeli, e à minha namorada, Taline, pelo apoio a mim prestado durante o curso de graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, pela educação, pelo amor, por mostrar a importância dos valores que trago comigo e pelo incentivo a alcançar meus objetivos ao longo vida.

Agradeço ao restante a minha família, pelo carinho, pelo apoio e pela preocupação com minha felicidade e com o meu sucesso.

Agradeço a minha namorada, pelo amor, companheirismo e, em principalmente, pela paciência e respeito, em especial, no último ano de graduação.

Agradeço ao Prof. Carlos Torres Formoso, orientador deste trabalho, pelos conhecimentos transmitidos e por acreditar no sucesso deste trabalho.

Agradeço a Profa. Karina Bertotto Barth, pelo auxílio na elaboração deste trabalho, pelos inúmeros questionamentos que possibilitaram a evolução do estudo e a melhoria do texto.

Agradeço ao Engenheiro Marlus, por ser meu mentor na construção civil, pelos conhecimentos transmitidos, por proporcionar experiências que agregaram na minha formação, por permitir e apoiar o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e também amigos, pela troca de ensinamentos e pelos momentos vividos no convívio diário.

Agradeço aos meus colegas de graduação e amigos, pelos conselhos e por dividir cada momento comigo, seja ele bom ou ruim.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e seu corpo docente, pela qualidade de ensino.

Agradeço a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste sonho, muito obrigado.

A mente que se abre a uma nova ideia, jamais
voltará ao seu tamanho original.
Albert Einstein

RESUMO

Nos últimos anos, mesmo após a crise no setor, a construção civil detém uma grande importância na economia nacional, devido, principalmente, ao setor imobiliário. Entretanto este setor ainda possui problemas referentes ao não cumprimento de metas com custos e prazos em função de métodos de gestão ultrapassados, resultando, assim, em baixa produtividade, falta de confiabilidade nos prazos e baixa qualidade dos produtos. Dessa forma, muitas empresas, preocupadas em elevar sua competitividade frente a consumidores exigentes, passaram a buscar novos modelos de gestão para sanar os problemas enfrentados na construção tradicional, sendo o mais difundido o modelo de Produção Enxuta. Esta filosofia tem por propósito a redução das perdas promovendo uma maior produtividade e aumentando o valor do produto final. Diante disso, observa-se grande número de problemas durante a execução dos serviços de instalações devido ao alto grau de interferências com demais processos, o que deixa o sistema de produção vulnerável ao não cumprimento de metas. Desse modo, o trabalho tem por objetivo realizar um diagnóstico da situação existente e propor melhorias nos processos de instalações elétricas e hidrossanitárias em uma construtora inserida no mercado de imóveis de baixa renda. Dentre as melhorias destaca-se a eliminação de atividades que não agregam valor assim como a diminuição da variabilidade, tempo de ciclo e *lead time* dos processos por meio da sincronização da produção. Assim, este trabalho contou com quatro etapas: revisão bibliográfica, compreensão da situação existente, desenvolvimento do trabalho e análise dos resultados juntamente com as propostas de melhoria. Para isso, por meio de evidências coletadas e uso de ferramentas de controle de processos, gerou-se um conjunto de resultados em que, por meio de uma análise aprofundada e cruzada das informações, pode-se identificar que os principais problemas de produção referentes aos serviços de instalações estavam ligados ao sequenciamento e variabilidade dos processos assim como à falta de sincronização entre os ritmos de produção, resultando em um alto índice de atividades que não agregam valor ao produto. Portanto, foi proposto um conjunto de quatro ferramentas de planejamento e controle da produção de modo a permitir a redução de perdas e aumento da eficiência das equipes na produção dos serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias.

Palavras-chave: Construção Enxuta. Perdas. Eficiência. Instalações. Planejamento e controle da produção. Atividades que não agregam valor. Variabilidade. Sincronização. Tempo de ciclo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de processo tradicional (ISATTO et al., 2000).....	5
Figura 2 – Modelo de processo da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992).....	6
Figura 3 – Relação entre fluxo de processos e fluxo de operações (ISATTO et al., 2000)	9
Figura 4 – Duração das atividades nas zonas de trabalho (FRANDSON; BERGHEDE; TOMMELEIN, 2013).....	13
Figura 5 – Dimensão Horizontal do Processo de Planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)	16
Figura 6 – Simbologia utilizada para a elaboração de diagrama de processo (ISATTO et al. 2000).....	21
Figura 7 – Exemplo de diagrama simplificado de processo (ISATTO et al., 2000)	21
Figura 8 - Linha de balanço genérica (Isatto et al., 2000).....	23
Figura 9 – Linhas de produção em LB demonstrando pontos de espera e pontos abertura (Lutz, 1990)	23
Figura 10 – Linhas de produção em LB demonstrando pontos interferência e gargalos (MENDES JR.; HEINECK, 1997)	24
Figura 11 – Gráfico de aderência ao lote de entrega (FABRO, 2012)	25
Figura 12 – Gráfico de aderência ao lote de produção (FABRO, 2012).....	25
Figura 13 – Porcentagem de aderência aos lotes de fabricação (FABRO, 2012)	26
Figura 14 – Sistema construtivo de parede de concreto moldado in loco (FORSA S.A., 2019)	29
Figura 15 – <i>Layout</i> do canteiro de obra do empreendimento (Elaborado pelo autor).....	30
Figura 16 - Etapas do trabalho (Elaborado pelo autor)	31
Figura 17 – Funcionograma da equipe de engenharia e produção de serviços de instalações (Elaborado pelo autor).....	40
Figura 18 – Legenda das atividades apresentadas na linha de balanço (Elaborado pelo autor)	50
Figura 19 – Linha de balanço planejada do bloco 10 (Elaborado pelo autor)	52
Figura 20 — Linha de balanço executada do bloco 10 (Elaborado pelo autor).....	52
Figura 21 – Legenda para atividades para instalações elétricas (Elaborado pelo autor).....	57
Figura 22 – Gráfico de sequenciamento para instalações elétricas (Elaborado pelo autor)	57
Figura 23 – Legenda para atividades para instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor)	58
Figura 24 – Gráfico de sequenciamento de atividade para instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor).....	59
Figura 25 – Atividades produtivas, auxiliares e improdutivas (Elaborado pelo autor).....	63

Figura 26 – Gráfico do percentual de atividades segundo o quesito de agregação de valor ao produto final (Elaborado pelo autor) 64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos processos de instalações elétricas (Elaborado pelo autor)	45
Quadro 2 – Descrição dos processos de instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor) .	48
Quadro 3 – Gráficos de aderência ao lote (Elaborado pelo autor)	55
Quadro 4 – Variação do tempo de ciclo (Elaborado pelo autor)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores críticos associados ao nível de confiança da amostra	37
Tabela 2 - Segmentação de etapas dos processos de instalações quanto à denominação das atividades conforme Koskela (1992)	49
Tabela 3 - Indicadores relativos ao gráfico de aderência ao lote.....	56
Tabela 4 - Resumo dos gráficos de sequenciamento de atividades	60
Tabela 5 - Resumo dos gráficos de variação do tempo de ciclo.....	62
Tabela 6 - Principais atividades de fluxo.....	68

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Determinação de tamanho amostral (PEINADO; GRAEML, 2007)	37
Equação 2 – Cálculo do indicador de terminalidade (VARGAS, 2018).....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEF – Caixa Econômica Federal

GBO – Gráfico de Balanceamento de Operador

IGLC – International Group for Lean Construction

IRR – Indicador de Remoção de Restrições

JIT – *Just in Time*

LB – Linha de Balanço

LIB – *Lean Institute Brasil*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDP – Percentual de tarefas concluídas na duração prevista

PIN – Percentual de tarefas iniciadas no prazo

PPC – Porcentagem de Pacotes Concluídos

PVC – Policloreto de Polivinila

QDC – Quadro de Distribuição de Circuitos

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SLP – Sistema *Last Planner*

STP – Sistema Toyota de Produção

TQM – Gerenciamento Total da Qualidade

TTPC – Tabela de Trabalho Padronizado Combinado

WIP – *Work in Progress*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

n – Número de valores amostrais

p – Proporção amostral da característica de interesse

Er – Erro relativo desejado

$Z_{\alpha/2}$ – Valor crítico, escore z que separa uma área de $\alpha/2$ na cauda direita da distribuição normal padrão.

α – Nível de significância, ou seja, probabilidade de erro.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	2
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	3
1.3 DELIMITAÇÃO	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2 PRODUÇÃO ENXUTA	5
2.1 MODELO TRADICIONAL DE CONSTRUÇÃO	5
2.2 MODELO DE PROCESSO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA	6
2.3 CONCEITOS E PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	7
2.3.1 Fluxo de processo e fluxo de operação.....	8
2.3.2 Redução da parcela de atividades que não agregam valor.....	9
2.3.3 Redução da variabilidade	10
2.3.4 Redução do tempo de ciclo e <i>lead time</i>.....	11
2.3.5 Sincronização dos processos	12
3 SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	14
3.1 CONCEITO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	14
3.1.1 Dimensão horizontal.....	15
3.1.2 Dimensão vertical	17
3.2 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DE PROCESSOS	20
3.2.1 Diagrama de processo	20
3.2.2 Linha de balanço.....	22
3.2.3 Gráfico de aderência ao lote	24
3.2.4 Gráfico de sequenciamento de atividades	26
4 MÉTODO DE TRABALHO	28
4.1 ESTRATÉGIA	28
4.2 ESCOLHA DA EMPRESA, DO EMPREENDIMENTO E DOS PROCESSOS.....	28
4.3 DELINEAMENTO.....	31
4.3.1 Pesquisa Bibliográfica	31
4.3.2 Compreensão.....	32
4.3.3 Desenvolvimento	32
4.3.3.1 Elaboração de plano e fichas de coleta.....	33
4.3.3.2 Coleta e geração de banco de dados	33
4.3.3.3 Definição das ferramentas de análise de processos	34

4.3.4	Análise dos resultados	34
4.4	FONTES DE EVIDÊNCIA	35
4.4.1	Observação direta e participante	35
4.4.2	Medição do tempo dos processos.....	35
4.4.3	Amostragem de trabalho.....	36
4.4.4	Análise de documentos	38
4.4.5	Registro de imagens.....	38
5	RESULTADOS.....	39
5.1	COMPREENSÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE.....	39
5.1.1	Sistema de produção existente.....	39
5.1.2	Processos de instalações elétricas e hidrossanitárias.....	43
5.1.2.1	Processo de instalações elétricas	44
5.1.2.2	Processo de instalações hidrossanitárias	46
5.1.2.3	Segmentação dos processos de instalações quanto à denominação das atividades.....	49
5.2	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	50
5.2.1	Linha de balanço.....	50
5.2.2	Gráfico de aderência ao lote	53
5.2.3	Gráfico de sequenciamento.....	56
5.2.4	Gráfico de variação do tempo de ciclo.....	60
5.2.5	Identificação de atividades que não agregam valor	63
5.3	ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	64
5.3.1	Definições e planejamento de longo prazo	64
5.3.2	Planejamento e controle de médio prazo.....	65
5.3.3	Planejamento e controle de curto prazo	65
5.3.4	Operações e equipes de trabalhadores	66
5.3.5	Conclusão das análises	67
5.4	PROPOSTAS DE MELHORIA	69
5.4.1	Uso de linha de balanço para elaboração de planos de longo prazo.....	69
5.4.2	Implementação do Sistema Last Planner	70
5.4.2.1	<i>Lookahead Planning</i> como planejamento e controle da produção de médio prazo	70
5.4.2.2	Utilização de planejamento de curto prazo	71
5.4.3	Uso da ferramenta gráfico de balanceamento de operador.....	72
5.4.4	Uso da ferramenta tabela de trabalho padronizado.....	72
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A	83
	APÊNDICE B.....	87

APÊNDICE C	95
APÊNDICE D	99

1 INTRODUÇÃO

Os problemas enfrentados nos canteiros de obras são marcados pelas frequentes falhas em concluir empreendimentos, deixando de cumprir as metas relativas a custos e prazos, demonstrando que ainda o processo de construção não é ordenado e previsível (SCHRAMM, 2004). Isso decorre das condições de trabalho inadequadas e métodos de gestão ultrapassados, gerando muitas vezes baixa produtividade, falta de previsibilidade de prazos e produtos com muitas deficiências de qualidade (FORMOSO et al., 2010). Segundo Assumpção (1996 apud SCHRAMM, 2004) o maior desafio enfrentado é a capacidade de modernização do setor buscando atingir produtos de qualidade e custos compatíveis, tornando-se assim fundamental a busca por soluções pelas empresas deste mercado a fim de melhorar seu desempenho. Assim, diversos diagnósticos realizados não só no Brasil como em outros países indicam que as causas dos problemas da baixa eficiência produtiva e da falta de qualidade na construção civil têm origem gerencial (ISATTO et al., 2000). Diante disso, Formoso et al. (1999) apontam que muitas empresas procuraram novos modelos de gestão com o propósito de elevar a sua competitividade no mercado da construção, este cada vez mais disputado em meio a consumidores com elevado grau de exigência. Desde os anos 80 vem sendo construído um novo referencial teórico para a gestão da construção civil denominado *Lean Production* (Produção Enxuta), a partir do Sistema Toyota de Produção, surgido no Japão a partir dos anos 50 (ISATTO et al., 2000).

No que tange a construção civil, este novo referencial teórico recebeu o nome de *Lean Construction* – Construção Enxuta – sendo seu início marcado pelo trabalho de Koskela (1992) e pelo surgimento do IGLC – International Group for Lean Construction - (ISATTO et al., 2000). Em seu trabalho, Koskela (1992) propôs onze princípios para a implementação da construção enxuta, visando à redução das perdas e o aumento do valor do produto. Logo, o mesmo autor separa as atividades correntes no canteiro de obra em dois grupos: atividades de conversão ou transformação (agregam valor ao produto final) e atividades de fluxo, ou seja, estoque, inspeção e transporte (não agregam valor ao produto final). Entretanto, isso só foi possível devido à abstração das ideias básicas da Produção Enxuta e transferência destas para a realidade da construção civil pelo autor. Assim, o modelo tradicional de gestão de empreendimentos é fortemente criticado tendo como base os conceitos da produção enxuta, pois se considera inadequada a forma como as atividades e processos são subdivididos e têm

suas partes constituintes analisadas e melhoradas isoladamente, a partir de uma visão reducionista que ignora as inter-relações entre as partes constituintes de um processo ou organização (SCHRAMM, 2004).

Assim, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de melhorar o desempenho dos empreendimentos de construção, em relação à eficiência e qualidade, por meio da ampliação de conceitos e princípios da Construção Enxuta.

Entretanto, apesar das características peculiares de cada projeto bem como o nível de exigência dos clientes e a disputa por mercado, Koskela (1992) salienta que através da aplicação de soluções estruturais com foco na identificação e eliminação de atividades que não agregam valor, os problemas podem ser evitados ou minimizados, resultando em melhorias nos processos de produção. Para isso, Formoso et al. (2002) afirmam que se pode apontar oportunidades de melhoria e identificar ineficiências nas atividades da indústria da construção civil através da mensuração das perdas, estas definidas por Ohno (1997) como todos elementos da produção que aumentam o custo sem agregação de valor.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho tem como foco os serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias. Segundo Gonçalves (1994), os serviços de instalações prediais possuem alto grau de interferência com os demais sistemas, abrangendo desde a etapa de estrutura até a etapa de acabamento final do edifício, exigindo a prestação de serviços de operários especializados na obra. Assim, por estarem relacionados a vários subsistemas de uma edificação, atrasos na sua execução implicam custos adicionais consideráveis, justificando assim a necessidade de um maior controle na sua execução e, para isto, a utilização de indicadores de produtividade da mão-de-obra mais realistas servem a este propósito (PALIARI, 2008).

Além disso, é comum nas obras a necessidade de atendimento a várias demandas de serviços por uma mesma equipe em um mesmo período de tempo. Em razão disso, percebe-se, geralmente, a dispersão das equipes de instaladores por vários andares ou blocos a fim de suprir a demanda de atividades, o que reforça a fundamental sincronização de todos os processos correntes no momento, permitindo assim o atendimento à sequência de trabalhos planejada. Em vista disto, a baixa eficiência dos processos no canteiro de obras são

decorrência, principalmente, das constantes interrupções no fluxo de trabalho gerando a instabilidade na produção (BULHÕES; PICCHI; FOLCH, 2006). Nos serviços de instalações, isso se deve ao fato de ser muito comum a falta de planejamento da execução destes sistemas, seja pela ausência de indicadores de produtividade da mão-de-obra mais confiáveis, seja pelo desinteresse do construtor em controlar de forma mais eficaz sua execução (PALIARI, 2008).

Diante disso, busca-se realizar análises que permitam identificar as causas dos problemas enfrentados e melhorar os índices de eficiência. Contudo, segundo Paliari (2008), há uma carência de dados sobre a produtividade da mão-de-obra nos serviços de instalações prediais que permitam aos seus gestores realizar um planejamento e programação de forma mais eficaz, dimensionar suas equipes de trabalho e definir tarefas com maior precisão. Sendo assim, este trabalho visa a preencher esta lacuna propondo melhorias no sistema produtivo a fim de elevar a eficiência dos processos de instalações por meio, principalmente, da eliminação de atividades que não agregam valor e promover a sincronização dos ritmos de produção por meio do estabelecimento e cumprimento de sequências de execução, lotes de produção e prazos estabelecidos.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é realizar um diagnóstico da situação existente e propor melhorias nos processos de instalações elétricas e hidrossanitárias em uma empresa construtora que executa empreendimentos habitacionais para o mercado de baixa renda. Dentre as melhorias pretendidas destacam-se a eliminação de atividades que não agregam valor, a redução da variabilidade dos processos e a diminuição do tempo de ciclo e *lead time* das atividades através da sincronização da produção. A importância da aplicação destes princípios será discutida posteriormente.

1.3 DELIMITAÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho tem como delimitação o fato de que o autor possuía vínculo empregatício com a empresa, atuando em um empreendimento específico na gestão da produção. Isto facilitou a obtenção de informações de maneira informal, e fez também com que o autor fosse reconhecido como um participante da equipe de engenharia na obra, e não como uma pessoa externa à mesma.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo refere-se à introdução, onde é abordado e contextualizado o tema assim como é apresentada a justificativa do trabalho, o seu objetivo e delimitações do estudo.

O segundo e terceiro capítulos tratam dos resultados da revisão bibliográfica, sendo que o primeiro deles expõe os conceitos básicos da Produção Enxuta e o seguinte refere-se ao Sistema de Planejamento e Controle da Produção.

O quarto capítulo, descreve o método de trabalho, incluindo o delineamento do mesmo. Já o capítulo seguinte trata da apresentação da situação existente, do desenvolvimento do trabalho, da análise dos resultados obtidos assim como das propostas de melhoria para os processos produtivos. Finalmente no último capítulo, são apresentadas as considerações finais acerca do trabalho realizado.

2 PRODUÇÃO ENXUTA

Este capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos pertencentes a Produção Enxuta de modo a descrever o modelo conceitual tradicional utilizado na gestão de construção, assim como o modelo adotado na Construção Enxuta. São também descritos os três princípios de Koskela (1992) de maior relevância para o trabalho: reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, reduzir variabilidade e reduzir o tempo de ciclo e *lead time* dos processos.

2.1 MODELO TRADICIONAL DE CONSTRUÇÃO

A filosofia tradicional de construção, fortemente baseada na Produção em Massa, segundo Isatto et al. (2000), caracteriza-se por considerar os processos como um conjunto de atividades de conversão, ou seja, somente considera-se as atividades que agregam valor ao produto final sendo estas responsáveis por transformar a matéria prima em produto intermediário e final, conforme Figura 1.

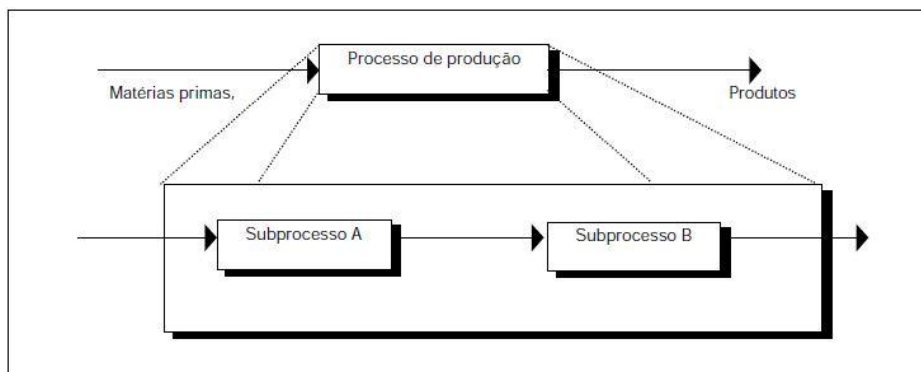


Figura 1 – Modelo de processo tradicional (ISATTO et al., 2000)

Conforme Bernardes (2001), o processo de conversão pode ser dividido em subprocessos também de conversão, sendo os custos diretamente relacionados aos mesmos. Por conseguinte, como impacto direto, este modelo conceitual não explicita uma grande parcela de atividades correntes durante a execução dos processos que impactam negativamente o resultado final tanto em termos financeiros quanto temporais. Estas atividades referem-se a transporte, espera e inspeção, as quais não agregam valor ao produto final (KOSKELA, 1992). Diante disso, o mesmo autor justifica o impacto limitado do controle da produção e o atendimento às exigências do cliente devido, respectivamente, à concentração dos esforços não estar voltada para os processos globais e, à qualidade dos insumos utilizados na produção.

Outro aspecto abordado por Koskela (1992) trata da variabilidade durante a execução dos processos e que é muitas vezes negligenciada no modelo de gestão tradicional, resultando em produtos acabados de qualidade inferior às expectativas do consumidor, ou que necessitam de retrabalhos, gerando custos e prazos adicionais.

2.2 MODELO DE PROCESSO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O termo Produção Enxuta, citado primeiramente por WOMACK et al. (1992), tem sido utilizado para descrever um novo paradigma, cujo o foco é a eliminação de perdas. Antunes Júnior (1998) define perdas como qualquer elemento ou atividade que gera custo e não adiciona valor ao produto ou serviço.

Neste novo modelo, passa-se a considerar de forma explícita as atividades que não agregam valor, chamadas por Koskela (1992) de atividades de fluxo (Figura 2). Além disso, o mesmo autor evidencia que o gerenciamento destas resulta em um aumento nos índices de desempenho da produção e, portanto, deve-se eliminá-las na medida do possível, pois segundo Isatto et al. (2000) estas chegam a representar dois terços do tempo gasto por operários em obras. Estes mesmos autores afirmam que as atividades de fluxo estão implícitas na definição de orçamentos convencionais e planos de obra, mas o fato de não serem explicitadas dificulta a percepção das mesmas e prejudica a gestão da produção. Tais perdas têm várias origens, como a falta de sincronização e o nivelamento do fluxo de produção bem como na falta de padronização nas operações.

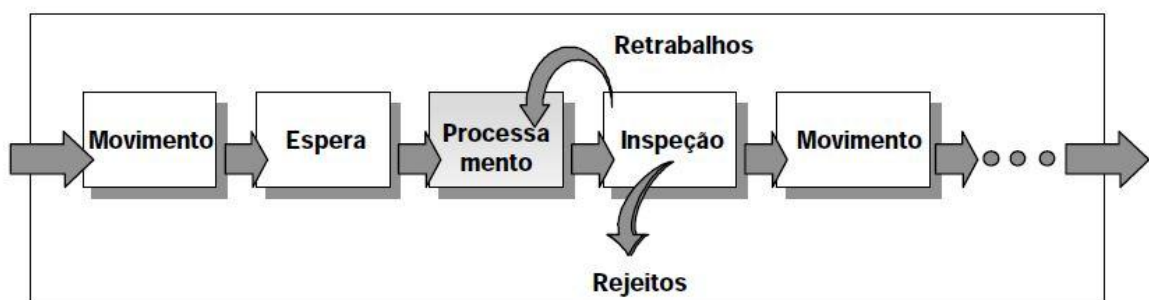


Figura 2 – Modelo de processo da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992)

Todavia, nem toda atividade de conversão agrega valor, pois quando um produto fora dos padrões de qualidade é rejeitado após a inspeção, gera-se um retrabalho o qual é definido

como uma atividade de transformação que não agregou valor ao produto final (ISATTO et al., 2000). Diante do exposto, o mesmo autor complementa afirmando que a geração de valor é ligada diretamente à satisfação do cliente não sendo inerente à execução dos processos.

Por fim, Koskela (1992) propôs um conjunto de princípios. Visando a gestão de processos, devendo estes serem aplicados de maneira integrada (Isatto et al.,2000). São eles:

- a) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- b) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente;
- c) Reduzir a variabilidade;
- d) Reduzir o tempo de ciclo;
- e) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
- f) Aumentar a flexibilidade de saída;
- g) Aumentar a transparência do processo;
- h) Focar no controle no processo global;
- i) Introduzir a melhoria contínua no processo;
- j) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
- k) Fazer benchmarking;

Assim, apesar da importância da aplicação do conjunto dos princípios, apenas três destes foram escolhidos para serem tratados neste trabalho devido à sua maior relevância nos problemas enfrentados no sistema de produção da obra em estudo: reduzir a parcela de atividade que não agregam valor, reduzir variabilidade e reduzir o tempo de ciclo.

2.3 CONCEITOS E PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Neste subcapítulo serão abordados conceitos e princípios da Construção Enxuta. Inicia-se pela apresentação da definição tanto de fluxo de processos como fluxo de operações. Em seguida, são abordados os três princípios de Koskela (1992) de maior relevância para o trabalho e, por fim, a sincronização dos ritmos de processos recebe a atenção merecida devido a sua fundamental importância para o fluxo contínuo dos trabalhos na produção.

2.3.1 Fluxo de processo e fluxo de operação

Para Shingo (1996), ao se estudar a produção, os processos são considerados grandes unidades de análise enquanto as operações, em contrapartida, são pequenas. Sendo assim, Shingo (1996) propõe que, primeiramente, devem ser introduzidas melhorias nos processos para depois, com o sistema mais estável, serem estudadas melhorias nas operações. O mesmo autor, no entanto, afirma que há uma distinção clara entre fluxo de processo e fluxo de operação:

- a) Fluxo de processos: refere-se ao fluxo do produto de um trabalhador a outro, isto é, estágios os quais a matéria-prima percorre até a transformação em produto intermediário ou final. De forma resumida, pode-se definir como o fluxo de materiais no espaço e no tempo (SOARES, 2003). Além disso, Koskela (1992) complementa conceituando processo como fluxos não só de materiais, mas também de informações desde a matéria prima até o produto final, sendo este último de caráter gerencial, envolvendo as atividades de planejamento, controle, suprimentos, entre outras (ISATTO et al., 2000).
- b) Fluxo de operações: refere-se ao estágio distinto, em que o trabalhador pode atuar em diferentes produtos, isto é, está relacionado com o fluxo humano temporal e espacial, fortemente centrado no trabalhador (SOARES, 2003). Segundo Isatto et al. (2000), este trata das operações realizadas por equipes e máquinas. Além disso, os mesmos autores salientam que algumas operações podem estar fora do fluxo de processos como, por exemplo, manutenção de equipamentos e limpeza, bem como atividades de processo podem não fazer parte do fluxo de operações, como é o caso da estocagem de materiais.

A fim de ilustrar a diferenciação destes fluxos, Isatto et al. (2000) apresentam um exemplo de produção como rede de processos e operações através da Figura 3.

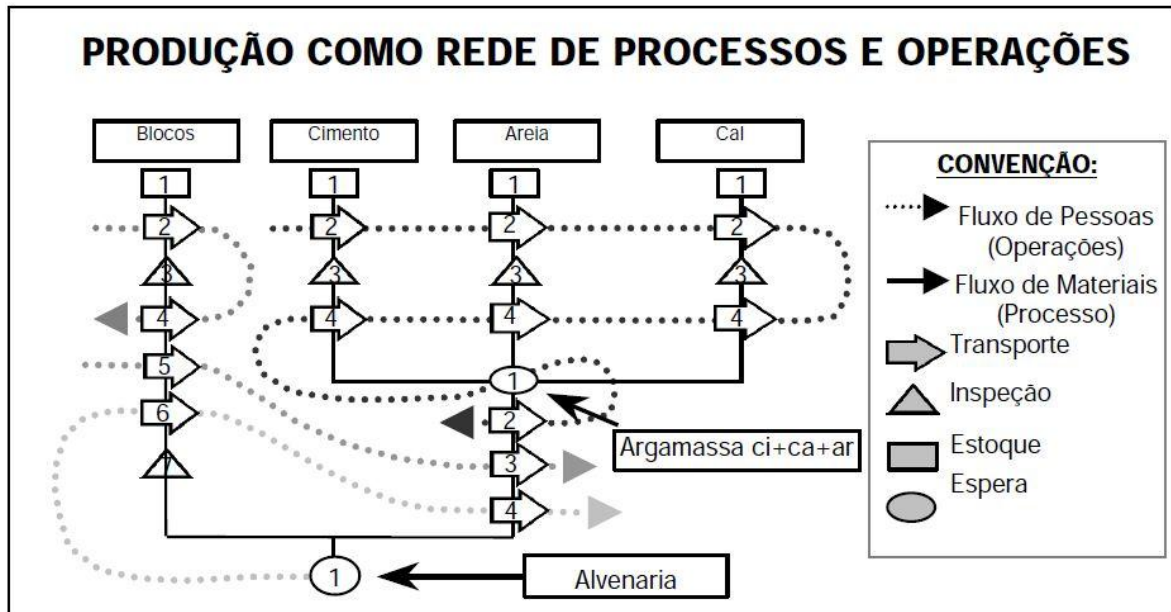


Figura 3 – Relação entre fluxo de processos e fluxo de operações (ISATTO et al., 2000)

Desta forma, Shingo (1996) descreve o processo como a transformação da matéria-prima em produto acabado através de uma série de operações. Assim o mesmo autor afirma também que os processos ocorrem em um eixo Y, representando o fluxo de materiais, e as operações ocorrem em um eixo X, representando o fluxo de trabalhadores. Forma-se, a partir disso, o que o autor define como “*produção como rede de processo e operações*”.

2.3.2 Redução da parcela de atividades que não agregam valor

Trata-se do princípio mais geral da Construção Enxuta, tendo o mesmo um grande impacto na eficiência da produção através da eliminação das perdas, principalmente nas chamadas de atividades de fluxo (KOSKELA, 1992). Entretanto, a eliminação de atividades que não agregam valor não pode ser aplicada de forma generalizada, pois há certas atividades que não agregam valor ao produto final, mas são necessárias para o bom andamento do fluxo da produção, gerando, assim, valor a clientes internos (Koskela, 1992), sendo denominadas de atividades auxiliares, tais como: inspeção, treinamentos, instalação de equipamentos de segurança, entre outros.

A identificação de atividades que não agregam valor pode ser feita pela análise dos fluxos dos processos e identificação de pontos a serem melhorados, tanto no que se refere ao controle quanto à eliminação de perdas. Além disso, pode-se, através do planejamento e controle da

produção, sincronizar o ritmo dos processos, reduzir a variabilidade dos mesmos bem como melhorar o arranjo físico do canteiro de obra com a distribuição dos serviços. Objetivando, dessa forma, a redução de transporte de materiais e movimentações desnecessárias tal qual os tempos de espera (BERNARDES, 2001).

2.3.3 Redução da variabilidade

Bernardes (2001) aponta a presença de vários motivos para a redução da variabilidade, seja pelo atendimento das expectativas do cliente em que produtos padronizados são aceitos mais facilmente, seja em virtude da redução do tempo de ciclo ou até na eliminação de atividades que não agregam valor. As duas últimas razões são resultado das interrupções no fluxo de trabalho devido à falta de sincronia entre as equipes de produção e à necessidade de retrabalho quando o produto é reprovado durante a inspeção (ISATTO et al, 2000).

De acordo com Koskela (2000), o sucesso da criação de fluxo contínuo em um canteiro de obra deve superar as dificuldades originadas pela falta de padronização das atividades, a diversidade do produto e a clara fragmentação da organização de trabalho. Assim, Koskela (1992) afirma que a redução da variabilidade pode ser alcançada por meio da padronização dos processos.

Santos (1999) separa a variabilidade entre fluxo e tempo de processamento. Em relação ao fluxo, este é afetado pelas interferências entre atividades que resultam em perdas por espera. No que tange o tempo de processamento, o mesmo autor define como causa os problemas tanto a falta de confiabilidade na disposição dos recursos quanto a falta de padronização, além de adversidades de aspectos naturais.

Assim, o planejamento e controle da produção tem um forte impacto na redução da variabilidade. O Sistema Last Planner, desenvolvido por BALLARD e Howell (1997a), introduz o conceito de *shielding production* (proteção da produção), que visa criar uma janela de confiabilidade no horizonte semanal, por meio da remoção sistemática de restrições e da gestão de compromissos por meio de um processo de planejamento participativo. Este mecanismo também produz uma retroalimentação rápida por meio da análise das causas da não conclusão dos pacotes de trabalho. Em essência, o sistema Last Planner permite a redução

da variabilidade pela criação de um mecanismo de proteção da produção e também pela introdução de um processo de melhoria contínua.

2.3.4 Redução do tempo de ciclo e *lead time*

Koskela (1992) define tempo de ciclo como o somatório dos períodos de tempo gastos com processamento, movimentação, espera e inspeção de um processo. Bulhões (2009) considera este tempo entre o período da produção de dois produtos consecutivos em um mesmo processo. Assim, a redução do mesmo está relacionada fortemente com a compressão do tempo disponível por meio da redução de atividades de fluxo.

Como formas de diminuir o tempo de ciclo, Santos (1999) afirma que pode-se agir eliminando atividades que não agregam valor através da sincronização dos fluxos de materiais e mão de obra além da padronização dos processos. Além disso, reduzir o tamanho dos lotes concentrando as forças de produção bem como o tamanho dos pacotes trabalho e eliminar a interdependência entre as atividades pode ter um impacto positivo na produção.

Segundo Isatto et al. (2000), a redução do tempo de ciclo, principalmente por meio da diminuição do lote de produção, traz diversos benefícios na gestão da produção: (a) redução do prazo de entrega ao cliente tanto externo quanto interno por aumentar a velocidade de entrega do lote; (b) redução do estoque de produtos inacabados facilitando a gestão dos processos; e (c) efeito aprendizagem por haver menos sobreposição na execução de unidades. Além disso, pode-se alcançar a rápida identificação de erros acompanhados de correções e possibilidades de inovações visando a melhoria contínua e a precisão da estimativa da demanda dos produtos por levar em conta menores horizontes de tempo e, por fim, a flexibilidade no atendimento da demanda sem elevar substancialmente os custos.

Além do tempo de ciclo, outra medida de tempo relativa aos processos é o *lead time* que tem por definição o período de tempo para transformar matéria prima em produto acabado, isto é, o tempo entre o início de qualquer processo de produção e sua conclusão (LUHTALA et al., 1994), considerando-se tanto atividades que agregam valor quanto atividades de fluxo. O *lead time* é facilmente confundido com o tempo de ciclo por haver certa similaridade no que se refere a processos, principalmente, padronizados e de curta duração de tempo. Entretanto, enquanto *lead time* é o tempo entre início e fim do processo, tempo de ciclo é o tempo entre duas saídas de produtos acabados.

Koskela (1992) afirma que a redução do *lead time* também cria benefícios pela diminuição de atividades de fluxo e trabalho em processo assim como facilita a identificação de problemas ocorridos durante a execução.

2.3.5 Sincronização dos processos

Segundo Frandson, Berghede e Tommelein (2013), a principal métrica empregada como parâmetro para sincronização de operações nas unidades de produção é o tempo *takt*, que é o valor a ser calculado e fixado a fim de promover o fluxo contínuo de trabalho. *Takt* é uma palavra alemã que expressa o ritmo de produção necessário para a demanda ser atendida (BONI; PALIARI; SERRA, 2014). Segundo Alvarez e Antunes Jr. (2001), matematicamente, o tempo *takt* resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas. Da mesma forma, aplicando na manufatura ou na indústria da construção, o mesmo pode ser calculado pela razão entre o tempo disponível para produção e o tempo real demandado pelo cliente, seja este externo ou interno, como, por exemplo, uma tarefa à jusante (BONI; PALIARI; SERRA, 2014). Além disso, por meio do tempo *takt* são obtidas as linhas de ritmos de produção que estabelecem um índice a ser alcançado para verificar se a taxa de demanda do cliente será atendida e não ultrapassada, sincronizando as operações nas suas zonas de trabalho (BONI; PALIARI; SERRA, 2014).

Diante disso, Frandson, Berghede e Tommelein (2013) apresentam na Figura 4 o tempo nas ordenadas do gráfico e as zonas de trabalho bem como seus processos nas abscissas. Em cada zona de trabalho são estabelecidas as operações realizadas por cada equipe e o tempo destinado a cada uma. Definindo um tempo *takt* e o ritmo de produção marcando com uma linha em vermelho na figura, todas as operações que estiverem abaixo desta linha estão adiantadas e todas as operações que estiverem acima, atrasadas (BONI; PALIARI; SERRA, 2014).

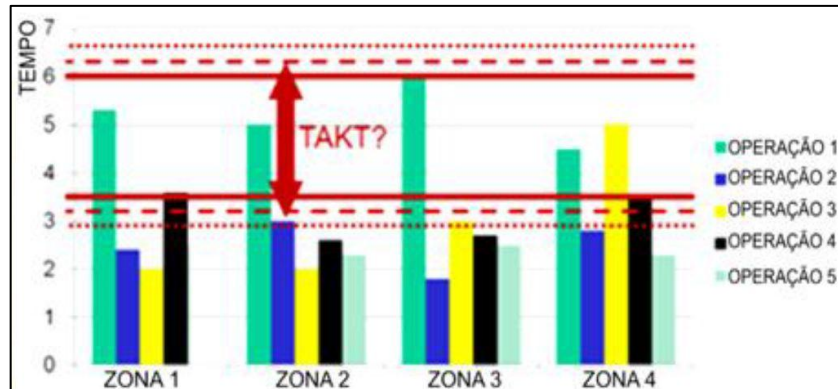


Figura 4 – Duração das atividades nas zonas de trabalho (FRANDSON; BERGHEDE; TOMMELEIN, 2013)

Segundo Ohno (1997), a sincronização da produção é fundamental para o funcionamento do STP (Sistema Toyota de Produção), pois falta de sincronização resulta em perdas por espera em virtude do tempo durante o qual não é realizado processo algum (SHINGO, 1996). Da mesma forma, Bulhões (2009) observa que as inúmeras interrupções no fluxo de trabalho são originadas pela variabilidade dos processos e pela falta de sincronização entre os mesmos, resultando em desperdícios marcados por grandes estoques de trabalho em processo e relevante parcela de tempo improdutivo. Portanto, a sincronização das atividades na construção civil é um requisito básico para funcionamento tanto do fluxo contínuo através da redução de estoques em processo (SANTOS, 1999) quanto fluxo ininterrupto das equipes com a eliminação de esperas e variabilidade das atividades (BERNARDES, 2001).

Para que haja sincronização, pode-se agir no planejamento identificando os ritmos de cada atividade, os estoques, as restrições e as interferências entre processos assim como no controle do ritmo de cada atividade. Dessa maneira a padronização do sequenciamento das atividades bem como das equipes, das máquinas e dos materiais constituindo, desse modo, células produtivas, contribuem para o fluxo contínuo dos processos (Rother e Harris, 2002). Além disso, Boni, Paliari e Serra (2014) afirmam que, para haver a sincronia das tarefas e garantir o fluxo contínuo entre as operações, pode-se redimensionar equipes e verificar a causa da não conclusão das mesmas. Como benefícios diretos, tem-se a diminuição da variabilidade na produção bem como a diminuição do tempo de ciclo e *lead time* dos processos e, principalmente, na eliminação de atividades que não agregam valor, conforme apresentado por Santos (1999).

3 SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a definição do processo de planejamento e controle da produção, incluindo as suas dimensões vertical e horizontal. Além do mais, é apontada a importância da interação entre os diferentes níveis hierárquicos para a obtenção do fluxo ininterrupto do trabalho. Este capítulo finaliza apresentando as ferramentas de análise de processo assim como planejamento e controle da produção utilizadas ao longo do trabalho.

3.1 CONCEITO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

Segundo Ballard e Howell (1996), o processo de planejamento caracteriza-se pela definição dos objetivos que sustentam o gerenciamento do processo produtivo, enquanto o controle assegura o cumprimento destes objetivos além de avaliar a conformidade em relação ao planejado, gerando informações relevantes utilizadas para preparação de planos futuros. SYAL et al. (1992) descreve planejamento como a definição de um conjunto de decisões tomadas com a finalidade de gerar ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final fixando padrões de desempenho analisados pelo controle da produção. LAUFER e TUCKER (1987) apresentam definições semelhantes às já citadas, considerando o planejamento como o processo de tomada de decisões realizado para antecipar uma desejada ação futura, utilizando para isso meios eficazes. Esse processo é composto pelos elementos citados por Laufer et al. (1994):

- a) Processo de tomada de decisão a fim de definir as ações a serem executadas em determinados períodos;
- b) Processo de integração de decisões interdependentes, compondo, assim, um sistema decisório visando cumprir os objetivos do projeto;
- c) Processo hierárquico evolutivo, formulado a partir de diretrizes gerais, considerando meios e restrições que levam a um planejamento de ações detalhado;
- d) Análise de uma cadeia de atividades buscando e compreendendo informações para desenvolvimento de soluções eficazes;
- e) Análise crítica e sistemática da utilização de recursos;
- f) Apresentação documentada de informações no formato de planos;

Assim, o processo de planejamento e controle da produção determina as diretrizes para gestão da produção, indicando os métodos e cronograma de execução das atividades bem como o acompanhamento e a verificação do andamento físico do empreendimento (MORAES 2007).

Para Guinato (1996), no STP há uma preocupação maior com ligação consistente e efetiva do planejamento e controle da produção devido à identificação de falhas durante a execução e a correção destas imediatamente, além do fato do controle dos processos possibilitar a coleta de informações em tempo real de modo a retroalimentar o planejamento de acordo com o nível impactado. Sendo assim, segundo o mesmo autor, estes são fundamentais para a redução de problemas operacionais, independentemente de quão consistente tenha sido o planejamento, dessa forma a função controle inclui ações corretivas, em tempo real, nos postos de trabalho.

Formoso (1991) propôs um conceito que integra o planejamento e controle da produção: “processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle”.

A fim de garantir a melhor compreensão e organização dos processos de planejamento e controle da produção, Laufer e Tucker (1987) separam em duas dimensões: horizontal e vertical. A primeira refere-se às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado, enquanto a segunda a como estas etapas são vinculadas entre os diferentes níveis de gerência de uma organização (BERNARDES, 2001).

3.1.1 Dimensão horizontal

Laufer e Tucker (1987) propõem um modelo para processo de planejamento composto por cinco etapas: preparação do processo de planejamento; coleta de informações; preparação de planos; difusão das informações; avaliação do processo de planejamento.

Bernardes (2001) separa estas etapas em dois grupos: intermitentes e contínuas. A primeira e a última fase do ciclo são intermitentes, por ocorrerem em períodos específicos na empresa construtora, seja por início de novos empreendimentos, ou término da obra ou de alguma etapa específica da obra. As demais são contínuas por se constituírem em ciclos de controle realizados ao longo de toda a etapa de produção, conforme Figura 5.

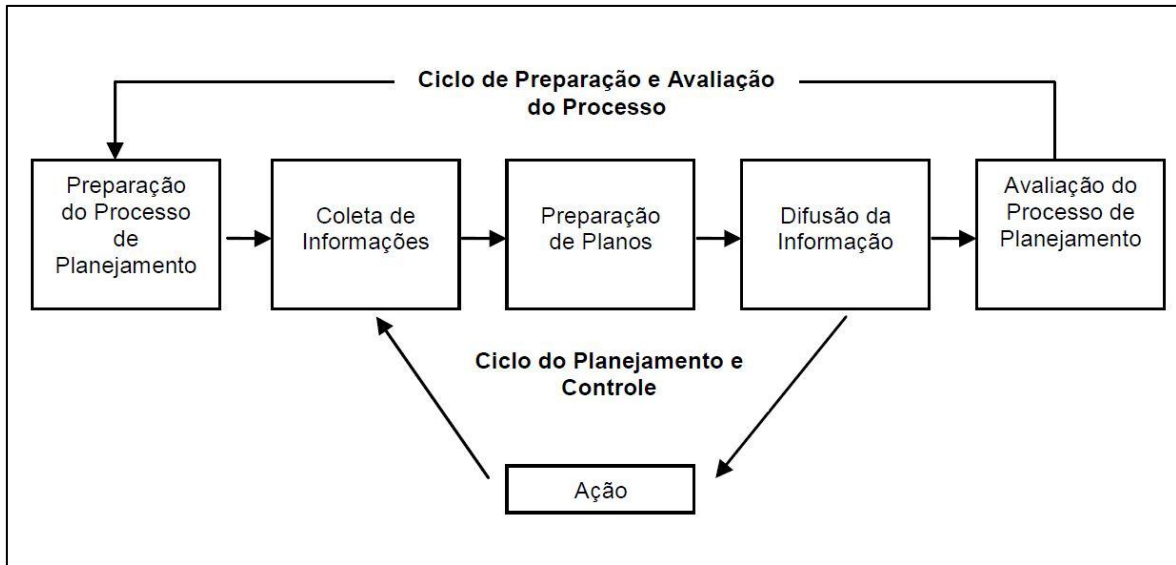


Figura 5 – Dimensão Horizontal do Processo de Planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)

O processo de planejamento inicia pela preparação dos planos, na qual se determina: horizonte e nível de detalhamento do planejamento, a frequência do replanejamento e grau de controle a ser realizado (MORAES, 2007). O horizonte de planejamento é o período de tempo entre a preparação do plano e a realização da ação referente aos objetivos fixados no plano (LAUFER; TUCKER, 1988).

Já a coleta de informações necessárias para a elaboração dos planos, trata de dados e informes referentes a plantas, especificações técnicas, peculiaridades do canteiro de obra e proximidades, recursos como mão de obra e equipamentos, métodos e técnicas construtivas, contratos com fornecedores, entre outras informações relevantes para o processo de produção do empreendimento.

A preparação dos planos consiste na organização e avaliação das informações coletadas, sendo uma etapa de grande importância por se tratar do momento em que são utilizadas técnicas para preparação dos planos, como por exemplo: Linha de Balanço e Método do Caminho Crítico (BEZERRA, 2010).

A preparação dos planos é seguida pela fase de difusão das informações (LAUFER; TUCKER, 1987). Esta etapa deve superar três principais problemas: não concordância com os planos por parte da equipe, grande quantidade de informações apresentadas de forma complexa e existência de dois sistemas de informação paralelos: um retratado pelo nível

tático, no escritório da empresa, com efeito limitado quanto à execução da obra; outro abordado pelo nível operacional, no canteiro de obras, ditando em curto prazo a execução das atividades (BERNARDES, 2001).

A etapa de ação representa a execução do planejamento e é a fase em que a função controle deve estar presente a todo o momento, cumprindo, além do papel de inspeção, uma postura proativa agindo de forma corretiva nas causas estruturais de problemas encontrados decorrentes do planejamento (FORMOSO et al., 1999). Além disso, atua de forma a manter os objetivos determinados nos planos através da retroalimentação de informações e replanejamento das atividades.

Na última etapa do processo de planejamento horizontal, deve-se analisar o conjunto de decisões tomadas ao longo do empreendimento, avaliando por meio de indicadores o processo de planejamento (BERNARDES, 2001).

3.1.2 Dimensão vertical

O planejamento deve abranger todos os níveis gerenciais da empresa de forma a integrar o objetivo de todos (GUINATO, 1996), e devido às incertezas correntes na produção do empreendimento, é importante que cada nível tenha um grau de detalhe apropriado (FORMOSO, 1991 apud BERNARDES, 2001). Esse grau de detalhamento, segundo Laufer e Tucker (1988), deve variar com o horizonte de tempo do planejamento, crescendo com a proximidade da implementação. Entretanto, em ambientes incertos, uma forma de minimizar essas incertezas é permitir a flexibilidade à tomada de decisão através da redundância de recursos (LAUFER; TUCKER, 1987). Já outra forma de reduzir esses impactos é com a utilização de *buffers*, sendo este o nome dado a estoques de tempo, capacidade, materiais ou produtos inacabados ao longo da cadeia produtiva. Além disso, os mesmos são dimensionados de acordo com o grau de confiança existente nos planos de acordo com Ballard e Howell (1997a). Logo, a dimensão vertical, caracteriza-se pela divisão do planejamento e controle da produção em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional.

O nível estratégico é definido por Formoso et al. (1999) como o nível que trata dos objetivos do empreendimento a partir das exigências dos clientes. Assim é a fase de determinação de estratégias relativas a prazos e fontes de financiamentos, por exemplo. Em um nível abaixo na hierarquia, o planejamento tático envolve a seleção e captura de recursos necessários para

atingir as metas do projeto, além de determinar como estes recursos serão utilizados ao longo da obra (FORMOSO et al., 1999). Por conseguinte, o nível operacional é rico em detalhes e informações, determinando a utilização dos recursos e momento de execução de atividades e etapas da obra (BERNARDES, 2001). A seguir, seguem os níveis de planejamento normalmente adotados no sistema Last Planner (BALLARD; HOWELL, 1998):

a) Planejamento de longo prazo

O planejamento de longo prazo deve ter baixo grau de detalhamento em virtude do horizonte de tempo ser elevado. Diante disso, segundo Laufer (1997), este se refere ao plano mestre da obra e deve ser utilizado para facilitar a identificação dos objetivos principais do projeto, cabe salientar que este plano é destinado a alta gerência da organização, de forma a mantê-la informada sobre o andamento das atividades (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). Além do mais, este nível de planejamento é base para elaboração de contratos com fornecedores de matérias e recursos, como por exemplo, mão de obra.

b) Planejamento de médio prazo

Como segundo nível de planejamento, o plano de médio prazo refere-se ao nível tático e busca vincular as metas fixadas no plano mestre com os objetivos designados no curto prazo, tendendo a ser móvel (FORMOSO et al., 1999). Assim Ballard (1997) denomina este como *Lookahead Planning* e julga como essencial na melhoria na eficácia do plano de curto prazo resultando em menores custos e prazos com a eliminação de atividades que não agregam valor ao processo produtivo. Além disso, a identificação das restrições para a execução das atividades e remoção das mesmas permite o fluxo contínuo dos processos (TOMMELEIN, 1998).

O funcionamento do *Lookahead* é embasado no planejamento de longo prazo de modo a identificar as atividades que devem ser incluídas no plano de médio prazo assim como as que serão postergadas neste mesmo horizonte de tempo, de forma a atender os requisitos de qualidade referentes ao plano de curto prazo (BERNARDES, 2001).

c) Planejamento de curto prazo

Segundo Ballard e Howell (1997a), o planejamento de curto prazo deve ser elaborado a fim de realizar ações para proteger a produção dos impactos das incertezas. Isso é possível, segundo os mesmos autores, através de planos contendo pacotes de trabalho passíveis de serem atingidos e que tiveram seus requisitos atendidos, além da análise do não cumprimento de tarefas planejadas neste mesmo nível de plano. Para isso, deve se incluir as equipes envolvidas bem como os dias de trabalho seguido da finalização da tarefa ou identificação da causa da não realização da totalidade de algum pacote. Além disso, insere-se no plano de curto prazo atividades reservas consideradas *buffers* levantadas na elaboração do *Lookahead* e julgadas não prioritárias no plano de longo prazo (BALLARD; HOWELL, 1997a). Assim, assegura-se o fluxo contínuo de trabalho das equipes caso ocorram problemas durante a execução das atividades planejadas.

Para monitoramento do andamento das atividades inseridas no plano de curto prazo, há o indicador denominado de Percentagem do Planejamento Concluído (PPC), calculado pela razão dos pacotes de trabalho completados pelos totais planejados, identificando assim falhas tanto da ocorrência de planos inalcançáveis quanto de problemas de execução das atividades. Para isso Ballard e Howell (1997a) citam requisitos que devem ser atendidos neste nível de planejamento: definição clara dos pacotes de trabalho e informações pertinentes aos mesmos; deve haver disponibilidade de recursos quando solicitado; os pacotes de serviço devem obedecer ao sequenciamento para garantir continuidade de atividades; o tamanho dos pacotes de serviço deve corresponder à capacidade produtiva; deve ser feita uma análise nos pacotes não atendidos e definir ações corretivas.

Segundo Ballard (2000), a aplicação conjunto do plano de curto prazo e o *Lookahead* fazem parte do Sistema Last Planner, nome dado ao conjunto de ferramentas que facilitam a implementação de um sistema de controle da produção buscando a proteção dos impactos das incertezas nos processos produtivos.

3.2 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DE PROCESSOS

Nesse subcapítulo busca-se apresentar as ferramentas de análise de processo assim como de planejamento e de controle da produção usadas tanto para compreensão detalhada da sequência de atividades dos processos estudados quanto para a análise da situação do sistema produtivo.

3.2.1 Diagrama de processo

Diagrama de processo consiste em uma ferramenta utilizadas para registrar a forma como os processos são realizados, entendendo-se por processo o fluxo de materiais e componentes durante a produção (ISATTO et al., 2000). Além disso, os mesmos autores definem os objetivos do uso dessa ferramenta:

a) Permitir a visualização e análise do processo: Através do aumento da transparência do sistema de produção possibilita-se melhorar o entendimento sobre os processos produtivos. Sendo estes afetados pelo fato de possuírem aspectos dinâmicos e complexos no que se refere à sequência de atividades e suas características. Ademais, o produto da construção, ao contrário de uma linha de produção, é imóvel e ocupa o espaço destinado às demais atividades.

b) Avaliar a relação entre o número de atividades de fluxo e o número total de atividades: Visto que as atividades de fluxo consomem recursos e não geram valor ao produto, deve-se identificar e reduzir a quantidade das mesmas nos processos produtivos.

c) Permitir o uso e quantificação de outros indicadores de processo: O uso de indicadores de processo possibilita, entre outras ações, a mensuração dos impactos gerados pelas atividades de fluxo, pode-se citar como os principais: tempo total do processo, distâncias percorridas, número de pessoas envolvidas.

Além disso, sua apresentação é padronizada e utiliza quatro símbolos unidos por uma linha seguindo a sequência das atividades a fim de representar visualmente o processo em toda sua extensão, estes símbolos representam as seguintes atividades: transporte, inspeção, estoque ou espera e conversão, conforme Figura 6. No que tange a apresentação do diagrama, ela pode ser simples e objetiva, conforme a Figura 7, ou possuir maior número de informações coletadas (como número da atividade e descrição da mesma, tempos, distâncias e número de

peças), sendo comum apontar todas essas informações em colunas no lado direito do diagrama e permitindo uma análise mais profunda do processo.

Símbolo	Denominação da atividade	Descrição
→	Transporte	Consiste na mudança de local ou posição de um material ou componente.
□	Inspeção	Consiste na avaliação qualitativa ou quantitativa de materiais e componentes.
△	Estoque/Espera	Os materiais e componentes estão imóveis, não sendo sujeitos a qualquer tipo de trabalho.
○	Processamento ou conversão	Modificação de forma ou substância, montagem ou desmontagem.

Figura 6 – Simbologia utilizada para a elaboração de diagrama de processo (ISATTO et al. 2000)

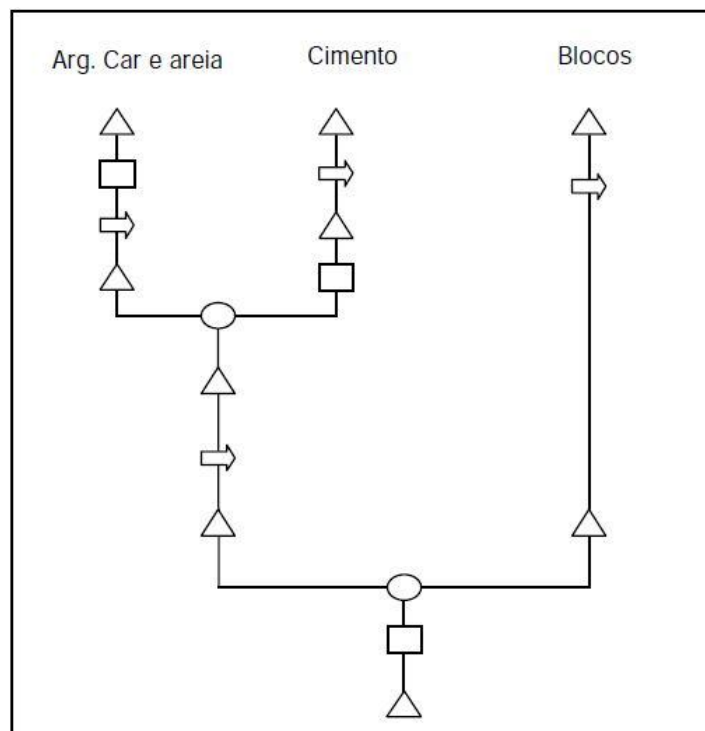


Figura 7 – Exemplo de diagrama simplificado de processo (ISATTO et al., 2000)

Ademais, Isatto et al. (2000) afirmam que, por meio do registro agregado de informações acerca do processo, pode-se analisar e propor melhorias de uma forma genérica, como por exemplo, a eliminação de atividades que possuem estoque intermediários ou a alteração da sequência das atividades dentro de um processo. Os mesmos autores ainda sugerem quatro passos para a elaboração de um diagrama de processo: definição do processo analisado identificando início e fim além dos insumos usados e produtos gerados; identificação da

estrutura do produto; registro do processo acompanhando seu fluxo, isto é, iniciar nos insumos e seguir em direção ao produto final através da demonstração da sequência de atividades; representar de forma padronizada e objetiva possibilitando o fácil entendimento.

3.2.2 Linha de balanço

A técnica de linha de balanço (LB) tem como características: planejar o ritmo de produção buscando manter o mesmo constante, aumentar a produtividade através da redução da descontinuidade no trabalho e a repetição dos mesmos, melhorando assim o emprego de recursos e diminuindo a duração do projeto com a alocação racional destes (MAZIERO, 1990). Isatto et al. (2000) afirmam que a linha de balanço tem a vantagem, em relação ao diagrama de Gantt e redes de precedência, por apresentar explicitamente os fluxos de trabalho dando visibilidade aos processos. Porém, como característica negativa, a mesma não considera usualmente as variações de produtividade ao longo do tempo e períodos de recuperação de trabalhadores (ICHIHARA, 1997). Outro fato importante a ser levado em conta é a deficiência de não explicitar o fluxo de materiais, somente fluxo de mão-de-obra (TOMMELEIN, 1998). No entanto, apesar de algumas limitações, a linha de balanço é uma técnica que traz muito mais benefícios à produção na implementação de conceitos e princípios Lean. Pode-se estabelecer os ritmos de produção e os fluxos de operações dando visibilidade aos processos produtivos no tempo e na unidade de produção. Com isto, é facilitada a sincronização dos processos, a redução das atividades que não agregam valor e também do tempo de ciclo e do *lead time*. (BERNARDES, 2001).

Além disso, esta ferramenta possui poucos programas computacionais para sua elaboração e, portanto, são normalmente utilizadas de planilhas eletrônicas para geração dos gráficos necessários para aplicação dessa técnica, a partir de informações de produtividade das equipes e quantidade de serviços a serem executados. Além do mais, a inclinação das barras ou linhas no gráfico representam o ritmo dos processos (quanto maior a inclinação, maior o ritmo, ou seja, mais rápida a execução) representando no eixo horizontal a variação do tempo e no eixo vertical, as unidades de repetição a serem produzidas (MENDES JR.; 1999) (Figura 8). Além disso, a espessura das linhas ou, principalmente, a quantidade de caixas na horizontal do gráfico representam a duração da atividade para produção de uma unidade de repetição

(BRANCO, 2007). Entende-se por unidade de repetição a área física que repete ao longo do fluxo de trabalho, podendo ser casas, apartamentos, pavimentos, ou outro tipo de lote.

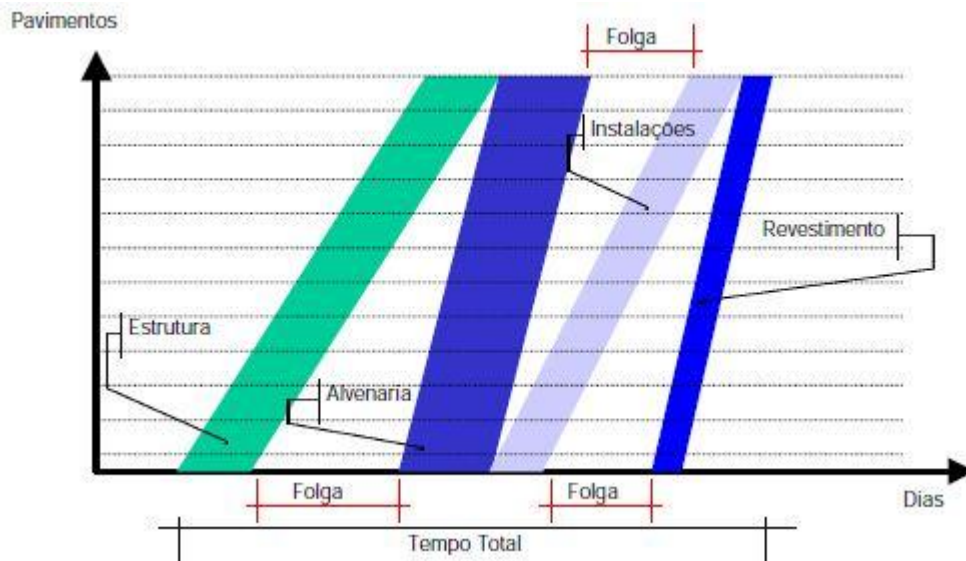


Figura 8 - Linha de balanço genérica (Isatto et al., 2000)

Fazendo o uso dessa ferramenta, identificam-se os pontos de espera chamados de *stage buffer* ou folga (distância vertical entre as retas ou barras) sinalizando a fila entre processos e pontos de defasagem chamados de *time buffer* (distância horizontal entre retas ou barras) sinalizando a abertura entre unidades de produção (MENDES JR, 1999), conforme Figura 9. Além disso, aponta-se as interferências e os conflitos entre atividades bem como os reais gargalos e a necessidade de recursos, tudo isso de forma clara e objetiva por meio da visibilidade das informações apresentadas conforme a Figura 10.

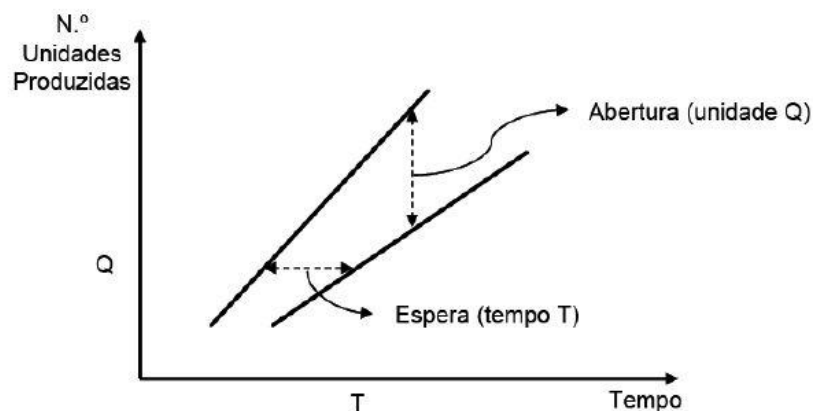


Figura 9 – Linhas de produção em LB demonstrando pontos de espera e pontos abertura (Lutz, 1990)

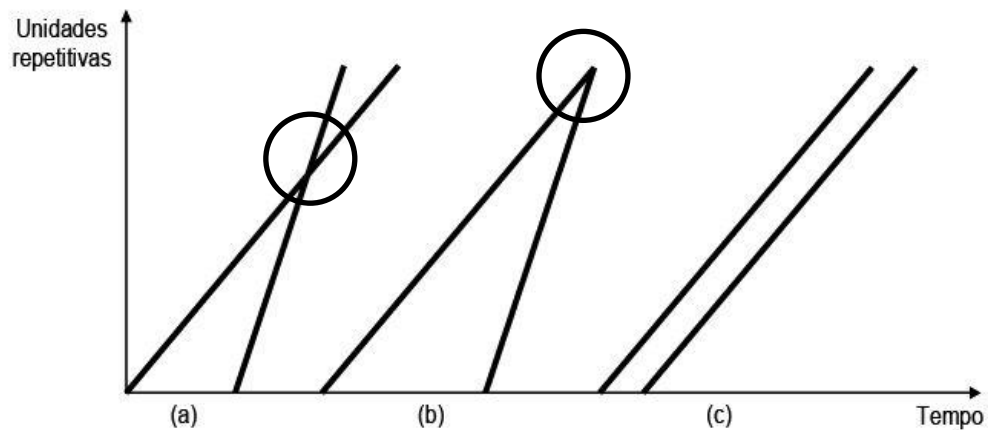


Figura 10 – Linhas de produção em LB demonstrando pontos interferência e gargalos (MENDES JR.; HEINECK, 1997)

No caso retratado na figura 6, por exemplo, de conflito entre atividades, Branco (2007) cita duas soluções: retardar início da atividade seguinte mantendo seu ritmo, ou mudar ritmo de produção acrescentando ou reduzindo recursos (capacidade). Além disso, a técnica da linha de balanço bem aplicada e embasada em um processo estruturado de planejamento apresenta vantagens, tais como menores riscos referentes ao planejamento, facilidade de comparação entre diferentes planos de ataque para a produção, análise de viabilidade do planejamento da obra e redução do prazo da obra (SOINI; LESKELA; SEPPANEN, 2004).

3.2.3 Gráfico de aderência ao lote

O gráfico de aderência ao lote representa de forma visual o controle de atividades permitindo a comparação de datas do planejado considerando o sequenciamento da execução dos lotes. No eixo vertical são representados os lotes de produção e no eixo horizontal o tempo, conforme a Figura 11. Através do indicador de aderência ao lote de produção consegue-se identificar os atrasos ou adiantamentos do processo produtivo bem como os impactos na execução da atividade, além de evidenciar o não cumprimento do sequenciamento planejado (FABRO, 2012). Além disso, a referida autora observa que através desta ferramenta consegue-se apontar as interrupções no fluxo de trabalho assim como a presença de trabalho em progresso (Work in Progress – WIP) que resultam em aumento do lead time da atividade, como demonstra a figura 12. Neste sentido, Koskela (1992) sugere que devido à presença de

estoque de produto em processo, há a possibilidade de congestionamento das linhas de produção e, conseqüentemente, o aumento na duração das atividades.

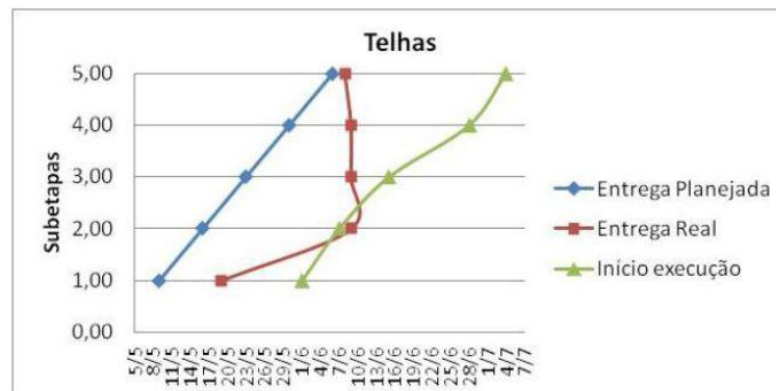


Figura 11 – Gráfico de aderência ao lote de entrega (FABRO, 2012)

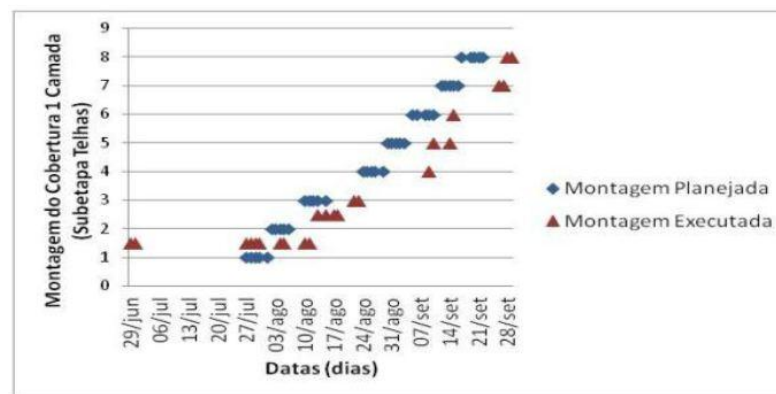


Figura 12 – Gráfico de aderência ao lote de produção (FABRO, 2012)

Para a elaboração do gráfico de aderência ao lote de produção, têm-se como base as datas fornecidas pelo planejamento de médio e longo prazo. Assim, a estabilidade do processo produtivo bem como a confiabilidade do sistema são fundamentais para se obter um elevado grau de acurácia no controle das atividades.

Além do mais, segundo Fabro (2012) o controle de aderência ao lote de entrega de materiais e de produção deve estar incluído no sistema de PCP da organização após a definição do plano de longo prazo e início da obra. Além disso, essa ferramenta apresenta clareza nas informações sobre o cumprimento do planejamento que permite outras análises por meio de indicadores com o objetivo de avaliar a eficiência da mão-de-obra (número de visitas à uma unidade de trabalho) e o atendimento ou não aos planos (gráfico de porcentagem de aderência ao planejamento), conforme a Figura 13.

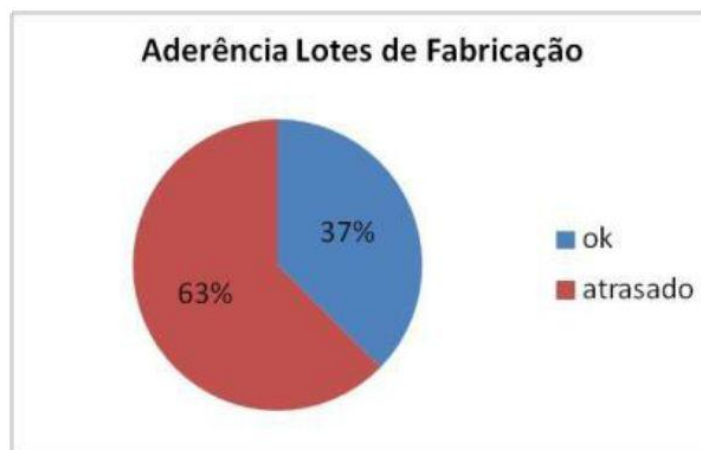


Figura 13 – Porcentagem de aderência aos lotes de fabricação (FABRO, 2012)

3.2.4 Gráfico de sequenciamento de atividades

O gráfico de sequenciamento de atividades consiste na representação visual da sequência de trabalhos desenvolvidos pelas equipes ao longo dos dias, permitindo a análise da eficiência e eficácia tanto do fluxo de operações como também do planejamento e designação de atividades pela gestão da obra. Assim, a elaboração do projeto de processos individuais deve considerar seu impacto perante o sistema de produção como um todo, a partir de uma visão sistêmica, definindo meios específicos a serem utilizados buscando atingir as metas do empreendimento (SCHRAMM, 2004). Halpin e Wodhead (1976) acrescentam afirmando que a descrição dos processos de construção requer a identificação das tecnologias de construção envolvidas, a enumeração e sequência das várias atividades que as compõem e a alocação dos recursos para essas atividades.

Yang e Ioannou (2001) afirmam que, idealmente, os gerentes de produção desejam que os recursos fluam ininterruptamente através do canteiro; porém, observa-se a presença de ociosidade dos recursos devido ao desbalanceamento das taxas de produção e a variabilidade durante a execução. Segundo os mesmos autores, para evitar custos associados com ociosidades, os engenheiros de produção desviam os recursos para a execução de atividades fora da sequência ou desmobilizam os mesmos e recontratando-os posteriormente. A primeira alternativa causa perdas na realocação e na descontinuidade do trabalho enquanto a segunda alternativa pode levar a dois problemas: falta de mão de obra qualificada e dificuldade de

transportar equipamentos. Os mesmos autores também ressaltam a necessidade de longos tempos de *setup*¹ e montagem de alguns equipamentos ao movê-los ou desmontá-los.

De maneira a evitar problemas comuns com designação das equipes, consegue-se, através da utilização do gráfico de sequenciamento de atividades, identificar os momentos de espera ou sobrecarga da equipe, o número de atividades iniciadas por dia de forma a impactar no *lead time* com operações de *setup* e trabalho em progresso, movimentações das equipes pelo canteiro entre uma atividade e outra bem como auxilia no balanceamento e nivelamento da produção.

¹ As operações de *setup* são a preparação antes e depois das operações, remoção e ajustes de matrizes e ferramentas (SHINGO, 1996)

4 MÉTODO DE TRABALHO

O quarto capítulo trata do método de trabalho adotado, definindo a estratégia utilizada bem como as ferramentas para coleta de dados no empreendimento em estudo. Além do mais descreve-se a empresa escolhida, o empreendimento e os processos estudados. Além disso, são apresentadas as atividades realizadas.

4.1 ESTRATÉGIA

Para a elaboração do presente trabalho, optou-se por uma estratégia similar ao estudo de caso utilizando múltiplas fontes de evidência através da compreensão da situação existente por meio de uma análise dos processos e do contexto estudado. Segundo Yin (2002), deve-se adotar três princípios na coleta e análise de dados neste tipo de estudo, de forma a permitir que sejam desenvolvidas linhas convergentes de investigação: usar múltiplas fontes de evidência, criar uma base de dados do estudo de caso e manter uma cadeia de evidências, permitindo assim que o pesquisador desenvolva linhas convergentes de investigação. Como fontes de evidência foram utilizadas no trabalho a observação direta e participante, a medição de tempo dos processos, a amostragem de trabalho, a análise de documentos e o registro de imagens.

4.2 ESCOLHA DA EMPRESA, DO EMPREENDIMENTO E DOS PROCESSOS

A empresa escolhida para o estudo de caso está na indústria da construção civil há mais de quatro décadas e atua em obras residenciais em diversos estados do Brasil, atuando em mais de cem cidades do território nacional. Atualmente, é uma das maiores construtoras do país, sendo seu principal foco de atuação habitações de baixa renda, particularmente o programa Minha Casa Minha Vida. Nestes empreendimentos, a empresa necessita ter um bom desempenho em relação a custos e também velocidade de produção, principalmente pela necessidade de reduzir custos indiretos.

Nos últimos anos, motivada pelo crescimento acentuado da procura por seus imóveis, a empresa investiu em inovações nos seus processos de gestão e execução. Foram implementadas novas técnicas de planejamento e controle da produção assim como a revisão dos seus procedimentos de qualidade e execução de serviços. Logo, durante a realização do

estudo a organização passava por um processo de mudança, em que se buscava o engajamento de seus funcionários e colaboradores na busca pela melhoria.

Merece destaque o sistema construtivo adotado, de parede de concreto moldado *in loco*, conforme a figura 14. Este sistema é baseado na utilização de formas de alumínio moduladas, sendo a estrutura realizada juntamente com as vedações verticais. Este processo é altamente padronizado e repetitivo e tem um curto tempo de ciclo, sendo realizadas concretagens diárias. Por meio desta tecnologia, a empresa buscou também a simplificação por meio da redução de passos, especialmente em comparação ao sistema convencional de estrutura de pilares e vigas.



Figura 14 – Sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco* (FORSA S.A., 2019)

O empreendimento em estudo localiza-se na Região Metropolitana de Porto Alegre sendo constituído por duzentas unidades residenciais de aproximadamente 40 m², divididas em dez blocos de cinco pavimentos, conforme Figura 15, além de áreas de lazer, tais como piscinas, espaço *gourmet* e bicicletário, além de edificações como casas de apoio e guarita. No momento do início do estudo de caso o empreendimento encontrava-se com 40% da obra concluída.

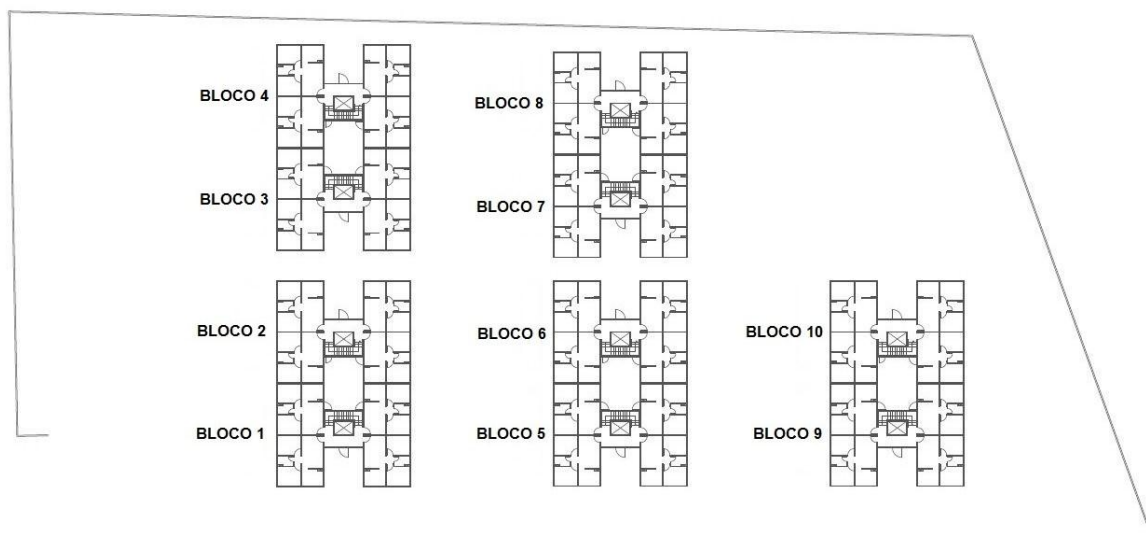


Figura 15 – *Layout* do canteiro de obra do empreendimento (Elaborado pelo autor)

Três motivos principais são apontados para a escolha desta obra: facilidade do acesso a informações em virtude do autor ser estagiário neste empreendimento; aplicação bem sucedida de alguns conceitos da produção enxuta nos processos produtivos, que permitiu a redução do *lead time* de cada bloco construído; e, por fim, o engajamento da equipe de engenharia em obter melhoras contínuas nos seus processos gerenciais e operacionais, o que impulsionou a escolha deste tema pelo autor.

No que se refere à escolha dos processos abordados no estudo de caso, optou-se pelos serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias conforme justificado no item 1.1. Este grupo de serviços reúne inúmeras atividades que ocorrem em diversas etapas da obra – infraestrutura, supraestrutura e acabamento – sendo neste trabalho investigadas apenas atividades nas fases de supraestrutura e acabamento, uma vez que a de infraestrutura já estava concluída. Para melhor entendimento, dividiu-se este grupo de atividades da seguinte forma:

- a) Instalações elétricas: instalações elétricas embutidas em parede e laje de concreto, emendas da fiação de circuitos, passagem de guia no sistema de comunicação (sondagem), passagem de cabos de alimentação de energia para o apartamento, fixação e montagem de Quadro de Distribuição de Circuitos (QDC) e instalação de acabamentos elétricos e de comunicação, instalação de rede elétrica provisória nos blocos em execução.

- b) Instalações hidrossanitárias: instalações hidrossanitárias embutidas em parede e laje de concreto, distribuição e prumada de esgoto e água para apartamentos, prumada de água pluvial, barrilete e medição individualizada.

A gestão destes processos era de responsabilidade conjunta do engenheiro da obra, do auxiliar de engenharia e do estagiário de instalações – o autor deste trabalho. Dentre as atividades realizadas, destaca-se o planejamento e compra de insumos, contratação e controle de mão-de-obra terceirizada bem como o planejamento e o controle da produção. A empresa adota de processos racionalizados com uso de *kits* feitos em uma fábrica central da própria empresa.

4.3 DELINEAMENTO

Para a realização deste trabalho, o estudo foi dividido em quatro etapas, as quais serão representadas na Figura 16 e detalhadas posteriormente:

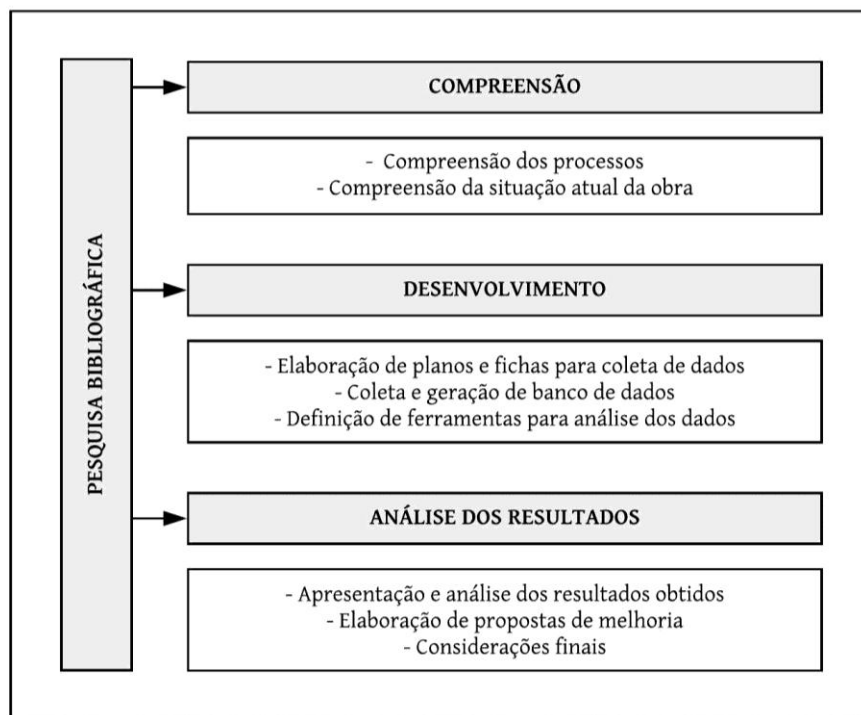


Figura 16 - Etapas do trabalho (Elaborado pelo autor)

4.3.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica constituiu a etapa que durou do início ao fim do trabalho, acompanhando todas as etapas do estudo. Foram consultados artigos, dissertações, teses e

livros técnicos referentes, principalmente, a assuntos como Lean Production e Planejamento e Controle da Produção com foco na redução de atividades que não agregam valor, diminuição da variabilidade, redução do tempo de ciclo e sincronização dos processos.

4.3.2 Compreensão

A fase de compreensão teve duração de 3 semanas, iniciando pelo estudo individual de cada processo. A partir de observações diretas e registros por meio de imagens e anotações no caderno de campo, procurou-se entender os processos em detalhe apontando os responsáveis por cada etapa. Foi também realizada a análise dos procedimentos internos de execução pertencentes ao Sistema de Gestão da Qualidade da empresa a fim de ter total conhecimento de converter recursos e matéria prima no produto final ideal. Buscou-se também analisar as particularidades de cada operação, incluindo as dificuldades, as falhas de execução, as interferências com outras operações, as inconsistências geradas por erros na execução dos processos, além de boas práticas de gestão de processos. Concluída a coleta de informações a respeito de cada atividade individual, fez-se uma análise integrada destes dados, de modo a identificar os problemas gerais de gestão da produção, incluindo atrasos, estoques de produtos inacabados, produtividade.

Como passo seguinte na etapa de compreensão, analisou-se os documentos relativos ao planejamento e controle da produção de modo a analisar a eficácia deste e as medidas já adotadas para reverter atrasos. Além disso, foram definidos os dados e as ferramentas de coleta dos mesmos para que fosse realizada uma análise em profundidade da situação e de cada processo com o propósito de sanar os problemas enfrentados na produção dos serviços de instalações.

4.3.3 Desenvolvimento

Na etapa de desenvolvimento do estudo foram coletados e analisados dados referentes à situação atual dos processos de instalações, sendo criado um banco de dados. Essa etapa foi dividida em três fases: fase de elaboração de plano e fichas de coletas, fase de coleta e geração do banco de dados e fase de definição das ferramentas capazes de permitir a interpretação dos dados.

4.3.3.1 Elaboração de plano e fichas de coleta

Com base nos resultados gerados pela etapa de compreensão, o plano de coleta de dados foi o primeiro passo dado na etapa de desenvolvimento do trabalho. Neste plano, foram definidas as ferramentas e os métodos para coletar os dados necessários como a observação direta e participante, a medição do tempo de ciclo dos processos, a amostragem de trabalho, a análise de documentos e o registro de imagens, bem como o planejamento para aplicação destas no canteiro de obra. Buscou-se elaborar fichas de coleta, simples e objetivas, de modo a facilitar o preenchimento no canteiro de obra e, concomitantemente, coletar os dados necessários.

O Apêndice A apresenta três fichas de coleta de dados. A primeira foi utilizada para coleta dos seguintes dados: data e horário do início da coleta; serviço realizado; lote e localização do serviço; numeração, descrição e duração das etapas de execução segmentando-as em conversão, espera, movimentação e inspeção; número e nome dos funcionários responsáveis pela execução; e em caso de movimentação, o local de origem e de destino; por fim, um campo para observações ao final. Estes dados foram utilizados para aplicação de diversas ferramentas: diagrama de processo, linha de balanço executada, gráfico de sequenciamento de atividades, gráfico de variação do tempo de ciclo, e gráfico de aderência ao lote. A segunda planilha teve propósito de coletar dados principais das dez amostras de cada processo (amostras com lotes de 2 apartamentos), sendo a quantidade de amostras limitada pelo período destinado a coleta de dados e por representar 10% do total de unidades do empreendimento. Por fim, a terceira ficha contou apenas com quatro dados (data, horário, nome do funcionário e ação realizada no momento da coleta), sendo destinada à aplicação da amostragem de trabalho, com o objetivo de identificar a parcela de atividades que não agregam valor.

4.3.3.2 Coleta e geração de banco de dados

Com as fichas prontas, foram realizados testes de coleta com alguns dos processos; porém, foi preciso fazer melhorias no formato das mesmas de a maneira permitir o preenchimento mais rápido, objetivo e reduzir o número de folhas necessárias para a pesquisa. A coleta teve duração de dois meses, meses 2 e 3, iniciando pelas observações diretas e participantes com o uso das fichas de coleta, medição dos tempos de ciclo, registro das imagens por meio de fotografias e do caderno de campo para anotações gerais. Como os vários serviços ocorriam

diariamente e simultaneamente, adotou-se como prática uma reunião breve e informal todas as manhãs antes do início do período de trabalho com os encarregados da equipe de eletricitistas e equipe de hidráulicos com o propósito de, ao mesmo tempo, definir as atividades executadas no dia e elaborar um plano de coleta diário para a pesquisa. Assim, o autor conseguiu conciliar suas responsabilidades como estagiário e acompanhar a execução de serviços do início ao fim. Em virtude disso, o número de processos acompanhados por dia não foi grande, demandando dois meses de coleta de dados diariamente. No final do dia, os dados colhidos eram transcritos para planilhas eletrônicas.

4.3.3.3 Definição das ferramentas de análise de processos

Posterior à coleta dos dados, foi necessário interpretá-los e mensurar seus impactos na produção. Para isso foram utilizadas ferramentas de análise de processos por meio, principalmente, de gráficos, permitindo a análise de fluxo de trabalho, processos interrompidos, atividades que não agregam valor, variabilidade nos processos, entre outros itens. As ferramentas adotadas para o trabalho foram: linha de balanço, gráfico de aderência ao lote de produção, gráfico de sequenciamento de atividades, gráfico de variação do tempo de ciclo e porcentagem de atividades que não agregam valor ao produto final.

4.3.4 Análise dos resultados

A última etapa consistiu na análise dos resultados gerados pelas ferramentas de análise de processos da produção, além das propostas de melhorias elaboradas pelo autor com a finalidade atender as metas definidas para a pesquisa e as considerações finais acerca do trabalho.

Para início desta etapa, partiu-se dos resultados obtidos a partir da análise dos processos em um nível mais abrangente, ou seja, do sistema produtivo como um todo, identificando problemas globais ocorrentes na obra em estudo no que tange o sistema PCP assim como o fluxo de processos e fluxo de operações. Em um nível mais detalhado, tratou-se de analisar os aspectos operacionais relativos ao grupo de atividades de instalações elétricas e hidrossanitárias por meio da verificação da ocorrência e os impactos gerados pela variabilidade dos processos. Além disso, em um nível mais aproximado da operação, procurou-se identificar falhas pontuais de cada atividade, seja na operação e as equipes

responsáveis pela execução ou na concepção das etapas do processo identificando padrões e apontando pontos passíveis de melhorias.

A partir da análise dos resultados, foi elaborado um conjunto de propostas de melhoria com o intuito de promover o ganho de eficiência e redução de desperdícios nos serviços de instalações. Todavia, neste trabalho não houve tempo suficiente para implantar as propostas elaboradas de modo a apurar a eficácia das mesmas.

4.4 FONTES DE EVIDÊNCIA

Neste subcapítulo são apresentadas as definições das fontes de evidência coletadas durante o estudo com a finalidade de obter informações detalhadas acerca dos processos.

4.4.1 Observação direta e participante

Segundo Yin (2002), as provas observacionais são úteis para fornecer informações adicionais sobre os tópicos estudados. Assim, julga-se como uma ferramenta fundamental para análise da situação real para o estudo.

Ao longo desse estudo, ocorreram tanto observações diretas no canteiro de obras, como também observações participantes marcadas pela interferência na atividade. Apesar do mesmo exercer o cargo de estagiário na obra em questão e desenvolver o trabalho em meio à rotina de atividades, a participação durante os processos foi evitada ao máximo, salvo exceções durante reuniões de planejamento com equipe de engenharia ou situações pontuais no canteiro de obra nas quais foi necessária a interferência para o bom andamento da produção. Em contrapartida, devido à posição ocupada na equipe de engenharia, pode-se participar de um grande número de eventos transcorridos ao longo do período de coleta bem como usar os conhecimentos sobre processos internos da empresa para complementar o trabalho. Além disso, cabe ressaltar a duração desta etapa da pesquisa de aproximadamente 90 dias contemplando os meses de julho, agosto e setembro, denominados de mês 1, mês 2 e mês 3, respectivamente.

4.4.2 Medição do tempo dos processos

Durante as observações, com o intuito de estudar o tempo de ciclo dos processos assim como sua variação, este foi medido com uso de um cronômetro. Além disso, durante as observações de cada processo, foi feita a segmentação das atividades em quatro categorias conforme

proposto por Koskela – movimentação, espera, inspeção e conversão – e os tempos atribuídos, respectivamente, a cada uma.

4.4.3 Amostragem de trabalho

A amostragem de trabalho consiste em uma técnica de levantamento de informações na qual o pesquisador faz observações intermitentes e em horários aleatórios avaliando as atividades instantaneamente, de maneira semelhante a uma foto, e segmentando-as em grupos previamente definidos, percorrendo, então, todo canteiro de obra. Os resultados encontrados a partir do uso deste método são bastante representativos devido à aleatoriedade e, principalmente, ao número elevado de amostras.

No presente estudo, a amostragem de trabalho teve duração de 30 dias, entre o final do mês 2 e final do mês 3 com, aproximadamente, 30 amostras coletadas por dia entre os serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias, representando um total de 634 amostras. Entende-se por amostra a verificação da ação executada pelo trabalhador em uma observação pontual. Teve-se como objetivo a identificação de atividades que não agregam valor na cadeia produtiva, sendo as atividades separadas em três grupos: produtivas, auxiliares e improdutivas. O primeiro retrata atividades com agregação de valor ao produto final, enquanto os dois restantes referem-se a atividades que não agregam de valor, sendo as atividades auxiliares necessárias para o bom andamento do processo e as atividades improdutivas sendo totalmente desnecessárias no processo.

Para cálculo do número de amostras necessário para se obter determinado grau de confiança optou-se por utilização do método apresentado por Peinado e Graeml (2007). Os autores fazem uso da Equação 1 para determinação do tamanho amostral para estimar a proporção populacional p . Para isso, com base em Isatto et al. (2000) já citado no capítulo 2, aproximadamente dois terços do tempo de trabalho de um operador é gasto de atividades que não agregam valor, ou seja, apenas 33,33% do tempo é gasto de maneira gerar agregação de valor ao produto final. Sendo assim, adota-se para a variável p o valor de 0,33 devido ao objetivo de identificar sua proporção real no canteiro de obra em relação ao total de amostras. A seguir, a Tabela 1 apresenta os valores críticos ($Z_{\alpha/2}$) associados ao nível de confiança na amostra, além da equação proposta por Peinado e Graeml (2007) bem como as variáveis e suas definições acompanhadas dos valores atribuídos às mesmas.

$$N = \left(\frac{Z}{Er}\right)^2 * \left(\frac{1-p}{p}\right)$$

Equação 1 – Determinação de tamanho amostral (PEINADO; GRAEML, 2007)

Tabela 1 - Valores críticos associados ao nível de confiança da amostra

Nível de confiança	α	$Z \alpha/2$
90%	0,1	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

(fonte: adaptado de PEINADO; GRAEML, 2007)

n – Número de valores amostrais

p – Proporção amostral da característica de interesse

Er – Erro relativo desejado

$Z \alpha/2$ – Valor crítico, escore z que separa uma área de $\alpha/2$ na cauda direita da distribuição normal padrão.

Os valores adotados para cálculo foram:

- Nível de confiança para a amostra= 90%
- $\alpha = 0,1$
- $Z \alpha/2 = 1,645$
- $p = 0,33$
- $Er = 0,1$

Como resultado deste cálculo, encontrou-se o valor para n igual a 632 amostras.

Logo, a amostragem de trabalho realizada durante a fase de coleta de dados possui tamanho amostral compatível com o resultado encontrado através do método de Peinado e Graeml (2007), o que confere para a técnica usada o nível de confiança desejado de 90% e erro permitido de 10%.

4.4.4 Análise de documentos

Esta etapa do estudo teve como foco a análise dos procedimentos de execução e, principalmente, planos de atividades apresentados sob a forma de um Gráfico de Gantt referente a cada bloco e planejamento mensal. Por meio destes planos, foi observado o sequenciamento previsto dos grupos de atividades.

4.4.5 Registro de imagens

O registro de imagens no canteiro de obra é uma prática essencial na coleta de dados por retratar fielmente a realidade dos processos produtivos, o que contribui para análise conjunta dos resultados. Para Santos et al. (1996), é relevante para a pesquisa registrar atividades como: fluxo de materiais e mão de obra, manuseio de materiais, problemas dos processo, entre outros.

Durante as observações dos serviços, fez-se o registro de imagens por meio de fotografias retratando todas as etapas dos processos produtivos abordados no estudo bem como as atividades de fluxo e problemas ocorridos durante a execução. Logo, este material foi útil não só para o entendimento total das atividades, mas como o apontamento de falhas e oportunidades de melhorias.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados de todas as etapas do trabalho. Inicia-se pela fase de compreensão da situação existente e, em seguida, é abordada a etapa de desenvolvimento. Por fim, este capítulo apresenta as propostas de melhoria que visam contribuir para a solução dos problemas identificados.

5.1 COMPREENSÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

Como primeira etapa dos resultados, apresenta-se a compreensão da situação existente na obra em estudo apresentando as características gerais da obra a descrição detalhada dos processos de instalações elétricas e hidrossanitárias a fim de promover a identificação de falhas nos mesmos.

5.1.1 Sistema de produção existente

A fase de compreensão da situação existente na obra em estudo permitiu concluir acerca da estrutura da equipe de gerência e de operação das atividades bem como técnicas, procedimentos, práticas e características de planejamento, controle e execução dos processos. Dessa forma, a equipe de engenharia responsável pela gerência da obra assim como os profissionais encarregados dos serviços de instalações são apresentados através de um funcionograma sucinto, conforme Figura 17.

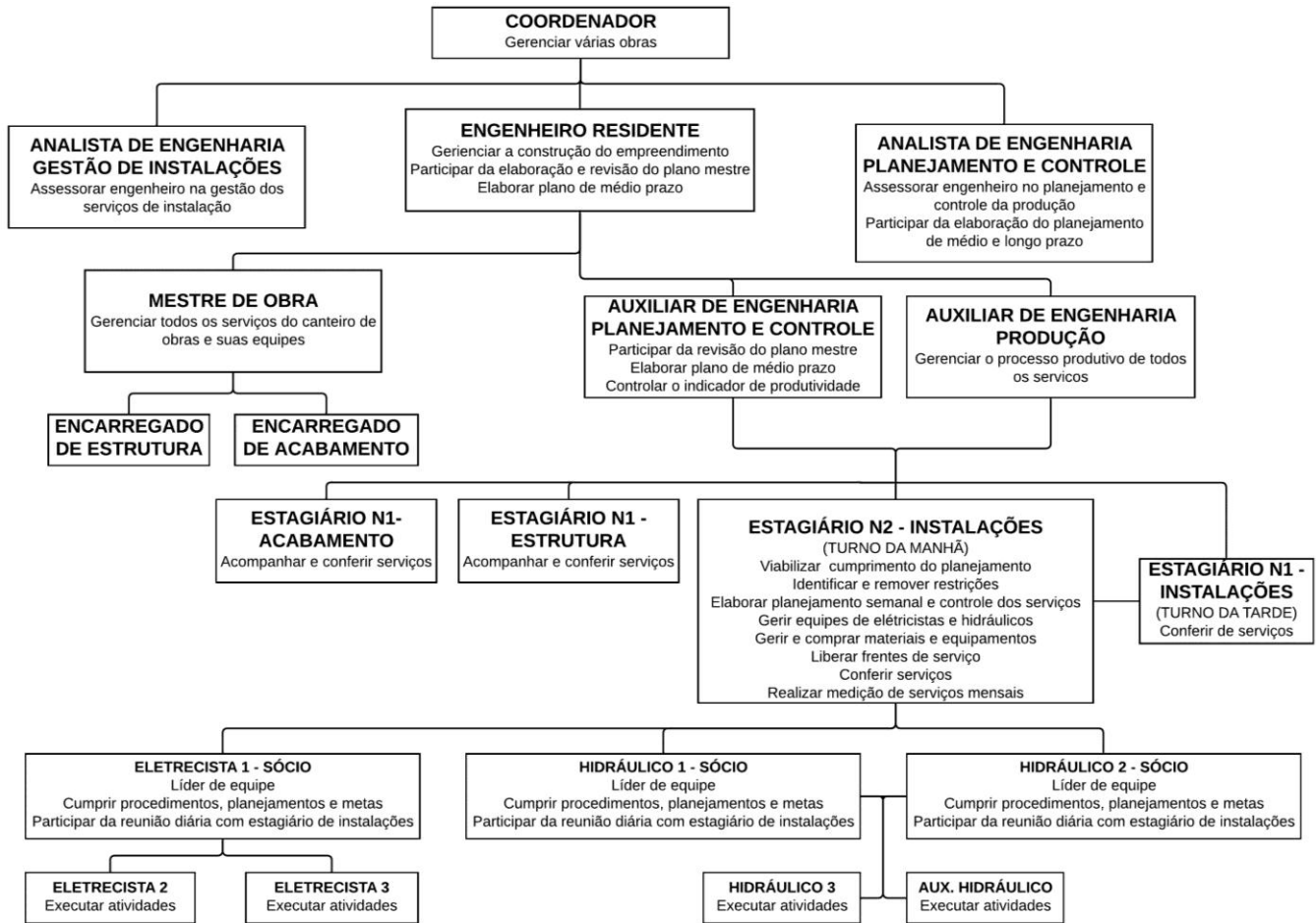


Figura 17 – Funcionograma da equipe de engenharia e produção de serviços de instalações (Elaborado pelo autor)

O efetivo operacional médio entre os meses de estudo foi de 65 funcionários, sendo aproximadamente 60% composto por mão de obra subcontratada. Destes, sete colaboradores são responsáveis pelos serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias, conforme apontado na figura anterior. Além disso, um fato identificado pelo autor durante a fase de compreensão foi a confiança nos serviços prestados pelas equipes de instalações, notando-se certa liberdade do empreiteiro em iniciar atividades em frentes de serviços liberadas no caso de problemas com tarefas planejadas de maneira a se executar atividades suplentes.

Com relação ao planejamento, a técnica utilizada para elaboração do plano mestre, ou seja, plano de longo prazo, foi a de Rede de Precedência com o uso do software *Microsoft Project* sob a responsabilidade do setor de planejamento da empresa juntamente com o engenheiro residente. Ademais, são utilizados também gráficos de avanço físico, gastos e projeções para complementar a gestão da execução da obra. Já as reuniões com gestores e coordenadores

relativas a planejamento e controle são realizadas mensalmente com o intuito de discutir a aderência ao plano mestre (longo prazo). No que se refere à transmissão de informações a respeito do plano mestre, é utilizada uma planilha de acompanhamento da produção entregue aos membros da equipe de engenharia na primeira reunião do mês. Logo, identificou-se a carência do uso de ferramentas visuais claras que possibilitassem a compreensão do sistema produtivo, do cronograma de obra e das estratégias adotadas. O principal indicador usado pela gerência da obra é o índice de produção, que compara a produção prevista com a produção real.

Além do plano de longo prazo, a partir do mês 2, passou a ser elaborado o planejamento de médio prazo mensal. Este planejamento gera uma planilha impressa de acompanhamento da produção, contendo os serviços que devem ocorrer no mês, em cada bloco, incluindo data de início e fim da execução assim como um campo para preenchimento das datas de realização das atividades. Sua elaboração acontece ao final de cada mês anterior ao mês de referência do plano, o que implica em pouco tempo para tomada de decisão para medidas mais complexas. Este plano é apresentado na reunião no início de cada mês e debatido em cada reunião semanal ao longo deste período, quanto ao cumprimento de prazos, sendo utilizada para a identificação e remoção de restrições, além de auxiliar a programação para compra de materiais, contratação de mão de obra e de equipamentos. Participam, dessas reuniões o engenheiro da obra, os auxiliares de engenharia, os estagiários, o mestre de obra, os encarregados e, quando possível, o técnico de segurança da obra. Vale ressaltar que, apesar da introdução deste nível de planejamento, apenas o indicador de produtividade já citado era usado, não havendo registro da eficácia na remoção de restrições.

Em relação à definição dos ritmos de produção, estes são baseados em dados históricos da empresa, havendo uma retroalimentação com os dados de produtividade levantados na obra. Já a sequência das atividades segue o documento chamado pela empresa de Lei da Obra, sendo padronizada a ordem de execução de cada serviço. Em contrapartida, foram identificados problemas com a sincronização dos ritmos entre os processos, sendo isto verificado por meio do número diferente de lotes concluídos por mês de cada serviço.

Entretanto, o fato de a obra não possuir planejamento de curto prazo semanal assim como a falta de indicadores de eficiência do PCP contribui para o não atendimento de alguns prazos e sequências definidas nos níveis de planejamento mais elevados. Assim, a programação das

atividades nesse período de tempo ocorre algumas vezes de maneira informal, sob responsabilidade de cada líder de equipe.

Em relação ao controle, cada líder controla a produção de sua equipe por meio da planilha de acompanhamento em conjunto com o auxiliar de controle. As decisões são tomadas principalmente com base no indicador de produtividade. Além disto, o controle do não atendimento dos planos tem suas causas analisadas individualmente entre os membros da engenharia com o propósito de propor soluções e evitar repetição de problemas. Com o objetivo de organizar a sequência de execução dos serviços de instalação, todas as manhãs realizam-se reuniões breves entre líderes das equipes de instaladores e estagiário a fim de definir as atividades do dia bem como identificar prioridades em termos do andamento geral da obra com base no plano mensal.

No que diz respeito à execução das atividades, observou-se algumas características relevantes dos processos produtivos, as quais influenciaram o atraso previsto de cinco meses para a entrega do empreendimento, passando de quatorze para dezenove meses de duração. Os principais motivos para aumento do prazo de obra são o atraso de aproximadamente três meses no recebimento das formas de alumínio vindas de outra obra, problemas com resistência do concreto devido às baixas temperaturas registradas durante período de inverno e, por fim, alguns problemas na produção, como, por exemplo, rotatividade de mão de obra. Constatou-se também a superação do custo estimado em 9% do valor previsto inicialmente. A seguir, é apresentada uma síntese dos aspectos positivos e negativos na gestão da obra estudada:

a) Aspectos positivos

A obra faz uso de vários processos racionalizados, entre eles o próprio sistema construtivo de parede de concreto conferindo a obra maior eficiência e rapidez na produção da estrutura. Além disso, são utilizados kits de instalações: kit elétrico para embutir em parede e laje de concreto, kit para distribuição de água para embutir em laje, kit passante para prumadas de esgoto e pluvial, kit dreno para embutir na parede de concreto. São também fabricados na própria obra outros kits padronizados, seguindo o princípio de eliminação de passos na produção: kit de distribuição de água e esgoto; medição de água individual; acabamentos elétricos como tomadas,

interruptores, disjuntores e barramentos. Além do mais, conta-se com procedimentos de execução e processos gerenciais bem definidos pela empresa, formalizados nos documentos analisados no estudo. No que tange os serviços de instalação, observou-se uma equipe formada por profissionais qualificados existindo uma percepção de que estes seguem os procedimentos de execução da empresa, existindo pouco retrabalho.

b) Aspectos negativos

Por outro lado, observou-se desvio no prazo de execução e na sequência das atividades, principalmente nas atividades de instalações. Como consequência, tem-se uma alternância entre processos que seguem os planos e outros que não atendem os mesmos. E em alguns casos, equipes se dispersam em múltiplas frentes de serviço liberadas. Além disso, observou-se a ocorrência de mais que uma visita a cada ponto de trabalho por determinadas equipes devido ao trabalho em progresso e retrabalhos. A falta de alguns materiais e equipamentos necessários, além da não remoção das restrições, são as principais causas de atrasos ou alteração da sequência de atividades planejadas (“Lei da Obra”). Outro fato apontado é a intensa movimentação de colaboradores no canteiro de obra em razão, entre outros motivos, da busca de informações na engenharia ou materiais no almoxarifado.

5.1.2 Processos de instalações elétricas e hidrossanitárias

As várias fontes de evidência foram utilizadas para compreender todas as etapas de cada processo dos serviços, tanto de instalações elétricas quanto hidrossanitárias. Para apresentar as etapas dos processos, utilizou-se um quadro para cada grupo de serviços (quadro 1 e quadro 2), visto as características comuns das informações e o número de quinze processos analisados. Posterior a esses quadros, são apresentadas algumas informações complementares e importantes relativas aos processos.

Para a melhor elaboração deste quadro, foi utilizado o diagrama de cada processo a fim de representar graficamente as etapas de execução e as atividades envolvidas. Estes diagramas, encontram-se no Apêndice B.

5.1.2.1 Processo de instalações elétricas

No que tange as atividades de instalações elétricas, foram analisados oito processos. Destes, sete são serviços que resultam no produto final destinado ao cliente externo e um (instalações elétricas provisórias) necessário para demais atividades no canteiro, ou seja, clientes internos. Os serviços de produção são divididos em fase de estrutura (instalações elétricas embutidas em parede e laje), pós-estrutura (passagem de guia e emenda de fiação) e acabamento (fixação de caixas em *drywall*, instalação de acabamentos elétricos e montagem de QDC).

Processo	Atividade precedente	Atividade posterior	Turno	Frequência	Lote	Resumo de atividades			Uso de kits	Nº de funcionários	Tempo de ciclo médio	Lead time	Inspeção
						Ordem	Descrição	Denominação					
Inst. Elétricas embutidas na parede	Armação vertical	Montagem de forma	Tarde	Diária	2 aptos ou 2 aptos + hall	1	Retirada do material no almoxarifado	Espera	Sim	2	154 min. Por lote	154 min. Por lote	Após a finalização de cada cômodo
						2	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						3	Distribuição dos trechos de circuitos	Conversão					
						4	Posicionamento e fixação dos componentes na armadura vertical	Conversão					
						5	Inspeção pelo eletricista	Inspeção					
						6	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
Inst. Elétricas embutidas na laje	Armação da laje	Concretagem	Tarde	Diária	2 aptos ou 2 aptos + hall	1	Retirada do material no almoxarifado	Espera	Sim	2	86,6 min. Por lote	86,6 min. Por lote	Após a finalização de cada cômodo
						2	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						3	Distribuição dos trechos de circuitos	Conversão					
						4	Posicionamento e fixação dos componentes na armadura da laje	Conversão					
						5	Inspeção pelo eletricista	Inspeção					
						6	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
Passagem de guia no sistema de comunicação	Desforma	Instalação de acabamentos elétricos	Manhã	1 bloco / 15 dias	1 pav.	1	Retirada do material no almoxarifado	Espera	Não	2	6,67 horas por bloco	2 dias por bloco	Após a finalização do bloco
						2	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						3	Passagem de fita plástica com uso de guia passa fio pela tubulação	Conversão					
						4	Conferência da presença do fitilho nas duas extremidades da tubulação pelo eletricista	Inspeção					
						5	Inspeção da finalização do serviço pelo estagiário	Inspeção					
Emenda de fiação de circuitos	Retirada de escora remanescentes	Aplicação de massa niveladora	Manhã / tarde	1 bloco / 15 dias	2 aptos	1	Retirada do material no almoxarifado	Espera	Não	1	13,3 horas por bloco	4 dias por bloco	Após a finalização do bloco
						2	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						3	Identificação, descascamento e emenda da fiação com conectores de pressão	Conversão					
						4	Inspeção finalização serviço pelo estagiário	Inspeção					
						5	Inspeção do funcionamento do circuito através de teste de continuidade	Inspeção					
Fixação do QDC e caixas elétricas em shafts de dry wall	Dry wall	Cerâmica	Manhã / tarde	1 bloco / 15 dias	2 aptos	1	Retirada das caixas elétricas 4x2" no almoxarifado	Espera	Não	1	7 horas por bloco	5 dias por bloco	Após a finalização do bloco
						2	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						3	Encaixe das caixas elétricas 4x2" no recorte do dry wall, são duas unidades por apto	Conversão					
						4	Inspeção da fixação das caixas pelo eletricista	Inspeção					
						5	Retirada das cantoneiras metálicas e parafusos no almoxarifado	Espera					
						6	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						7	Fixação de cantoneiras no dry wall	Conversão					
						8	Retirada dos quadros de distribuição de circuito (QDC) no almoxarifado	Espera					
						9	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						10	Fixação do QDC nas cantoneiras metálicas	Conversão					
						11	Inspeção da fixação do QDC pelo eletricista	Inspeção					
						12	Inspeção do serviço pelo estagiário	Inspeção					

Processo	Atividade precedente	Atividade posterior	Turno	Frequência	Lote	Resumo de atividades			Uso de kits	Nº de funcionários	Tempo de ciclo médio	Lead time	Inspeção
						Ordem	Descrição	Denominação					
Passagem de cabos de alimentação de energia para aptos	Desforma	Dry wall	Manhã	1 bloco / 15 dias	1 prumada de 5 aptos	1	Retirada dos rolos de eletrodutos no almoxarifado	Espera	Não	2	13,3 horas por bloco	6 dias por bloco	Após a finalização do bloco
						2	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						3	Abertura de passantes deixados na laje	Espera					
						4	Passagem de eletrodutos formando as 4 prumadas pelos 5 pavimentos	Conversão					
						5	Retirada da fita metálica e pregos no almoxarifado	Espera					
						6	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						7	Fixação tubulação na parede com fita metálica e prego para concreto	Conversão					
						8	Retirada de graute no almoxarifado	Espera					
						9	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						10	Chumbamento da tubulação nas passagens da laje	Espera					
						11	Retirada dos rolos de cabos no almoxarifado	Espera					
						12	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						13	Passagem de cabos pelos eletrodutos	Conversão					
						14	Inspeção do serviço pelo eletricitista	Inspeção					
						15	Inspeção do serviço pelo estagiário	Inspeção					
Inst. de acabamentos elétricos e montagem de QDC	Cerâmica	Pintura	Manhã / tarde	1 bloco / mês	2 aptos	1	Retirada dos kits acabamento no almoxarifado	Espera	Sim	1	264 min. Por lote / 44 horas por bloco	20 dias por bloco	Após a finalização de 1 pavimento
						2	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						3	Retirada dos kits da embalagem, distribuição nos cômodos e retirada do isolamento dos fios	Conversão					
						4	Instalação de acabamentos elétricos com chave manual	Conversão					
						5	Recolhimento de embalagens individuais vazias	Espera					
						6	Recolhimento e armazenamento de espelhos dos acabamentos	Espera					
						7	Inspeção pelo eletricitista	Inspeção					
						8	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
						9	Retirada dos kits QDC no almoxarifado	Espera					
						10	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						11	Montagem do QDC: Trilho, disjuntores, barramentos, terminais e fios	Conversão					
						12	Retirada dos espelhos dos acabamentos no almoxarifado	Espera					
						13	Transporte material até local de trabalho	Transporte					
						14	Encaixe dos espelhos após a pintura	Conversão					
						15	Inspeção pelo eletricitista	Inspeção					
						16	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
						17	Inspeção do funcionamento do circuito através de teste de continuidade	Inspeção					
Inst. de rede provisória em bloco em execução	Desforma	Assentamento de janela	Manhã / tarde	1 bloco / 20 dias	1 bloco	1	Retirada quadros. Disjuntores e fios no almoxarifado	Espera	Não	2	5,8 horas por lote	2 dias por lote	Após a finalização do bloco
						2	Transporte de material até bancada	Transporte					
						3	Montagem dos quadros com tomada	Conversão					
						4	Retirada de cabos, quadros, luminárias e lâmpadas no almoxarifado	Espera					
						5	Transporte de material até local de trabalho	Transporte					
						6	Passagem dos cabos em prumada alimentando de energia os halls	Conversão					
						7	Fixação e ligação de quadros e luminárias	Conversão					
						8	Instalação de lâmpadas	Conversão					
						9	Inspeção e teste com presença de eletricitista e estagiário	Inspeção					

Quadro 1 – Descrição dos processos de instalações elétricas (Elaborado pelo autor)

A seguir são apresentadas informações complementares importantes acerca dos processos:

- O efeito aprendizagem resultou em uma diminuição no tempo de ciclo das instalações elétricas embutidas em parede e laje em 40%, aproximadamente, ao longo de toda a obra.
- As emendas da fiação dos circuitos são localizadas, principalmente, nos pontos de iluminação e estes coincidem com a posição das escoras remanescentes. Portanto, o início da atividade de emenda só pode iniciar após 21 dias transcorridos da concretagem com a retirada de todas as escoras.
- A atividade de instalação de rede elétrica provisória nos blocos em execução não é uma atividade que agrega valor ao produto final. No entanto, é uma atividade auxiliar necessária para os demais serviços e para a segurança dos funcionários.

5.1.2.2 Processo de instalações hidrossanitárias

Tratando das atividades de instalações hidrossanitárias, foram analisados 7 processos diferentes. Duas atividades pertencem à fase de estrutura (instalações hidrossanitárias embutidas em parede e laje), outras quatro, à fase de pós-estrutura (distribuição e prumada de água e esgoto, prumada de água pluvial e barrilete e medição individualizada) e, por fim, montagem de kits para uso na fase de pós-estrutura.

Processo	Atividade precedente	Atividade posterior	Turno	Frequência	Lote	Resumo de atividades			Uso de kits	Nº de funcionários	Tempo de ciclo médio	Lead time	Inspeção
						Ordem	Descrição	Denominação					
Instalações Hidrossanitárias embutidas na parede de concreto - Dreno ar condicionado	Armação vertical	Montagem de forma	Tarde	Diária	2 aptos	1	Retirada de caixa de passagem para condensadora e kits dreno simples no almoxarifado	Espera	Sim	1	33 min. Por lote	33 min. Por lote	Logo após a finalização do serviço
						2	Transporte até bancada de montagem	Transporte					
						3	Montagem da caixa de passagem no kit dreno	Conversão					
						4	Transporte kit completo até local de trabalho	Transporte					
						5	Instalação de kits na prumada de dreno para ar condicionado e fixação do sistema na armadura vertical	Conversão					
						6	Inspeção pelo hidráulico	Inspeção					
						7	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
Instalações Hidrossanitárias embutidas na laje	Armação da laje	Concretagem	Tarde	Diária	2 aptos ou 2 aptos + hall	1	Retirada do material no almoxarifado	Espera	Sim	2	76 min. Por lote	76 min. Por lote	No mesmo momento da execução
						2	Transporte do material até local de trabalho	Transporte					
						3	Distribuição e fixação na forma de passantes na laje para prumadas de esgoto	Conversão					
						4	Distribuição e fixação na armadura da laje da tubulação pex envolvida por tubo bainha para distribuição de água no apartamento	Conversão					
						5	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					

Processo	Atividade precedente	Atividade posterior	Turno	Frequência	Lote	Resumo de atividades		Uso de kits	Nº de funcionários	Tempo de ciclo médio	Lead time	Inspeção	
						Ordem	Descrição						Denominação
Prumada pluvial	Desforma	Dry wall	Manhã / tarde	1 bloco / 20 dias	1 bloco	1	Retirada de barras de tubo PVC no almoxarifado	Espera	Não	2	6,5 horas por lote	12 a 15 dias por lote	Após finalização do serviço e teste
						2	Transporte do material até o pav. Térreo do bloco	Transporte					
						3	Corte das barras de tubos com dimensão de projeto	Conversão					
						4	Distribuição dos tubos cortados nos aptos	Transporte					
						5	Retirada de conexões de PVC no almoxarifado	Espera					
						6	Transporte das conexões até os aptos	Transporte					
						7	Montagem das prumadas de água pluvial	Conversão					
						8	Retirada da conexões de PVC para ligação da prumada na rede de drenagem	Espera					
						9	Transporte do material até o local de uso	Transporte					
						10	Ligação da prumada com a rede de drenagem	Conversão					
						11	Retirada de tubos e conexões no almoxarifado	Espera					
						12	Transporte de material até o telhado	Transporte					
						13	Ligação das calhas com as prumadas	Conversão					
						14	Fixação da tubulação	Conversão					
						15	Inspeção pelo estagiário e teste de estanqueidade da calha e tubulação	Inspeção					
Distribuição e prumada de esgoto para apartamentos	Desforma	Dry wall	Manhã / tarde	1 bloco / 20 dias	1 bloco	1	Retirada de barras de tubo PVC no almoxarifado	Espera	Sim	2	38 horas por lote	13 dias por lote	Após finalização do serviço e teste
						2	Transporte do material até o pav. Térreo do bloco	Transporte					
						3	Corte das barras de tubos com dimensão de projeto	Conversão					
						4	Distribuição dos tubos cortados nos aptos	Transporte					
						5	Transporte dos kits de distribuição e conexões para prumada	Transporte					
						6	Montagem das prumadas de esgoto cloacal, gordura e espuma	Conversão					
						7	Montagem da distribuição de esgoto na cozinha e do esgoto aéreo do banheiro com uso de kits	Conversão					
						8	Retirada das conexões de PVC no almoxarifado	Espera					
						9	Transporte do material até o local de uso	Transporte					
						10	Ligação das prumadas na rede coletora	Conversão					
						11	Transporte fita metálica e pregos	Transporte					
						12	Fixação de toda a tubulação	Conversão					
						13	Retirada de tubos e conexões no almoxarifado	Espera					
						14	Transporte do material até o telhado	Transporte					
						15	Ligação das prumadas no sistema de ventilação	Conversão					
						16	Inspeção e testes de estanqueidade	Inspeção					
Distribuição e prumada de água para apartamentos	Desforma	Dry wall	Manhã / tarde	1 bloco / 20 dias	1 bloco	1	Retirada de kits do almoxarifado	Espera	Sim	2	29 horas por lote	11 dias por lote	Após finalização do serviço e teste
						2	Transporte de kits até os apartamentos	Transporte					
						3	Ligação dos kits com tubulação pex embutida na laje	Conversão					
						4	Transporte furadeira para os apartamentos	Transporte					
						5	Furação de parede de concreto na lateral do shafts para passagem de tubulação	Espera					
						6	Montagem do restante da tubulação de água	Conversão					
						7	Fixação da tubulação com fita metálica na parede de concreto	Conversão					
						8	Fixação secundária dos pontos de água na estrutura do dry wall	Conversão					
						9	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					
						10	Retirada de tubulação no almoxarifado	Espera					
						11	Transporte de material até local de uso	Transporte					
						12	Execução de prumada de alimentação de água para os apartamentos	Conversão					
						13	Inspeção pelo estagiário e teste com pressão de trabalho	Inspeção					

Processo	Atividade precedente	Atividade posterior	Turno	Frequência	Lote	Resumo de atividades		Uso de kits	Nº de funcionários	Tempo de ciclo médio	Lead time	Inspeção	
						Ordem	Descrição						Denominação
Barrilete e medição individualizada	Desforma	Dry wall	Manhã / tarde	1 bloco / 20 dias	1 bloco	1	Retirada de kits do almoxarifado	Espera	Sim	2	14 horas por lote	10 dias por lote	Após finalização do serviço e teste
						2	Transporte de kits até os apartamentos	Transporte					
						3	Conexão de kits com prumada de alimentação	Conversão					
						4	Retirada de tubos e conexões no almoxarifado	Espera					
						5	Transporte de material até local de uso	Transporte					
						6	Montagem restante da tubulação e conexão com tubos pex embutidos na laje	Conversão					
						7	Retirada de tubos e conexões no almoxarifado	Espera					
						8	Transporte de material até local de uso	Transporte					
						9	Ligação da prumada de alimentação na rede e	Conversão					
						10	Ligação de barrilete	Conversão					
						11	Fixação da tubulação com fita metálica na parede de concreto	Conversão					
						12	Inspeção pelo estagiário e teste com pressão de trabalho	Inspeção					
Fabricação de kits para sistemas hidrossanitários	Não há	Dist. e prumada de água e esgoto, medição individualizada	Manhã / tarde	1 bloco / 15 dias	1 bloco	1	Retirada de tubos, conexões e registros no almoxarifado	Espera	Não	2	7,25 horas kits esgoto; 10,50 horas kits dist. água; 2,30 horas kits medidores	13 dias por lote de todos os kits	Após a finalização da montagem
						2	Transporte de material até bancada de montagem	Transporte					
						3	Corte de tubos, preparação, colagem de conexões e, para tubulações de esgoto, colocação do anel de borracha nas conexões	Conversão					
						4	Conexão de componentes com rosca com adaptadores e registros nos kits de água e medidores	Conversão					
						5	Organização kits com uso de fita crepe	Espera					
						6	Inspeção pelo estagiário	Inspeção					

Quadro 2 – Descrição dos processos de instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor)

A seguir, seguem algumas informações relevantes adicionais a respeito dos processos:

- A ligação das prumadas pluviais com a rede de drenagem assim como a ligação das prumadas de esgoto cloacal com a rede coletora ocorre dias depois da execução das prumadas em virtude da equipe de hidráulicos executar em conjunto estas duas atividades.
- A finalização do sistema de água pluvial depende diretamente da equipe de execução do telhado e das calhas que é problemática quanto ao atendimento do planejamento.
- As atividades de prumada pluvial, distribuição e prumada de esgoto e água, barrilete e medição individual são executadas em um mesmo período de tempo em paralelo pelas mesmas equipes.

5.1.2.3 Segmentação dos processos de instalações quanto à denominação das atividades

Com base nos diagramas de processo elaborados e apresentados no Apêndice B, é proposta uma tabela comparativa (Tabela 2) informando o número de atividades de acordo com a sua denominação: transporte, espera, inspeção e conversão. Além do mais, aponta-se a porcentagem de atividades que agregam valor, possibilitando assim a identificação da presença elevada de atividades de fluxo e a análise quanto a sua eliminação.

Tabela 2 - Segmentação de etapas dos processos de instalações quanto à denominação das atividades conforme Koskela (1992)

Processo	Transporte	Espera	Inspeção	Conversão	Total	Atividades de conversão
Instalações elétricas						
Instalações elétricas embutidas na parede de concreto	1	3	2	1	7	14,3%
Instalações elétricas embutidas na laje	1	4	2	1	8	12,5%
Passagem de guia no sistema de comunicação	1	4	2	1	8	12,5%
Emenda de fiação de circuitos	1	3	2	1	7	14,3%
Passagem de cabos de alimentação de energia para aptos	6	16	3	4	29	13,8%
Fixação do QDC e caixas elétricas em shafts de dry wall	3	9	3	2	17	11,8%
Inst. de acabamentos elétricos e montagem de QDC	2	9	4	3	18	16,7%
Instalação de rede provisória em bloco em execução	5	13	1	3	22	13,6%
Inst. hidrossanitárias						
Instalações hidrossanitárias embutidas na parede de concreto - Dreno ar condicionado	3	8	2	2	15	13,3%
Instalações hidrossanitárias embutidas na laje	1	5	1	1	8	12,5%
Prumada pluvial	6	15	1	5	27	18,5%
Distribuição e prumada de esgoto para apartamentos	10	23	2	8	43	18,6%
Distribuição e prumada de água para apartamentos	6	14	2	5	27	18,5%
Barrilete e medição individualizada	5	14	1	4	24	16,7%
Fabricação de kits para sistemas hidrossanitários	7	18	1	3	29	10,3%
Média	3,87	10,53	1,93	2,93	19,27	14,5%
Representatividade das médias individuais em relação ao total médio	20,1%	54,7%	10,0%	15,2%	100,0%	

(fonte: elaborado pelo autor)

Um fato a ser analisado é o número de atividades de espera incluir os estoques no início e fim dos processos conforme os diagramas. No que tange à análise destes dados, a mesma está apresentada posteriormente no item 5.3, juntamente com demais ferramentas aplicadas na análise dos dados.

resistência do concreto durante o inverno. Logo concretava-se em dias alternados em cada bloco, isto é, um dia dedicado ao bloco 10 e outro, ao bloco 8. Assim, o ritmo que deveria ser de um pavimento a cada dois dias passou para um pavimento a cada quatro dias em um único bloco.

Diante disso, são apresentadas as linhas de balanço planejada (Figura 19) e executada (Figura 20):

Como principais características identificadas na comparação das linhas de balanço planejada e executada nota-se a presença elevada de *buffers* de tempo em ambos os gráficos. Além disso, percebe-se a diferença de ritmos, prazos e sequências entre previsto e executado, o que compromete o atendimento a metas.

5.2.2 Gráfico de aderência ao lote

O gráfico de aderência ao lote permite retratar as datas previstas e executadas para cada serviço em cada lote, podendo-se assim analisar se a equipe segue o ritmo, bem como a sequência de lotes planejados. Além disso, pode-se apontar o número de vezes que uma equipe iniciou a atividade no mesmo ponto de trabalho. Além dos gráficos, podem ser utilizados também indicadores. Schadeck (2004) propôs os indicadores PIN e PDP, e Vargas (2018) adotou o indicador de terminalidade. Já o número de visitas a um ponto de trabalho foi adotado pelo autor. Estes quatro indicadores são apresentados a seguir:

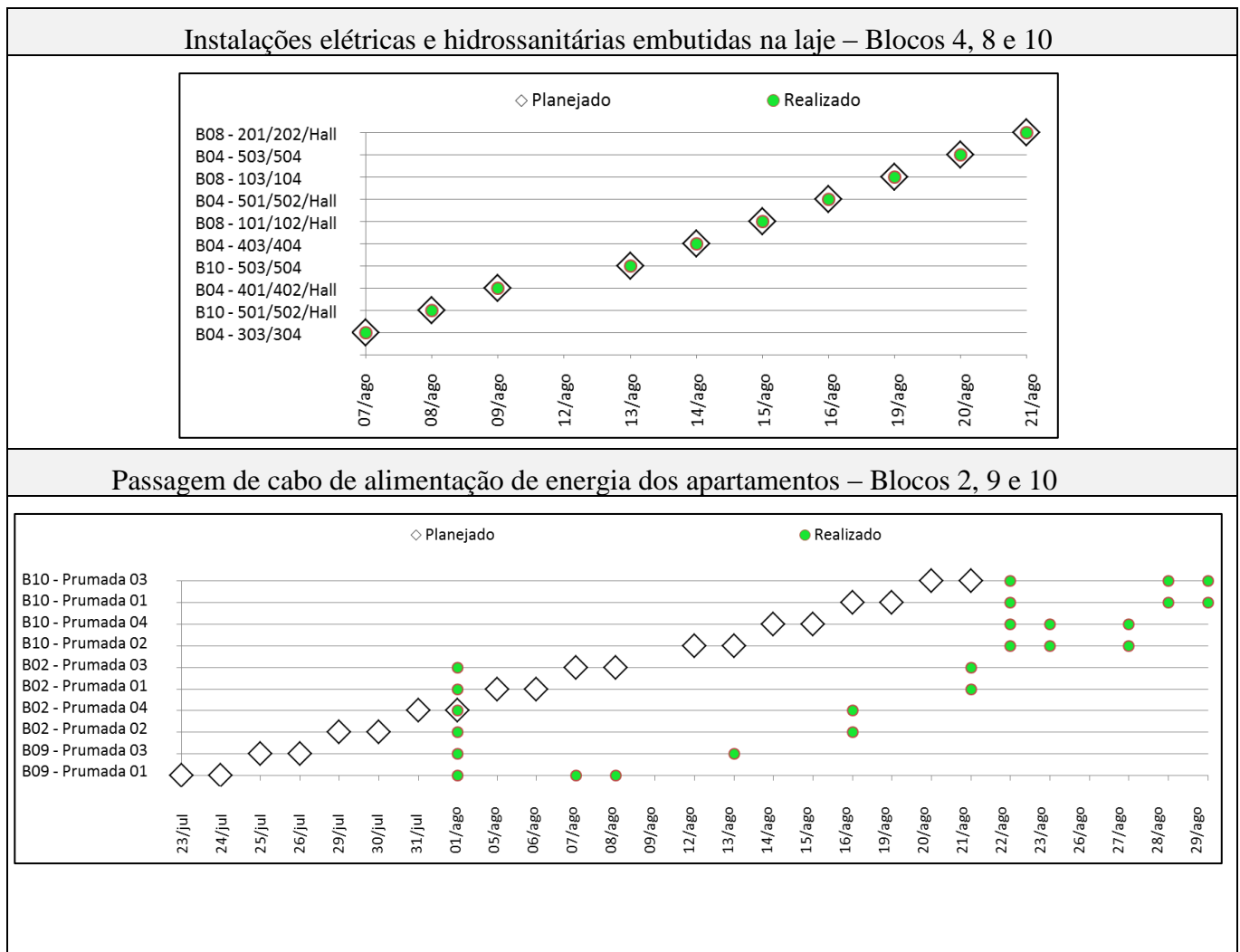
- a) Percentual de tarefas iniciadas no prazo (PIN): relação entre o número de tarefas descritas no plano de médio prazo que foram iniciadas no prazo e o número total de tarefas previstas no mesmo plano, entendendo-se como tarefas iniciadas no prazo como aquelas que foram iniciadas conforme o plano, em determinado lote, conforme o gráfico de aderência.
- b) Percentual de tarefas completadas na duração prevista (PDP): relação entre o número de tarefas concluídas na duração prevista e o número de tarefas total para determinado período, entendendo-se que uma tarefa foi completada na duração prevista quando *lead time* relativo à execução é igual ao planejado em determinado lote, conforme gráfico de aderência.
- c) Número de visitas a um mesmo ponto de trabalho: monitora o número de vezes em que a equipe iniciou a atividade em um mesmo local de trabalho para cada processo. Entende-se por local de trabalho um apartamento, pavimento ou bloco, de acordo com o lote de produção. O cálculo é feito pela divisão do número de vezes que se iniciou a atividade no bloco pelo número de pontos de trabalho.
- d) Indicador de terminalidade: indica a terminalidade de cada processo, seu cálculo é apresentado na Equação 2. Entende-se como falta de terminalidade quando para determinado lote a duração do processo é maior que o planejado ou contém *buffer* de

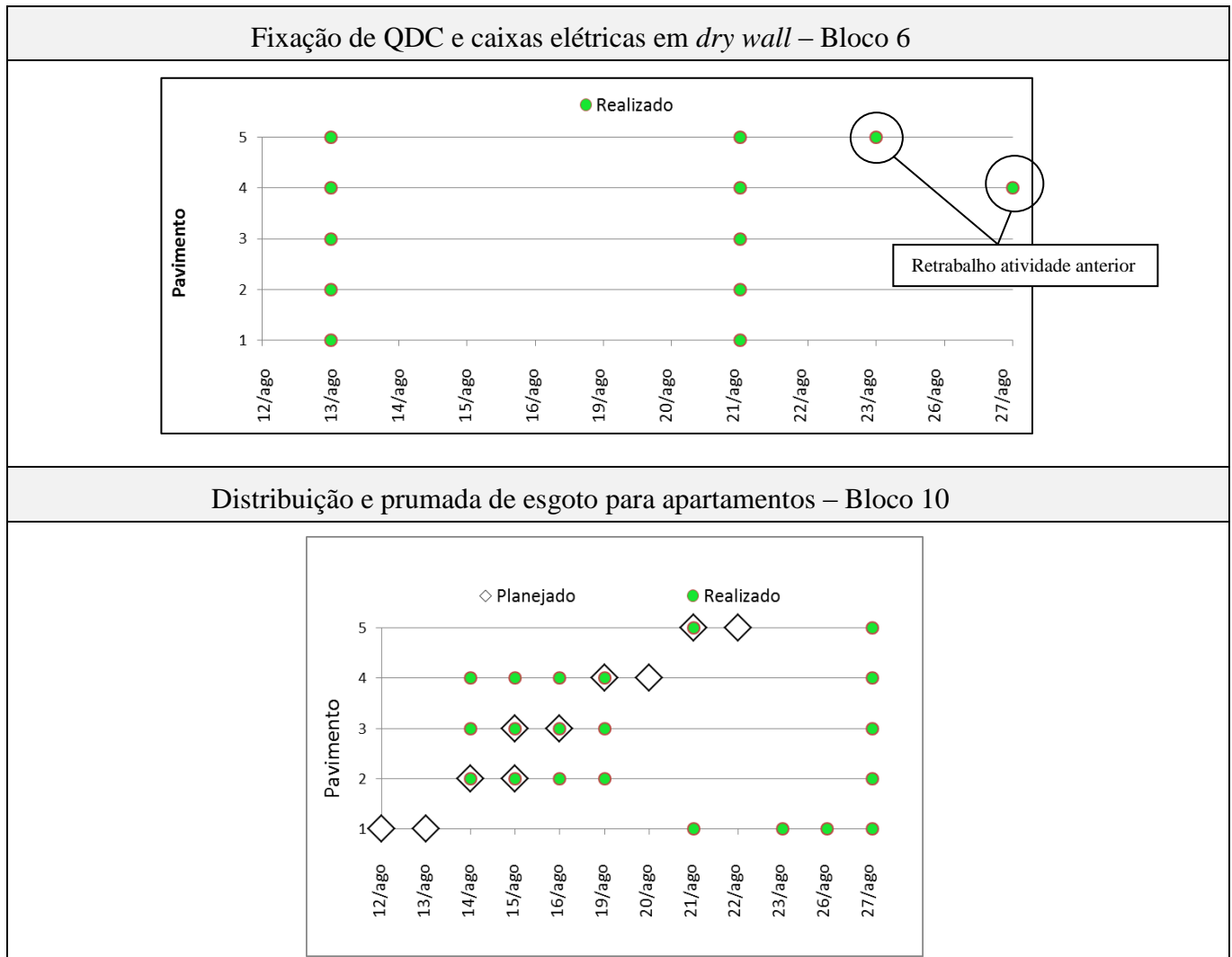
tempo durante sua execução. Para melhor compreensão é apresentado o cálculo do indicador para o serviço de prumada de água pluvial em que das seis unidades de produção retratadas no gráfico de aderência ao lote, a realização da ligação das calhas nas prumadas teve um *buffer* de tempo entre início e fim da atividade. Logo, devido a apenas o lote de calhas conter *buffer* e duração maior que a prevista em seu processo entre os seis lotes, seu indicador é igual a 83%.

$$\text{Indicador de terminalidade (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{atividades com falta de terminalidade}}{\text{atividades em andamento}} \right) \times 100$$

Equação 2 – Cálculo do indicador de terminalidade (VARGAS, 2018)

Diante disso, a seguir é apresentado o Quadro 3 contendo os principais gráficos de aderência ao lote. O restante dos gráficos é apresentado no Apêndice C com exceção das atividades de instalação de rede provisória nos blocos em execução e montagem de kits hidrossanitários, estes não sendo serviços planejados ou pertencentes a uma unidade de trabalho.





Quadro 3 – Gráficos de aderência ao lote (Elaborado pelo autor)

Diante dos gráficos de aderência ao lote apresentados nota-se que há serviços em que o executado é igual ou muito semelhante ao planejado. No entanto, na maioria dos processos o que ocorre é a não aderência ao planejamento. Esta é representada pelos prazos de início e fim assim como pelas sequências não atendidas, pela duração de atividades maior que o previsto e pela presença de *buffers* de tempo em meio ao processo, aumentando assim o *lead time* das atividades e o trabalho em progresso.

Após os gráficos de aderência ao lote, aponta-se a Tabela 3 contendo os indicadores referidos anteriormente como PIN, PDP, número de visitas a um mesmo ponto de trabalho durante um processo e indicador de terminalidade:

Tabela 3 - Indicadores relativos ao gráfico de aderência ao lote

PROCESSO	PIN	PDP	NÚMERO DE VISITAS	TERMINALIDADE
Inst. Elétricas embutidas em parede de concreto	100,0%	60,0%	1,4	60%
Inst. Hidrossanitárias embutidas na parede de concreto	100,0%	100,0%	1	100%
Inst. Elétricas e Hidrossanitárias embutidas na laje	100,0%	100,0%	1	100%
Passagem de guia no sistema de comunicação	0,0%	100,0%	1	100%
Emenda de fiação de circuitos	Sem planejamento		1	100%
Passagem de cabos de alimentação de energia para aptos	0,0%	0,0%	2,5	0%
Fixação de QDC e caixas elétricas em <i>dry wall</i>	Sem planejamento		2,4	0%
Instalação de acabamentos elétricos e montagem de QDC	0,0%	0,0%	3	0%
Prumada de água pluvial	16,7%	66,7%	1,83	83%
Distribuição e prumada de esgoto para apto	33,3%	0,0%	4,2	0%
Distribuição e prumada de água para apto	0,0%	0,0%	2,8	0%
Barrilete e medição individualizada	0,0%	0,0%	3	0%

(fonte: elaborado pelo autor)

O resultado dos indicadores demonstra que os processos pertencentes à etapa de estrutura e, portanto mais padronizados, são mais confiáveis e tem valores muito bons. Em contrapartida, os processos pertencentes a fase de pós-estrutura e acabamento tem resultados muito ruins no que tange a prazos, terminalidade e número de visitas. Isso reflete a presença de *buffers* de tempo em meio aos processos, de trabalho em progresso e do número elevado de atividades de fluxo que aumentam o *lead time* das atividades e tornam a produção instável.

5.2.3 Gráfico de sequenciamento

O gráfico de sequenciamento de atividades visa identificar o fluxo de atividades no canteiro de obras, sendo neste caso apontadas a ordem das mesmas bem como o número de ocorrências em cada dia no período de coleta de dados. Além disso, o gráfico evidencia a movimentação entre o início de cada atividade pelos funcionários. Sendo assim, é apresentado um gráfico referente às instalações elétricas (Figura 22) e outro, hidrossanitárias (Figura 24), considerando retângulos das atividades bem como a seta indicando o sentido da movimentação e ordem das mesmas através das cores informadas na legenda nas Figura 21 e Figura 23. Além do mais, no retângulo de cada serviço é informado o número de funcionários envolvidos na execução bem como o número da atividade iniciada no dia pela mesma equipe de trabalho.

a) Instalações elétricas

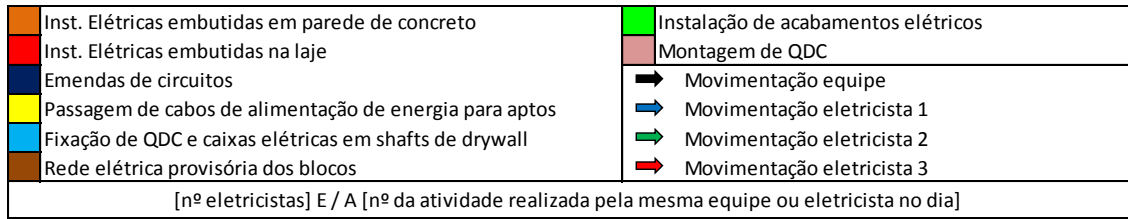


Figura 21 – Legenda para atividades para instalações elétricas (Elaborado pelo autor)

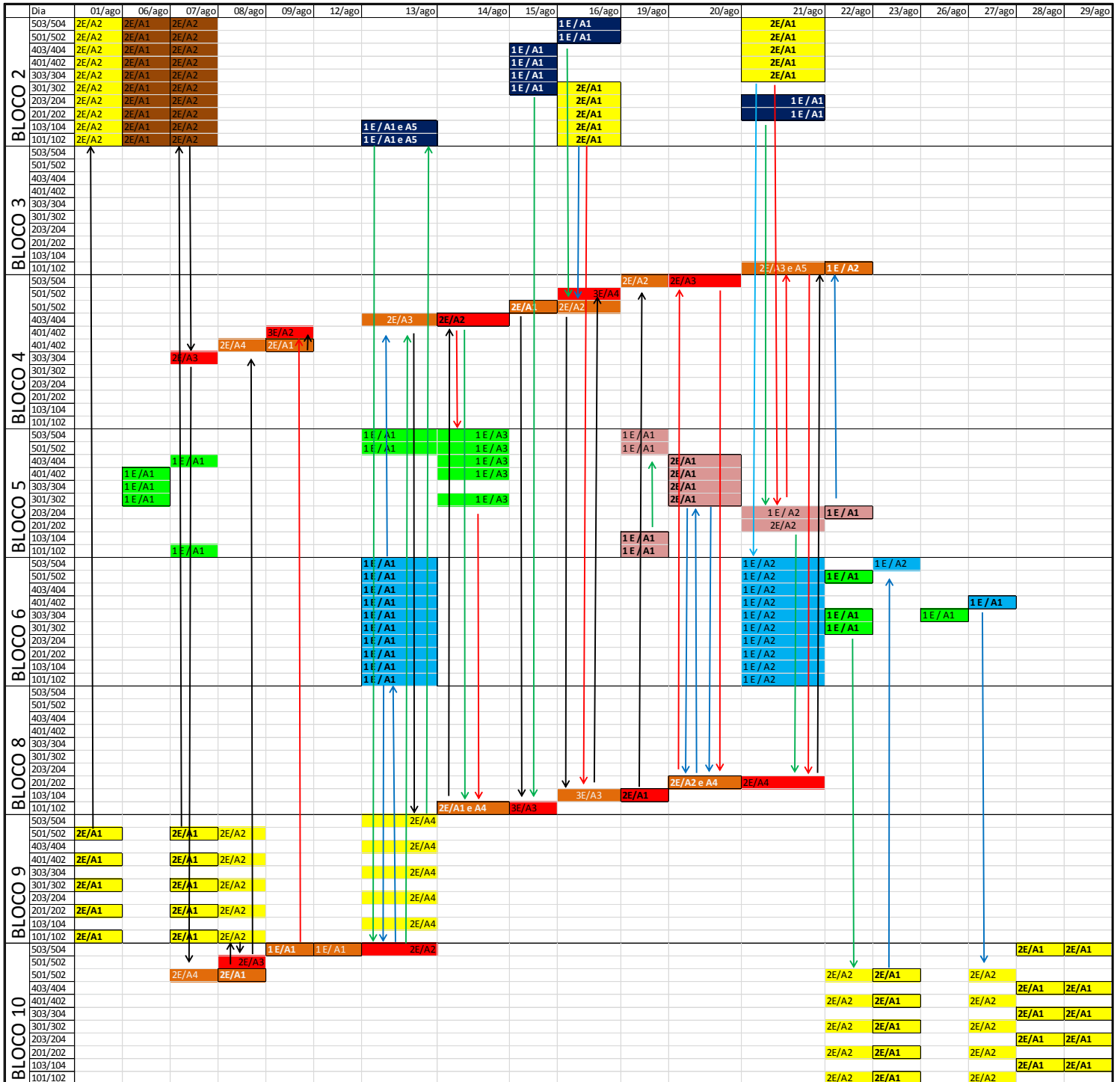


Figura 22 – Gráfico de sequenciamento para instalações elétricas (Elaborado pelo autor)

Ao analisar as atividades de instalações elétricas nota-se a grande quantidade de frentes de serviços iniciadas em vários blocos, com isso há a dispersão das equipes bem como trabalho em progresso, movimentações no canteiro de obras e operações de *setup*. Conseqüentemente, o lead time dos processos é maior e o número de atividades que não agregam valor é expressivo.

b) Instalações hidrossanitárias
















	Inst. Hidrossanitárias embutidas em parede de concreto		Fabricação de kits de distribuição de água para apto - Obra
	Inst. Hidrossanitárias embutidas na laje		Fabricação de kits para medidores individuais - Obra
	Prumada de água pluvial		Movimentação equipe 1
	Distribuição e prumada de esgoto apto		Movimentação equipe 2
	Distribuição e prumada de água apto		Movimentação hidráulico 1
	Barrilete e medição individualizada		Movimentação hidráulico 2
	Fabricação de kits de distribuição de esgoto para apto - Obra		Movimentação aux. Hidráulico
			Movimentação hidráulico 3
[nº hidráulicos] E / A [nº da atividade realizada pela mesma equipe ou hidráulico no dia]			

Figura 23 – Legenda para atividades para instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor)

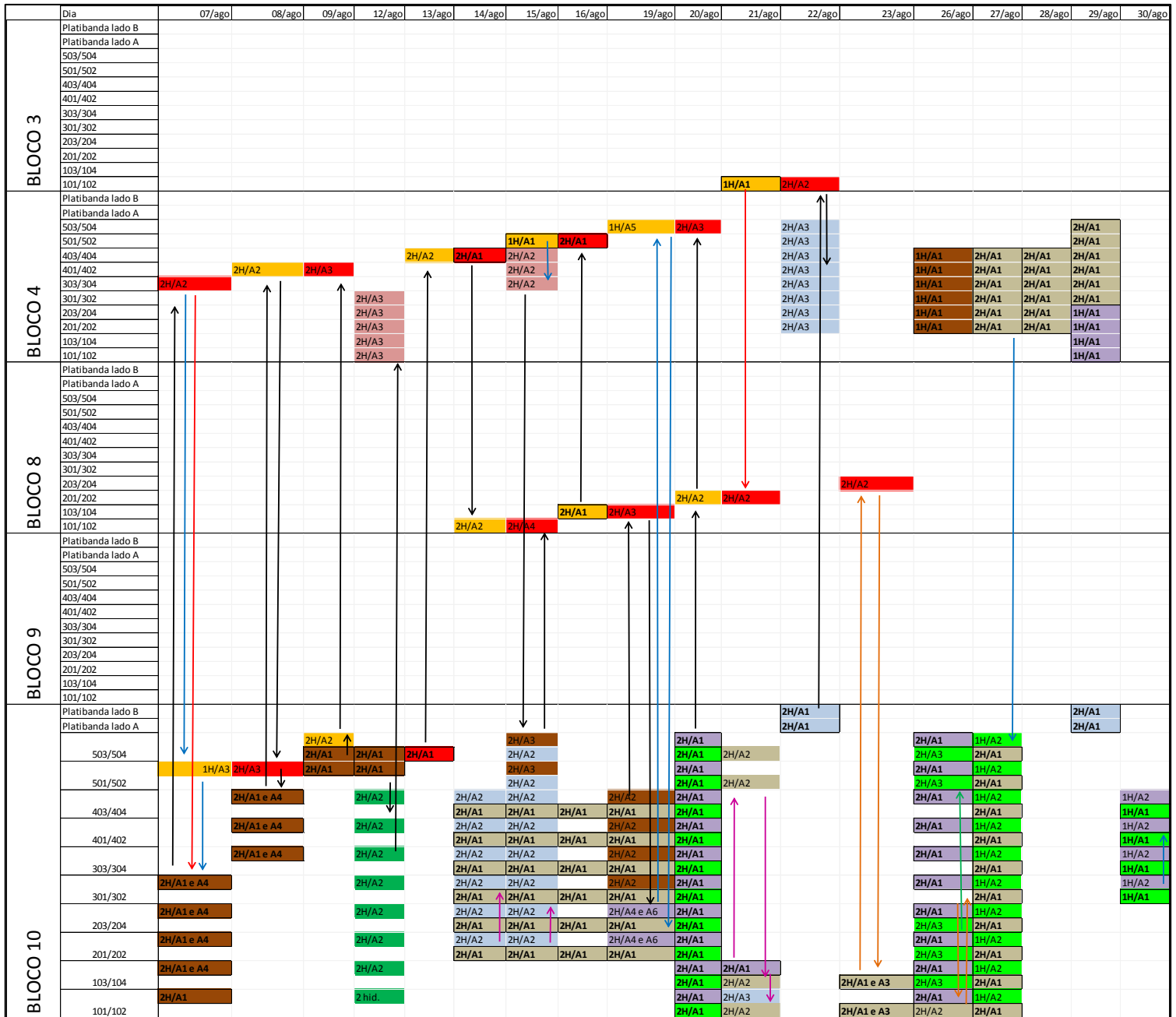


Figura 24 – Gráfico de sequenciamento de atividade para instalações hidrossanitárias (Elaborado pelo autor)

No que se refere ao gráfico de sequenciamento das atividades de instalações hidrossanitárias, este demonstra o grande número de atividades correntes ao mesmo tempo e a presença de trabalho em progresso. No entanto, há menos movimentação se comparado às instalações elétricas devido à produção estar concentrada apenas em dois blocos, principalmente. Logo, há uma menor dispersão das equipes e menor número de operações de *setup*.

Ademais, para complementar a interpretação dos dados relativos a sequenciamento de atividades, é elaborada de forma resumida a Tabela 4 identificando o número médio, mínimo

e máximo referentes às atividades executadas em um mesmo dia, às movimentações entre as mesmas e aos blocos com serviços sendo executados no mesmo dia.

Tabela 4 - Resumo dos gráficos de sequenciamento de atividades

CARACTERÍSTICAS DIÁRIAS	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS			INSTALAÇÕES GERAIS		
	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
Nº DE ATIVIDADES	3,0	1	6	3,3	1	6	6,11	2	11
Nº DE MOVIMENTAÇÕES ENTRE ATIVIDADES	2,4	0	7	2,1	0	5	4,37	0	10
Nº DE BLOCOS EM EXECUÇÃO	2,7	1	6	2,2	1	3	2,46	1	6

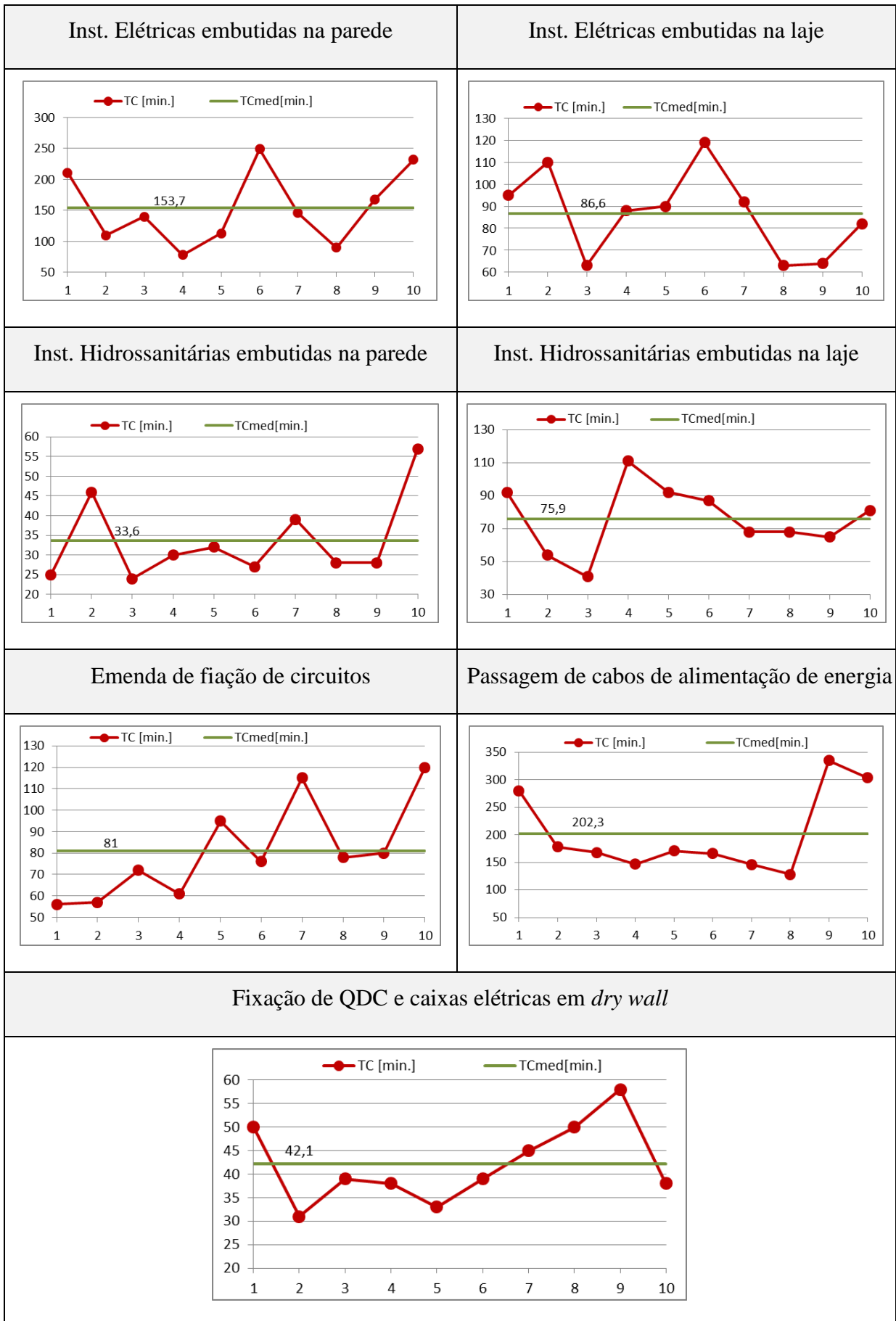
(fonte: elaborado pelo autor)

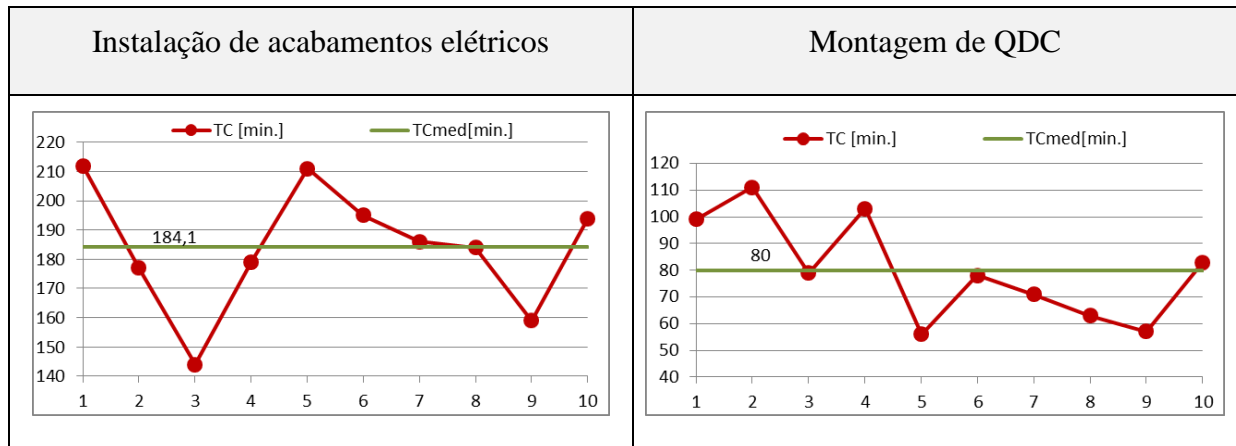
A partir da tabela 4 fica evidente a falta de foco da produção e o cumprimento da sequência de atividades estabelecida, assim nota-se muita variabilidade nos processos e número de atividades diárias. Como consequência tem-se a falta de estabilidade da produção.

5.2.4 Gráfico de variação do tempo de ciclo

Outro resultado da fase de desenvolvimento é a elaboração de gráficos de variação do tempo de ciclo dos processos, sendo coletadas amostras de apenas nove atividades devido a dois motivos: (a) atividade de passagem de guia era realizada em um horário no qual não foi possível medir os tempos; (b) algumas atividades, tais como prumada pluvial, distribuição e prumada de água e esgoto, barrilete e medição individualizada, instalação de rede elétrica provisória nos blocos e montagem de kits, possuem como lote de produção o bloco inteiro, ou seja, não foi possível a coleta de dados de uma mesma atividade em vários lotes ao longo do período de estudo. Ademais, devido ao processo de instalação de acabamentos elétricos ocorrer muito tempo antes que a montagem de QDC, a medição dos tempos de ciclo foi separada, somando-se posteriormente para demais análises. No entanto, para verificação da variação do tempo de ciclo, estas foram consideradas separadamente.

A seguir é apresentado o Quadro 4 contendo os gráficos de variação do tempo de ciclo assim como o tempo de ciclo médio, sendo no eixo das ordenadas indicado o tempo e no eixo das abcissas as dez observações de cada processo:





Quadro 4 – Variação do tempo de ciclo (Elaborado pelo autor)

Diante dos gráficos do tempo de ciclo das atividades, pode-se observar a relevância da variação além do fato da expressiva amplitude entre os valores mínimos e máximos. A fim de tirar conclusões mais acuradas a Tabela 5 apresenta a média, o coeficiente de variação bem como o tempo de ciclo mínimo e máximo de cada processo.

Tabela 5 - Resumo dos gráficos de variação do tempo de ciclo

PROCESSO	MÉDIA [MIN.]	DESVIO PADRÃO [MIN.]	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	MÍNIMO [MIN.]	MÁXIMO [MIN.]
Inst. Elétricas embutidas em parede de concreto	153,7	59,91	39,0%	78	249
Inst. Elétricas embutidas na laje	86,6	19,31	22,3%	63	119
Inst. Hidrossanitárias embutidas na parede de concreto	33,6	10,64	31,7%	24	57
Inst. Hidrossanitárias embutidas na laje	75,9	20,66	27,2%	41	111
Emenda de fiação de circuitos	81	22,58	27,9%	56	120
Passagem de cabos de alimentação de energia para aptos	202,3	74,39	36,8%	128	335
Fixação de QDC e caixas elétricas em <i>dry wall</i>	42,1	8,46	20,1%	31	58
Instalação de acabamentos elétricos	184,1	21,18	11,5%	144	212
Montagem de QDC	80	19,26	24,1%	56	111

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir desta tabela, confirmam-se as análises feitas com base nos gráficos por meio, principalmente, do coeficiente de variação bastante elevado na grande maioria das atividades, resultando em um valor médio de 27% de variação. No entanto, não há um fator comum que possa justificar estes dados e sim, um conjunto de problemas com origens gerenciais e operacionais que serão discutidos posteriormente. No que se refere às consequências, estas refletem na falta de confiabilidade da produção nos serviços de instalações.

5.2.5 Identificação de atividades que não agregam valor

Por fim, o último resultado da interpretação dos dados colhidos é referente à identificação das atividades que não agregam valor assim como a sua importância relativa na produção de serviços de instalações. Primeiramente identificou-se as atividades executadas pelas equipes durante a coleta para a amostragem de trabalho separadas em três grupos: atividades produtivas, auxiliares e improdutivas, todas estas seguidas pelo número de ocorrências bem como o percentual ocupado por cada uma em relação ao total de atividades de instalações elétricas e hidrossanitárias, separadamente (Apêndice D). Atividades produtivas são tarefas presentes no escopo de trabalho e que agregam valor ao produto final, ou seja, atividades de conversão; atividades auxiliares são atividades que não geram valor ao produto final por não ser atividades de transformação, no entanto são essenciais para a conclusão das tarefas; por fim, atividades improdutivas são as atividades totalmente desnecessárias para a produção do produto, isto é, desperdícios que devem ser eliminados

Além disso, interpretando os dados contidos nas tabelas anteriores chega-se ao da Figura 25, no qual são apresentadas as porcentagens de atividades produtivas, auxiliares e improdutivas.

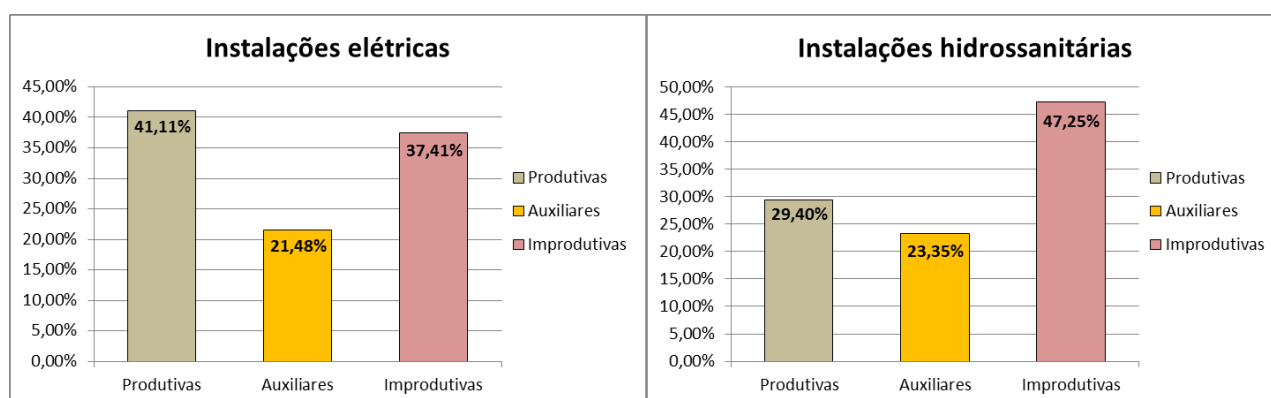


Figura 25 – Atividades produtivas, auxiliares e improdutivas (Elaborado pelo autor)

Por fim, é exibido na Figura 26 o gráfico final que separa o total de atividades de instalações segundo a agregação valor ao produto final. Sendo assim, a soma das atividades improdutivas e auxiliares representa as atividades que não agregam valor. Já o restante, isto é, as atividades produtivas, agregam valor ao produto.

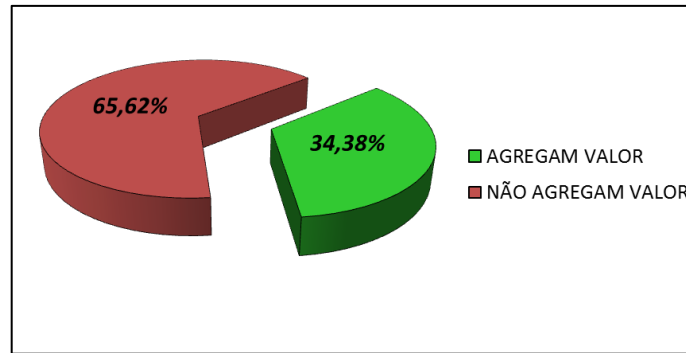


Figura 26 – Gráfico do percentual de atividades segundo o quesito de agregação de valor ao produto final (Elaborado pelo autor)

5.3 ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A análise crítica do sistema de produção foi segmentada em quatro categorias, de acordo com a natureza dos diagnósticos feitos: definições e planejamento de longo prazo; planejamento e controle de médio prazo; planejamento e controle de curto prazo; operações e equipes de trabalhadores. Por fim, apresenta-se a conclusão das análises realizadas e uma estimativa das perdas nas equipes de instalações.

5.3.1 Definições e planejamento de longo prazo

Ao iniciar a análise do sistema de produção identificou-se, primeiramente, que existem diferenças substanciais entre o andamento da obra e o plano de longo prazo. Este documento é falho, pois, além de ser utilizado apenas como estimativa para programação de atividades, o mesmo apresenta *buffers* elevados entre unidades e processos, assim como ocorre o cruzamento do sentido dos fluxos em algumas atividades. Como consequência, há sobreposição de serviços em uma mesma unidade de produção. Além disso, nota-se a ausência de serviços no plano mestre e que deveria ser executados pelas equipes de instalações, deixando assim estes como tarefas sem data definida para execução.

No que tange às definições necessárias para a elaboração de um plano mestre eficaz, há falta de uma definição clara e padronização dos ritmos dos processos bem como dos lotes de produção e da sequência de execução dos lotes de cada atividade. Assim, não existe aderência entre a realidade da obra e o plano de longo prazo, devido à falta de consideração de características de cada processo. Um exemplo claro desse fato é a fragmentação de serviços em lotes de apartamentos para todas as atividades, o que não condiz com a lógica de execução de prumadas de esgoto ou alimentação de energia para os apartamentos. No que tange a

ausência de definição da sequência de execução, gráficos de aderência ao lote indicam o início de alguns serviços em unidades de pavimentos intermediários, enquanto outros apresentam como ponto de partida pavimentos extremos como térreo ou quinto andar, sendo a ordem seguida a partir disso, variável também.

5.3.2 Planejamento e controle de médio prazo

Em decorrência da falta definição clara das sequências e ritmo das atividades, da padronização insuficiente dos processos, a falta de sincronização das atividades e a não remoção de restrições para a execução, observa-se que a sequência de execução, os ritmos e lotes de produção seguidos pelos prazos estimados não seguem o previsto, isto é, variam de acordo com o processo quanto ao atendimento de metas. Dessa forma, a produção é cercada de incertezas devido à presença de estoques entre processos e unidades de trabalho. As restrições mais observadas foram a falta de material, a falta de condições para início do serviço causada por atividades predecessoras e a incompatibilidade na interação entre atividades e equipes de trabalhadores.

Outra consequência observada foi o tempo de ciclo e *lead time* dos processos previstos não estar de acordo com a realidade encontrada, impactando assim, em problemas de atendimento de prazos e programação de equipes. No que se refere à programação de atividades, o diagnóstico da situação atual da produção permite afirmar que, apesar de haver uma preocupação maior com os serviços de estrutura, há a dispersão da produção pelos diversos blocos da obra (tabela 4) juntamente com a diferenciação da prioridade de execução de determinados serviços e até mesmo sobreposição de atividades em uma mesma unidade de trabalho (figura 20).

5.3.3 Planejamento e controle de curto prazo

O atendimento dos prazos, ritmos e sequências está muito ligado à programação semanal das equipes e serviços evitando a ocorrência de desvios na produção. No entanto, o empreendimento estudado não utiliza planejamento de curto prazo assim como indicadores que permitam monitorar a eficácia dos planos de curto prazo, além do fato de não haver o registro das causas de não atendimento às metas. Logo, identifica-se um número elevado de frentes de serviço iniciadas ao mesmo tempo pelas mesmas equipes assim como o número de atividades diárias realizadas por cada uma. Dessa forma, ocorre a dispersão das equipes seguida pelas várias atividades de *setup* necessárias que resultam no aumento considerável

das atividades que não agregam valor, bem como a presença de estoques de produtos inacabados, *buffers* de tempo entre e durante o processo e inúmeras interrupções durante a execução das atividades. Além disso, contribui para a instabilidade da produção a falta de sincronização dos ritmos e os tempos de ciclo e *lead time* variados de cada processo. Assim, algumas tarefas são tratadas com um maior grau de importância no que se refere ao planejamento, sendo postergado frequentemente o início de certas atividades até o momento em que estas passam a limitar outros processos.

Por fim, identificou-se o aumento da produção das equipes de instalações em períodos do mês próximo à medição de serviços para pagamento, fato este decorrente da liberdade dos subempreiteiros em iniciar frentes de trabalho como forma de se obter tarefas suplentes em caso de problemas com atividade planejada. Isto pode ser justificado pela qualidade do trabalho prestado pelas equipes de instalações resultando em baixos índices de retrabalho e somado a quantidade produzida ao longo dos meses que, apesar dos problemas relatados com eficiência, se mantém alta e atende as necessidades da obra.

5.3.4 Operações e equipes de trabalhadores

No que se refere aos aspectos operacionais, identificou-se a variação na formação e no tamanho das equipes responsáveis pelos serviços de instalações além da falta de balanceamento das mesmas, ou seja, os tempos de execução são distintos para cada processo. Diante disso, nota-se que a dispersão das equipes em várias frentes de trabalho, além de ocasionar um número elevado de atividades de *setup*, e conseqüentemente, atividades que não agregam valor. Isto contribui para o aumento da variabilidade na execução dos processos e operações bem como impacta negativamente o tempo de ciclo e *lead time* também variados e elevados das atividades. Os problemas apontados dificultam a observação do fluxo contínuo dos processos e fluxo ininterrupto de trabalho, uma vez que há interrupções e estoques de produtos inacabados.

Logo, a instabilidade do trabalho das equipes de eletricitas e hidráulicos é notada nas alternâncias entre momentos de alta produtividade e terminalidade e momentos marcados por muitas atividades que não agregam valor e trabalho em progresso com elevado número de visitas a um mesmo ponto de trabalho. Desse modo, o atendimento aos prazos e seqüências conforme planos de longo prazo não ocorre devido à falta de sincronização dos ritmos provocada por este conjunto de fatores.

5.3.5 Conclusão das análises

Portanto, diante do diagnóstico apresentado, pode-se concluir que os serviços de instalações são divididos em três grupos segundo suas características: serviços padronizados, serviços pontuais e serviços complexos. O primeiro grupo é composto por atividades com procedimentos e sequências padronizadas somando-se ao uso de kits prontos, além do fato de possuir baixo grau de complexidade juntamente com rapidez na execução repetida diariamente em lotes pequenos o que fortalece o efeito aprendizagem. Ademais estas atividades são marcadas pelo atendimento ao planejamento, baixos índices de trabalho em progresso e necessitam, salvo exceções, de apenas uma visita aos pontos de trabalho, trata-se das instalações elétricas e hidrossanitárias embutidas em parede e laje de concreto, ou seja, pertencentes à fase de estrutura.

No segundo grupo de serviços encontram-se atividades de passagem de guia em sistema de comunicação, emendas de fiação de circuitos e fixação de quadros de distribuição de circuitos e caixas elétricas em *dry wall*. Estas são caracterizadas por serem pontuais, com lote de produção de vinte apartamentos, isto é, o bloco inteiro, e possuem rápida execução somando-se o fato de que duas delas não estarem incluídas nos planos. Como resultado, estes serviços não são tratados com o mesmo nível de cobrança quanto ao atendimento de prazos e sequências, sendo sua execução feita em segundo plano quando atividades consideradas prioritárias forem concluídas, implicando assim a presença de *buffers* e em elevados *lead times* evidenciados pelo trabalho em progresso e pelo número de visitas às unidades, causando falta de sequenciamento entre as unidades e não cumprimento dos planos pelos atrasos na conclusão das atividades.

Por fim, o último grupo de serviços de instalações que, ao contrário do segundo grupo, trata de serviços mais complexos, com maior número de etapas e com elevada duração da execução, sendo executados geralmente em grandes lotes iguais ao bloco. Percebe-se então, a presença de estoques de produtos inacabados, ou seja, trabalho em progresso, juntamente com o relevante número de visitas as unidades de trabalho chegando a ser superior a quatro em determinado serviço, revelando assim existência de *buffers* de tempo durante a produção e o elevado *lead time* das atividades. Como fruto destas circunstâncias, têm-se baixos índices de atendimento aos planos e sequência de execução variada e diferente do previsto. Logo, os processos envolvidos neste último grupo referido são: passagem de cabos de alimentação de energia para os apartamentos, instalação de acabamentos elétricos e montagem de quadro de

distribuição de circuitos, prumada de água pluvial, distribuição e prumada de esgoto e água, barrilete e medição individualizada.

A partir disso, os impactos na produção são retratados pelas incertezas em atender os prazos e sequências de produção que definem as metas estabelecidas bem como a presença de estoque de produtos inacabados em vários dos processos estudados. Além disso, nota-se a inconstante eficiência das equipes de instalação. Dessa forma, uma elevada parcela das atividades nos serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias não agregam valor, atingindo 65,62% do tempo dos trabalhadores no canteiro de obra. Sendo deste percentual parte essencial para o andamento dos processos considerada como atividades auxiliares e outra, que pode ser reduzida e é encarada como perda. Assim por meio de uma análise nas principais atividades de fluxo, identifica-se que 54,26% do total de atividades realizadas pelas equipes são passíveis de redução ou eliminação, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Principais atividades de fluxo

ATIVIDADES	OCORRÊNCIAS	PORCENTAGEM SOBRE O TOTAL DE AMOSTRAS
Parado sem motivo	84	13,25%
Não encontrado	79	12,46%
Movimentação no canteiro	78	12,30%
Transporte de materiais	73	11,51%
Espera para retirada de material no almoxarifado	30	4,73%
TOTAL	344	54,26%

(fonte: elaborado pelo autor)

De forma a mensurar os desperdícios gerados por estas atividades que não agregam valor, considera-se um dia de trabalho com duração de oito horas e quarenta e cinco minutos e uma equipe de sete funcionários responsáveis pelos serviços de instalação, resultando em aproximadamente 34 horas de trabalho consideradas como perdidas por dia. Além disso, com base na tabela atual do SINAPI (CEF, 2019) – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – define-se o preço médio para a equipe de R\$21,44 pela hora trabalhada de cada funcionário. Logo, aproximadamente R\$715,00 por dia são desperdiçados devido a atividades que não agregam valor, de modo a gerar aproximadamente 130 mil reais em perdas ao longo dos meses em que a equipe atuou no empreendimento.

Diante do exposto na etapa de análise dos resultados, torna-se clara a necessidade de eliminação dos problemas na produção levantados assim como a redução das atividades que não agregam valor ao produto final. Assim, coube aqui ao autor apontar os pontos passíveis de melhorias e suas características possibilitando a escolha e proposta de ferramentas e técnicas capazes de impactar de forma positiva na produção de serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias.

5.4 PROPOSTAS DE MELHORIA

Com base no diagnóstico das informações geradas pelas ferramentas de análise de processo bem como na bibliografia acerca do sistema de PCP, foram propostas diretrizes para atenuar os problemas observados. Agrupadas nas quatro categorias citadas no subcapítulo anterior: (a) uso da técnica de linha de balanço para definição clara de parâmetros e elaboração de planejamento de longo prazo; (b) uso do sistema *last planner* para problemas referentes a planejamento e controle de médio e curto prazo; (c) utilização do gráfico de balanceamento de operador; e (d) aplicação da tabela de trabalho padronizado combinado para inibir falhas presentes nas operações.

5.4.1 Uso de linha de balanço para elaboração de planos de longo prazo

Visando a melhora dos processos de produção, primeiramente busca-se soluções para questões gerenciais envolvendo definição de parâmetros e criação de planos de longo prazo eficazes de forma a servir como base sólida para os demais horizontes de planejamento. Optou-se pela linha de balanço devido à clareza e riqueza das informações contidas na sua elaboração.

Para elaboração de uma linha de balanço é fundamental a definição dos parâmetros os quais serão a base para a criação do planejamento. Logo, é necessária a determinação e, principalmente, a padronização do tamanho dos lotes de cada processo, a sequência de execução das atividades, os ritmos e fluxos de produção com base no tempo *takt* e a inserção de *buffers* após serviços com relevante variabilidade. Dessa forma, se contempladas as características específicas de cada processo em conjunto com a transparência ao transmitir as informações, a linha de balanço pode se mostrar eficaz na elaboração do plano de longo prazo.

No que tange ao planejamento de longo prazo, as falhas encontradas foram na definição de parâmetros ausentes ou inconsistentes com a realidade e a transmissão confusa das

informações apresentadas em gráficos de Gantt individuais de cada bloco e que dificultaram a gestão eficaz da obra. Assim, a linha de balanço permite realizar uma análise de viabilidade de planos de ataque de múltiplos blocos e a sincronização dos processos através da visualização temporal e espacial das atividades e suas equipes, além da possibilidade de dimensionamento explícito de *buffers* em decorrência da sua confiabilidade. Por fim, a estabilidade da produção pode ser facilitada pelo uso desta ferramenta, pois ela contribui significativamente na redução da variabilidade, descontinuidade, perdas e atividades que não agregam valor, resultando no fluxo contínuo e ininterrupto, aumento da eficiência das equipes e redução do tempo de execução do empreendimento.

5.4.2 Implementação do Sistema Last Planner

O Sistema Last Planner (SLP) tem foco no nível operacional dos processos, tendo como objetivos envolver a aplicação de planejamento e controle da produção nos níveis de médio e curto prazo por meio de planilhas simples e claras além de avaliar a eficácia dos planos operacionais. O Sistema Last Planner pode ser dividido em dois níveis: planejamento de médio prazo (*lookahead planning*) e planejamento de curto prazo (*commitment plan*).

5.4.2.1 *Lookahead Planning* como planejamento e controle da produção de médio prazo

Como um dos principais obstáculos observados nos serviços de instalações, cita-se falhas no estabelecimento e cumprimento do sequenciamento de atividades como um fluxo ininterrupto. Logo, o *lookahead planning* tem esse como um dos seus objetivos mais relevantes (BERNARDES, 2001), juntamente com a identificação de restrições, atribuições de tarefas e recursos necessários de modo garantir o atendimento as metas através da execução conforme ritmos e lotes de produção planejados no plano mestre conforme Tommelein e Ballard (1997 apud BERNARDES, 2001).

Sua implementação se dá por meio de reuniões e planejamento das atividades com horizonte de médio prazo móvel (duração varia de acordo com características da obra), ou seja, o gerente da obra segmenta a produção descrita no plano de longo prazo em pacotes de trabalhos menores e a partir disso, busca-se identificar e remover as restrições que possam impactar negativamente a produção (ISATTO et al., 2000). Dessa forma há a redução das incertezas acerca dos processos produtivos e eliminação de estoques entre processos. Assim, contribui-se para o estabelecimento do fluxo ininterrupto e contínuo. Para isso, se faz

necessário a definição e padronização do tempo de ciclo e *lead time* de cada processo de modo a permitir a ideal programação das equipes visando o alcance das metas.

Além disso, como uma maneira de mensurar o desempenho deste sistema, Akkari (2003) propõe o Indicador de Remoção de Restrições (IRR) com o objetivo de avaliar a eficácia do processo de remoção de restrições no nível de planejamento de médio prazo. Para a determinação deste, filtra-se os pacotes de trabalho que necessitam ser realizados no horizonte de curto prazo e identificando aqueles que tiveram suas restrições efetivamente removidas. Diante disso, pode-se fazer o acompanhamento da evolução deste processo após a implementação de forma a aumentar a confiabilidade tanto no planejamento quanto na produção.

5.4.2.2 Utilização de planejamento de curto prazo

Como fato mais impactante no que se refere ao horizonte de curto prazo atualmente na obra em estudo é a falta do planejamento de curto prazo semanal, refletindo assim diretamente no atendimento de prazos, ritmos e sequências de execução de forma negativa. Para isso propõe-se a utilização deste nível de planejamento visto seu foco em orientar de forma direta a execução das atividades e atuar na definição de pacotes de trabalho assim como na distribuição de recursos por meio de planilhas simples. Desse modo, evita-se a sobreposição de atividades em uma mesma unidade de trabalho, controla-se o número de frentes de serviço iniciadas bem como as atividades correntes ao mesmo tempo, além de contribuir para a eliminação de atividades que não agregam valor e os estoques entre processos. Como reflexo direto destas medidas, tem-se a estabilidade e proteção da produção através da padronização dos processos marcados por tempo de ciclo e *lead time* reduzidos e constantes seguidos pela eliminação de trabalho em progresso.

Além disso, o planejamento de curto prazo apresenta outra funcionalidade essencial na gestão da produção, trata-se da identificação e, principalmente, registro das causas do não atendimento das metas estabelecidas (BALLARD; HOWELL, 1997a). Assim, pode-se fazer o controle e apontar as principais ou mais recorrentes causas e atuar por meio da elaboração de planos de ação que objetivem a solução definitiva destes problemas e, portanto, a não recorrência destes. A aplicação desta ferramenta visa à melhoria contínua e, ao longo da implementação, pode aumentar a confiabilidade do processo de planejamento e controle.

Por conseguinte, é importante a avaliação da eficácia deste plano de curto prazo para promover a melhoria do mesmo, se necessário. Dessa forma, faz-se uso de reuniões semanais

com a equipe técnica e utilização do indicador PPC - Porcentagem de Pacotes Concluídos – analisado ao longo do período de obra mediante um gráfico de controle do progresso do indicador (BERNARDES, 2001).

Sendo assim, o PPC mede a eficácia do plano de curto prazo para a obra como um todo bem como para equipes individuais através da razão entre as tarefas concluídas e o número total de tarefas planejadas para o período expressa em porcentagem (ISATTO et al.; 2000). Para os mesmos autores as tarefas reservas não são incluídas no cálculo por não se tratarem de prioridade do plano de médio prazo e, conseqüentemente, não constarem no planejamento semanal.

5.4.3 Uso da ferramenta gráfico de balanceamento de operador

No que se refere aos aspectos operacionais, visando eliminar a variação na formação e tamanho das equipes de instalações elétricas e hidrossanitárias assim como padronizar o tempo de ciclo e *lead time* dos processos, indica-se o uso do gráfico de balanceamento do operador devido a sua capacidade de otimizar os tempos de processamento de cada atividade para cada trabalhador, conforme LIB (2003 apud BULHÕES, 2009). Segundo os mesmos autores, isso se dá por meio da distribuição do trabalho entre as equipes de acordo com o tempo *takt* estabelecido para o processo e a duração dos mesmos ser uniforme. Dessa forma, melhora-se o fluxo humano espacial e temporal através da designação de tarefas para trabalhadores específicos, evitando assim a variabilidade dos processos e seus tempos de ciclo bem como o início de atividades em várias frentes. Como objetivos desta ferramenta busca-se eliminar atividades de fluxo e reduzir o número de operadores, promovendo o aumento da eficiência das equipes e a estabilidade da produção por meio do atendimento das metas e estabelecimento do fluxo contínuo.

5.4.4 Uso da ferramenta tabela de trabalho padronizado combinado

Seguindo no âmbito operacional dos processos, além da utilização do gráfico de balanceamento de operador e como forma de complementar a gestão das operações, a tabela de trabalho padronizado combinado permite a especificação detalhada do sequenciamento das atividades, ritmos de produção e distribuição das etapas à curto prazo por meio da definição exata do número de trabalhadores responsáveis por cada atividade assim como os horários de início e fim da execução conforme ordem planejada. Desse modo, consegue-se reduzir ainda

mais as variabilidades inerentes aos processos através da padronização de cada etapa da atividade e os tempos de ciclo respectivos. Além disso, por considerar a interação entre operadores além da interação dos trabalhadores com os equipamentos, permite a sincronização dos ritmos de execução e, conseqüentemente, a redução das atividades que não agregam valor como movimentações e esperas, principalmente, além da diminuição do tamanho de lote (BULHÕES; PICCHI, 2011). Os mesmo autores apontam que há uma redução nos estoques entre processos, o que contribui para o estabelecimento do fluxo contínuo e aumento e uniformidade da produtividade das equipes.

Logo, devido ao grau de detalhamento desta ferramenta, indica-se a implantação gradual e iniciada por processos mais críticos de modo a obter resultados mais expressivos no sistema de produção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o histórico de gastos acima do previsto e prazos não atendidos na construção civil a busca pela evolução dos modelos gerenciais resulta na adoção da filosofia de Construção Enxuta pelas empresas de modo a eliminar desperdícios e aumentar a eficiência da produção de modo a gerar maior valor ao produto final.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi fazer um diagnóstico da situação existente e propor melhorias nos processos de instalações elétricas e hidrossanitárias em uma das obras de uma construtora que atua no mercado de imóveis de baixa renda visto os problemas com produção destes serviços em seu portfólio de empreendimentos.

O diagnóstico da situação existente partiu da compreensão das características da obra em estudo em relação à composição da equipe, aos processos de planejamento e controle assim como à produção. De forma a completar a compreensão dos fatos atuais, fez-se o estudo e análises dos processos escolhidos de maneira a definir as características dos mesmos (envolvidos, lotes de produção, sequência de etapas de execução, tempos de ciclo e *lead time* de cada processo). Como passo seguinte, a partir de evidências coletadas pode-se propor ferramentas de análise de processos de forma a possibilitar a interpretação dos dados colhidos e resultar em informações mais completas e agregadas através de indicadores e gráficos. Assim, identificou-se os principais problemas enfrentados com desperdícios e variação da eficiência das equipes representados pelo não atendimento ao planejamento, pela falta de sequenciamento nas atividades, pelo variado tempo de ciclo dos processos, pelo número elevado de trabalho em progresso bem como pela ocorrência de atividades que não agregam valor. Logo, através da análise aprofundada e cruzada destas informações pode-se concluir que as causas destes problemas tem origem na variabilidade dos processos assim como na sincronização dos ritmos de produção devido à falta de balanceamento das equipes, à presença de restrições não removidas e à falta de planejamentos eficazes e condizentes com a realidade da obra além da falta de indicadores para do controle da produção.

Apesar da recente introdução da filosofia da Construção Enxuta em seus processos produtivos, a origem dos problemas identificados na obra em estudo é justificada pela discreta utilização pela empresa do sistema de planejamento e controle da produção e suas ferramentas, dessa forma os processos, mesmo racionalizados e padronizados, sofrem desvios de prazos, ritmos e sequências devido à presença de práticas pertencentes ao sistema tradicional de construção.

Tratando-se das propostas de melhoria, estas tem o propósito de agir sobre os principais problemas apontados no diagnóstico da situação existente e referem-se a ferramentas pertencentes ao sistema de planejamento e controle da produção. Sendo assim, a técnica de linha de balanço é indicada para a elaboração do planejamento de longo prazo assim como na definição dos principais parâmetros acerca da produção, isto é, o plano mestre. Isso se deve à sua transparência e eficácia ao apresentar os processos, os lotes, as sequências de atividades bem como os ritmos de produção, proporcionando, dessa forma, a sincronização dos ritmos além da redução da variabilidade presente nos processos construtivos, resultando no aumento da eficiência das equipes e redução dos desperdícios. A aplicação desta técnica pode ser seguida da implementação do Sistema *Last Planner*, cujo foco está no nível operacional dos processos envolvendo os planos de médio e curto prazo juntamente com a avaliação da eficácia dos mesmos. Logo sua aplicação resulta no atendimento de metas e sequências das atividades gerando confiabilidade na produção e aumentando a eficiência da mesma. Inserido neste sistema, pode-se apontar o *Lookahead Planning* como responsável pelo estabelecimento e cumprimento do sequenciamento de atividades como um fluxo ininterrupto e pela identificação e remoção de restrições, contribuindo assim para a sincronização da produção. No que se refere ao plano de curto prazo, este orienta diretamente a execução das atividades, definindo os pacotes de trabalho e a alocação de recursos, o que resulta no cumprimento de ritmos e sequências estabelecidas e, como consequência, conferindo estabilidade e proteção para a produção.

Além do mais, com foco totalmente operacional, sugere-se o uso do Gráfico de Balanceamento de Operador responsável pela otimização do tempo dos operadores ao igualar os tempos de processamento de cada etapa da atividade, assim contribuindo para criação do fluxo contínuo distribuindo o trabalho dos colaboradores em relação ao tempo *takt*. Como resultado dessa ferramenta, obtém-se a redução do número de operadores, de desperdícios, da ocorrência de atividades que não agregam valor, bem como da variabilidade causada pela falta de sequenciamento refletindo na uniformização do tempo de ciclo e *lead time*. A partir disso, a Tabela de Trabalho Padronizado Combinado especifica a sequência e distribuição das etapas do processo de forma mais detalhada considerando a interação entre os diferentes operadores de modo a sincronizar os ritmos de trabalho e provocar a diminuição da variabilidade, das atividades de fluxo assim como o tempo de ciclo e o tamanho dos lotes, contribuindo, assim, para o fluxo contínuo através da redução dos estoques entre os processos.

Logo, observa-se o atendimento do objetivo proposto no início do trabalho de forma satisfatória ao possibilitar a melhora nos sistemas de produção dos serviços de instalações elétricas e hidrossanitárias. Assim, como sugestão para trabalhos futuros, motiva-se a escolha pela implementação da linha de balanço, sistema Last Planner, gráfico de balanceamento de operador e tabela de trabalho padronizado combinado, principalmente, em serviços de instalações devido à complexidade e à necessidade de melhora de seus processos. Assim de modo a confirmar a escolha destas ferramentas, faz-se necessário a avaliação de sua eficácia no que tange o aumento da eficiência das equipes e eliminação dos desperdícios presentes nos canteiros de obras.

Como possível barreira na implementação destas ferramentas, pode-se citar: (a) a falta de dados relativos à produção pela gerência da obra; (b) a mudança do pensamento dos trabalhadores ao impor um controle mais aprofundado do sistema produtivo; (c) curta duração das obras da empresa; e (d) gastos com pessoal para planejar e implementar as ferramentas e avaliar seus resultados em cada obra.

Por fim, evidencia-se a contribuição do trabalho no entendimento de problemas muito frequentes nos canteiros de obras estabelecendo ferramentas capazes de reverter as incertezas em relação à produção quanto ao atendimento de metas, padrões e orçamentos gerando, assim, estabilidade como base para a busca pelo fluxo contínuo.

REFERÊNCIAS

- AKKARI, A. M. P. Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com uso do pacote computacional MSProject. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ANTUNES JUNIOR, J. Em direção a uma teoria geral do processo de 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. Porto Alegre: Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- ASSUMPÇÃO, J. Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios, 1996. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Tese de Doutorado, 1996.
- BALLARD, G. Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 5, 1997, Australia. Proceedings... IGLC, 1997.
- BALLARD, G. The Last Planner System of Production Control. Birmingham: School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham. Tese de Doutorado, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production from Uncertainty: First Step in a Improvement Strategy. Encontro Nacional de Profesionales de Project Management Santiago, Proceedings... 1996.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. Technical Report No. 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Improving Downstream Performace. In: ALARCÓN, L (Ed.). Lean Construction. Rotterdam: A. A. Balkema, 1997.
- BALLARD, G; HOWELL, G. What Kind of Production is Construction? In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., Guarujá, 1998. Proceedings... Guarujá: IGLC/UFRGS, 1998.
- BERNARDES, M. M. e S. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção. Tese (Doutorado em Engenharia)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- BEZERRA, L. M. C. M. Planejamento e controle da produção com utilização de células de trabalho: estudo de caso em construções com vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

BLACK, J. T. O Projeto da Fábrica com Futuro. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BONI, A. C.; PALIARI, J. C.; SERRA, S. M. Sistema puxado de planejamento e controle da produção. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Marceió. Núcleo de pesquisa em Racionalização e Desempenho de Edificações (NUPRE), Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGEIV), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 2014.

BRANCO, T. B. Análise do ritmo de produção e nivelamento dos recursos na etapa de planejamento – utilização da técnica de linhas de balanço em empreendimentos habitacionais repetitivos. Campinas. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2007.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F.; FOLCH, A. T. Ações para implementar fluxo contínuo na montagem de estrutura pré-fabricada. In ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11. ENTAC, Florianópolis, 2006.

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

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações, 2011. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.11, n. 4, p. 205-223, out. /dez. 2011.

CEF. Caixa Econômica Federal, 2019. Disponível em < http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_754 > Acesso em 20 nov. 2019.

DE VARGAS, F. B. Método para planejamento e controle da produção em zonas de trabalho e BIM. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, UFRGS, Porto Alegre, 2018. **Publicação indisponível.**

FABRO, F. Diretrizes para o planejamento e controle da produção em obras de sistemas construtivos metálicos. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. Takt time planning for construction of exterior cladding. In: 21ST ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, Fortaleza, Brasil. Proceedings... Fortaleza, jul. 2013. P. 1-10.

FORMOSO, C. A Knowledge Based Framework fo Planning House Building Projects. Salford: University of Salford – Departament of Quantity and Building Surveying. Tese de Doutorado, 1991.

- FORMOSO, C; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, K .Termo de Referência para o planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.
- FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C. de; ISATTO, E. L. Material waste in building industry: main causes and prevention, 2002. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, v. 128, n. 4, p. 316-325, July/Aug. 2002.
- FORMOSO, C. T. et al. Coletânea Lean 2004-2010. C. Rolim Engenharia. [S.l.], 2010, p. 264.
- FORSA. Site da FORSA S.A. 2019. Fornecedor de formas de alumínio, sistema de segurança e demais complementos. < <https://www.forsa.com.co/pt-br/construcao-de-habitacoes/sistema-trepante/>> Acesso em 27 out. 2019.
- GHINATO, P. (1996). Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul:EDUCS, 1996.
- GONÇALVES, O. M. Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos, 1994. *Téchne*, Editora PINI, v., n12, p.30-34. Set./Out., 1994.
- HÖÖK, M.; STEHN, L. Lean principles in industrialized housing production: the need for acultural change. *Lean Construction Journal*, 2008.
- HYER, N. L.; BROWN, K. A.The discipline of real cells. *Journal of Operations Management*, v.7, p. 557-574, 1999.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,2019. <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=resultados>>. Acesso em 11 nov. 2019.
- ICHIARA, J. A. A base filosófica da linha de balanço. In ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, Anais... 1997.
- ISATTO, E.L.; FORMOSO,C.T.; CESARE, C. M. de; HIROTA, E. H.; ALVES, T da C. L.; BERNARDES, M. M. e S..Lean Construction: diretrizes e ferramentas para controle de perdas na construção civil. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.
- KOSKELA, L. Application of the New Protuction Philosophy to Construction. Espoo, Finland: CIFE, Technical Report n. 7, 1992.
- KOSKELA, L. An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction. Publication N. 408, VTT, Espoo, 2000.
- LAUFER, A. Simultaneous Management . United States: AMACOM, 1997.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, London, United States, n. 5, p. 243-266, 1987.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Competence and timing dilemma in construction planning. *Construction Management and Economics*, London, n. 6, p. 339-355, 1988.

LAUFER, A. TUCKER, R.; SHAPIRA, A; SHENNAR, A. The Multiplicity Concept in Construction Project Planning. *Construction Management and Economics*, London, n.1, p. 53-65, 1994.

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

LIKER, J. K. *The Toyota Way*. McGraw-Hill, 2004.

LIKER, J. K.; MEIER, D. *O Modelo Toyota: Manual de Aplicação*. Porto Alegre, Bookman, 2007, 432 p.

LILRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. *Organization studies*, v.16, n.6, p. 971-989, 1995.

LUTZ, J. D. *Planning linear construction projects using simulation and line of balance*. Tese de doutorado, Purdue University, 1990.

LUHTALA, M.; KILPINEN, E.; ANTTILA, P. *LOGI: managing make-to-order supply chains*. Espoo, Finland: Helsink University of Technology, 1994.

MAZIERO, L. *Aplicação do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação*. Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

MENDES JR, R. *Programação da produção a construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

MENDES JR, R.; HEINECK, L. F. M. Roteiro para a programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, 17 1997. Anais...* Porto Alegre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção (PPGEP), 1997.

MEREDITH J. R. *Building Operations Management Theory through Case and Field Study*. *Journal of Operations Management*, v. 16, p. 441-454. [S.l.]: Elsevier. 1998.

MORAES, R. M. M. *Procedimentos para o processo de planejamento da construção: estudo de caso*. São Carlos. 186 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2007.

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

PALIARI, J. C. Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos – Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Construção Civil – São Paulo, 2008.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da Produção: Operações industriais e de Serviços. Editora Unicenp, 2007.

ROTHER, M. ; HARRIS, R. Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Construction Institute Brasil, 2002.

SANTOS, A. Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites. Salford: University of Salford, Tese de Doutorado, 1999.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; LANTELME, E. M. V. Método de intervenção para redução de perdas na construção civil: manual de utilização. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1996.

SCHADECK, R. Desenvolvimento de um sistema de controle de empreendimentos de construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2004.

SCHRAMM, Fábio Kellermann. O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre, Bookman Companhia Editora, 1996.

SOARES, A. C. Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

SOINI, M.; LESKELA, I. ; SEPPANEN, O. Implementation of the Line of Balance Based Scheduling and Project Control System in large construction company. In Proceedings of the 12th International Conference for Lean Construction, Dinamarca, 2004.

SYAL, M. G.; GROBLER, F.; WILLENBROCK, J.; PARFITT, M. K. Construction Project Planning Model for Small-Medium Builders. Journal of Construction Engineering and Management, New York, ASCE, v. 118, n.4, dec. 1992, o. 651-666.

TOMMELEIN, I. Pull-Driven Scheduling for Pipe- Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. Journal of Construction Engineering and Management, v. 124, n.4, p. 279-288, jul/aug 1998.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Look-Ahead Planning: Screening and Pulling (1997). In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2, 20-21 Out., 1997. Sao Paulo. Anais...

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992. p. 347.

YANG, I.; IOANNOU, P. G. Resource-Driven Scheduling for Repetitive Projects: a Pull-System Approach. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 9, Singapore, 2001. Proceedings...Singapore: IGLC, 2001.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

APÊNDICE A

Fichas de coleta de dados

FICHA PARA COLETA DE DADOS - ARTHUR VENDRAMIN POLEZZELLO							
ETAPA		ATIVIDADE					
COMPREENSÃO DO PROCESSO							
ETAPA	DESCRIÇÃO	DENOMINAÇÃO	Nº FUNC.	TEMPO	DISTÂNCIA	LOCAL ORIGEM	LOCAL DESTINO
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
OBSERVAÇÕES:							

Figura A 2 – Ficha de descrição dos processos (Elaborado pelo autor)

FICHA PARA COLETA DE DADOS - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO								
ETAPA		ATIVIDADE		E1- Ronaldo	E3- David	H2- Silvandro	AX- Rafael	
				E2- Luciano	H1- Rodrigo	H3- Lucas		
ACOMPANHAMENTO DE PROCESSOS								
COLETA	LOTE	LOCAL	DATA COLETA	FUNCIONÁRIOS		HORÁRIOS		OBSERVAÇÕES
				Nº FUNC.	CÓDIGO	INÍCIO	FIM	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Figura A 3 – Ficha para acompanhamento de processos (Elaborado pelo autor)

APÊNDICE B

Diagrama de processo dos serviços de instalações

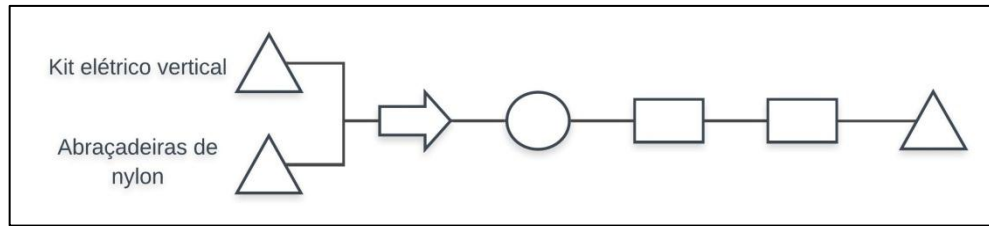


Figura B 1 – Diagrama do processo de instalações elétricas embutidas em parede de concreto (Elaborado pelo autor)

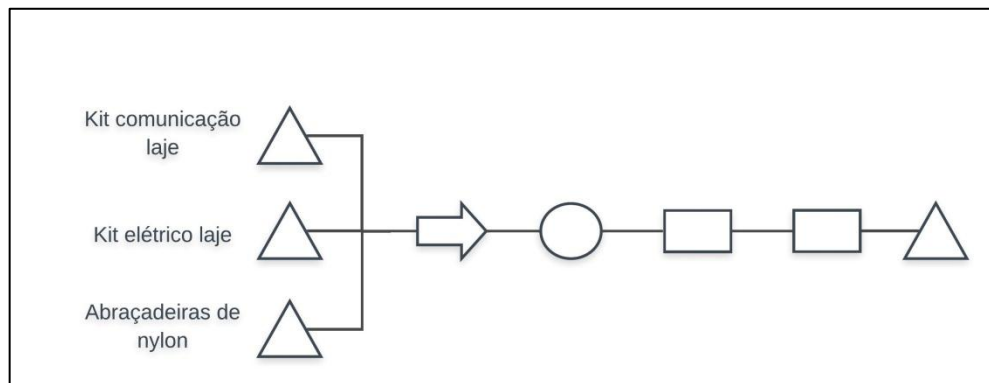


Figura B 2 – Diagrama do processo de instalações elétricas embutidas na laje (Elaborado pelo autor)

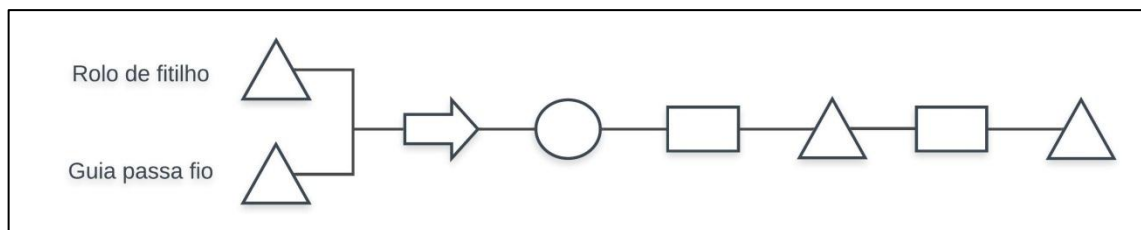


Figura B 3 – Diagrama do processo de passagem de guia no sistema de comunicação (Elaborado pelo autor)

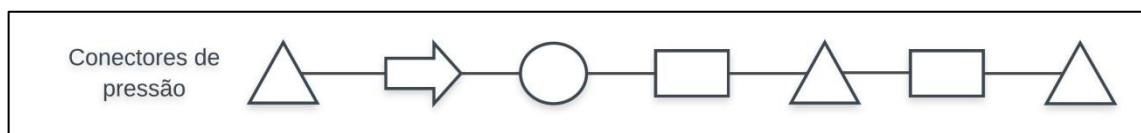


Figura B 4 – Diagrama do processo de emendas da fiação dos circuitos (Elaborado pelo autor)

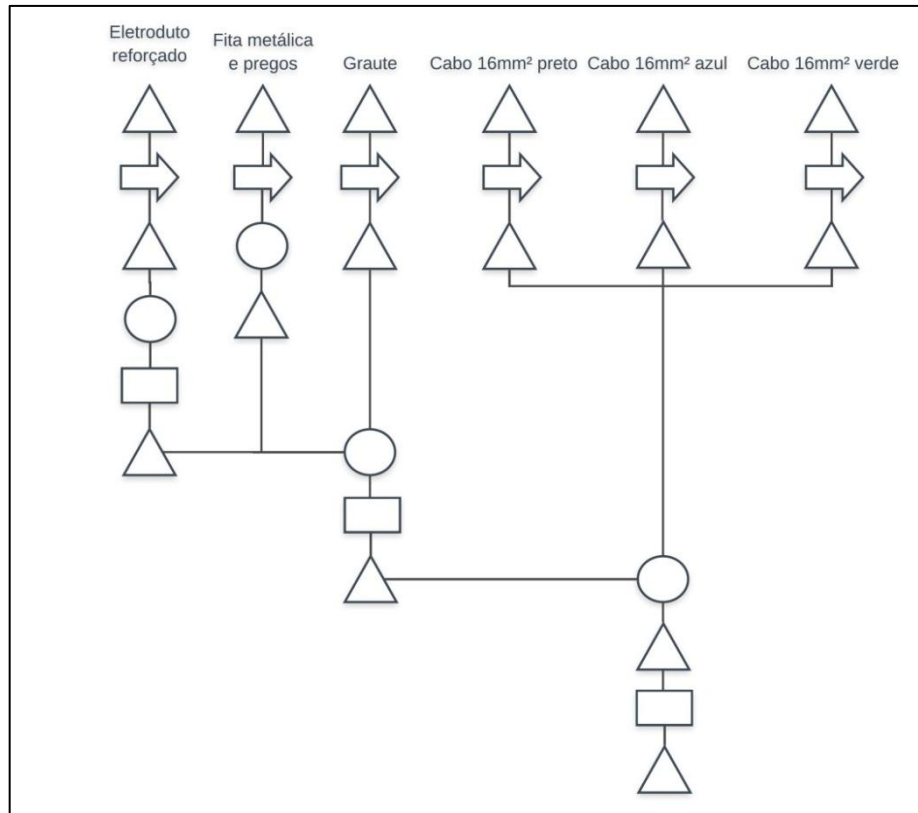


Figura B 5 – Diagrama do processo de passagem de cabos de alimentação de energia para apartamentos (Elaborado pelo autor)

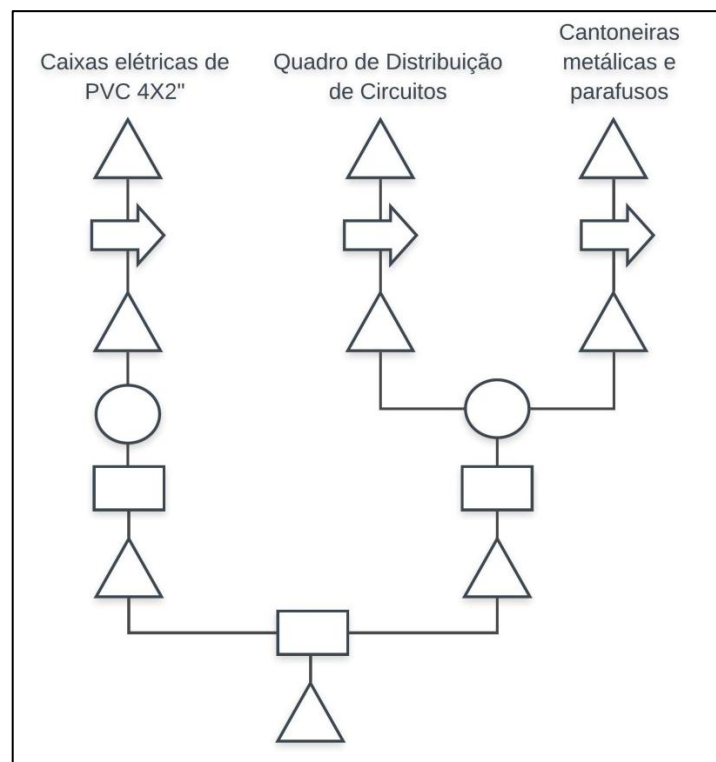


Figura B 6 - Diagrama do processo de fixação de QDC e caixas elétricas em shaft de *dry wall* (Elaborado pelo autor)

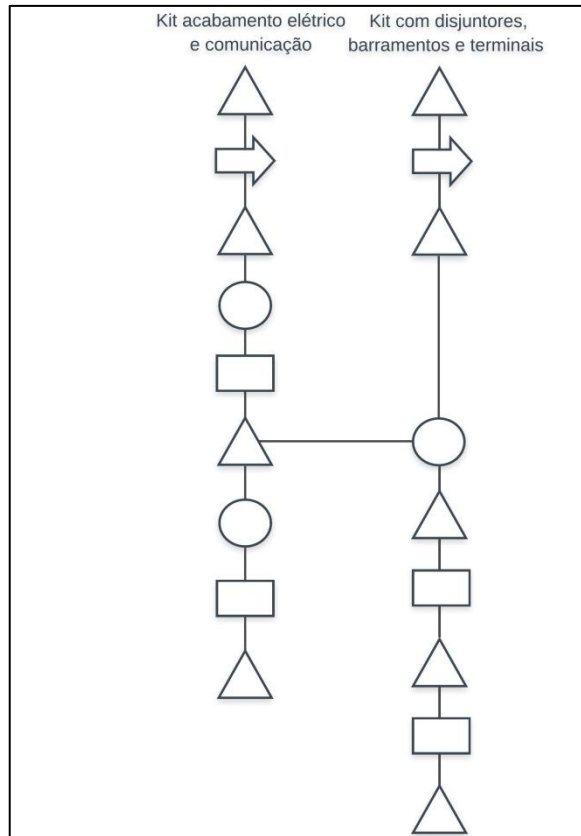


Figura B 7 – Diagrama do processo de instalação de acabamentos elétricos e montagem de QDC (Elaborado pelo autor)

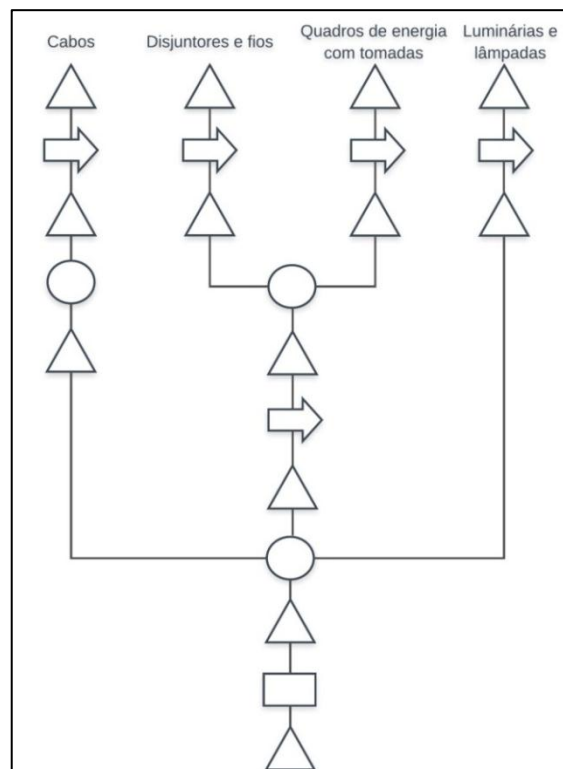


Figura B 8 – Diagrama do processo de instalação de rede provisória nos blocos

(Elaborado pelo autor)

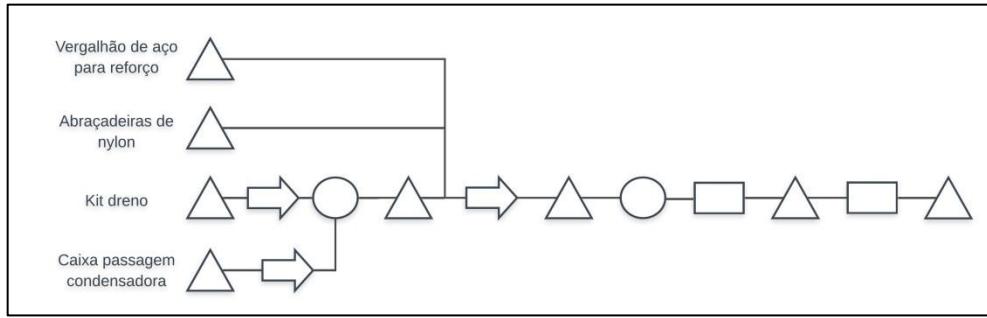


Figura B 9 – Diagrama do processo de instalações hidrossanitárias embutidas em parede de concreto (Elaborado pelo autor)

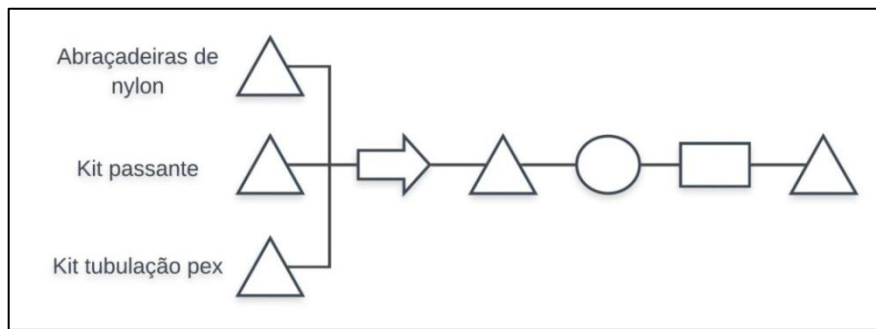


Figura B 10 – Diagrama do processo de instalações hidrossanitárias embutidas na laje (Elaborado pelo autor)

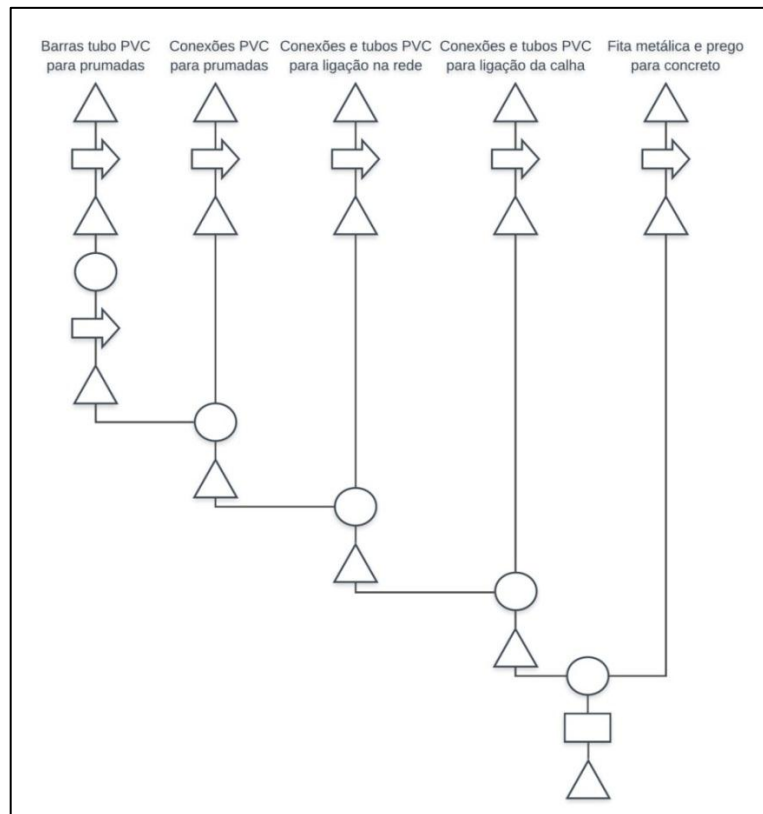


Figura B 11 – Diagrama do processo de prumada de água pluvial (Elaborado pelo autor)

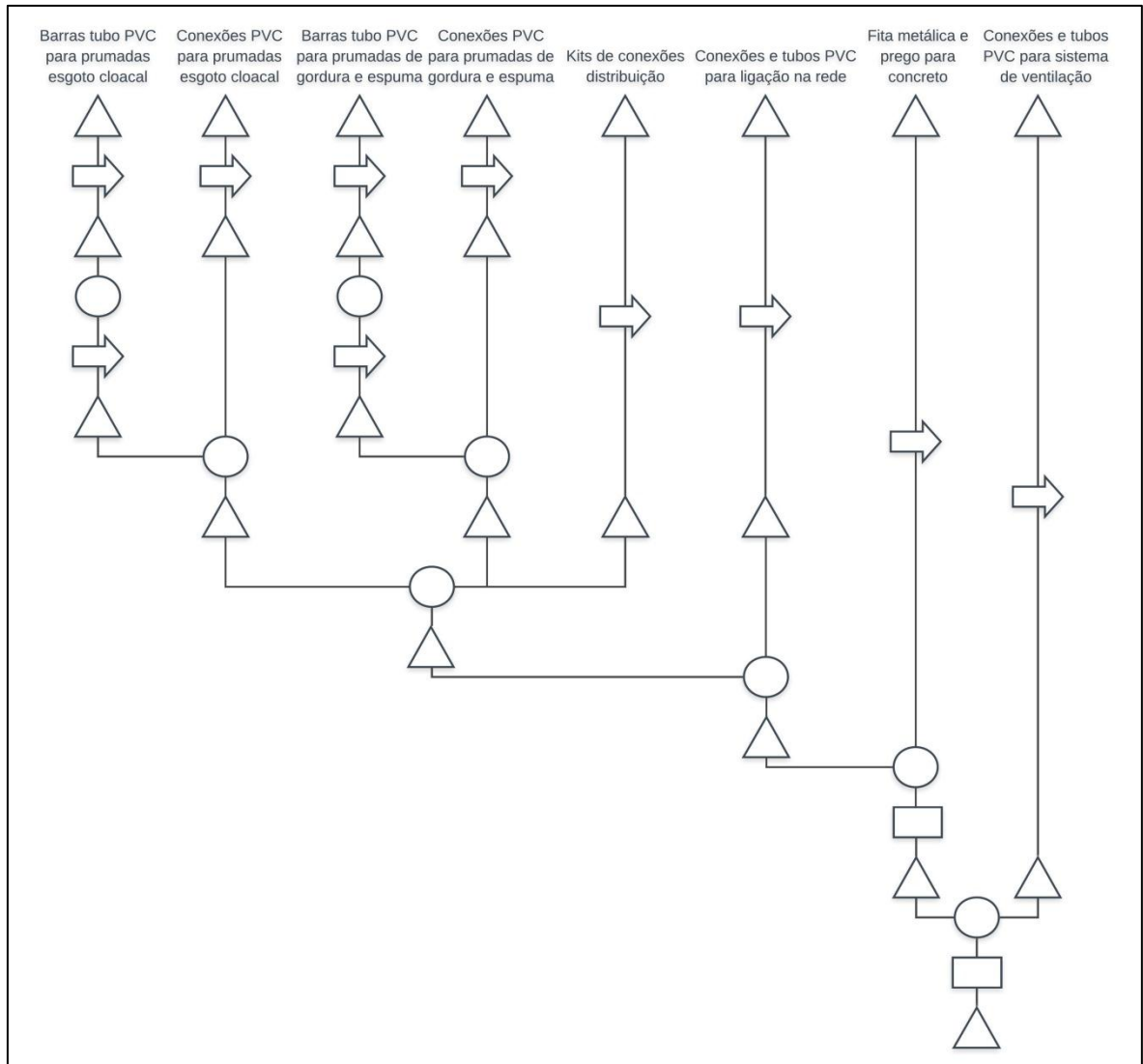


Figura B 12 – Diagrama do processo de distribuição e prumada de esgoto para apartamentos
(Elaborado pelo autor)

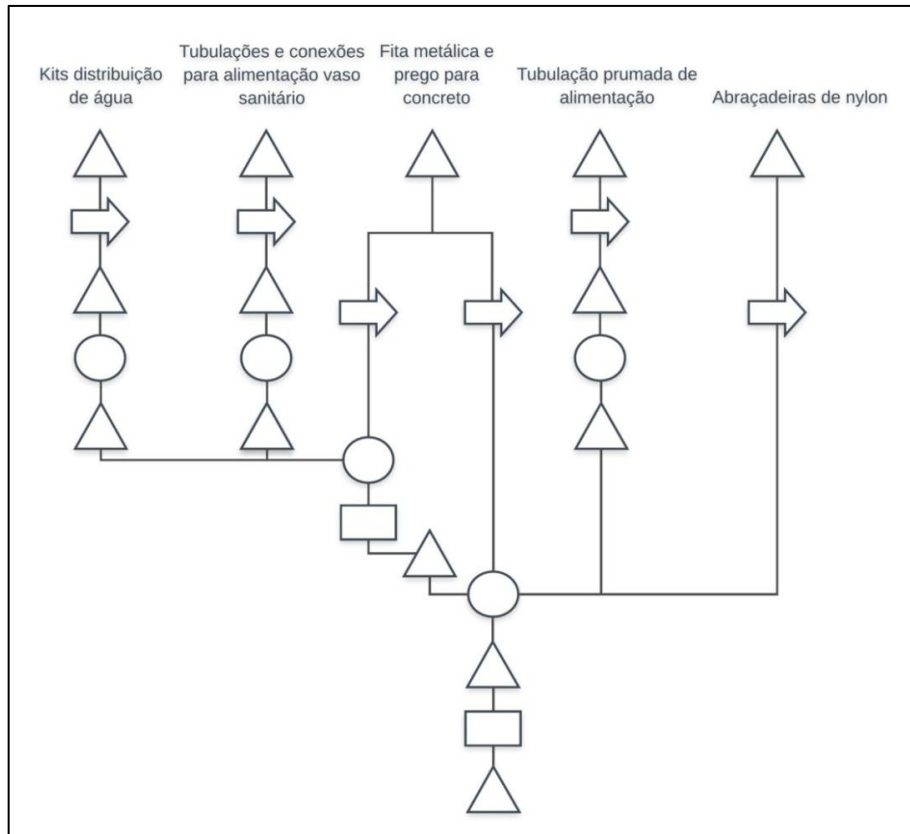


Figura B 13 – Diagrama do processo de distribuição e prumada de água para apartamentos (Elaborado pelo autor)

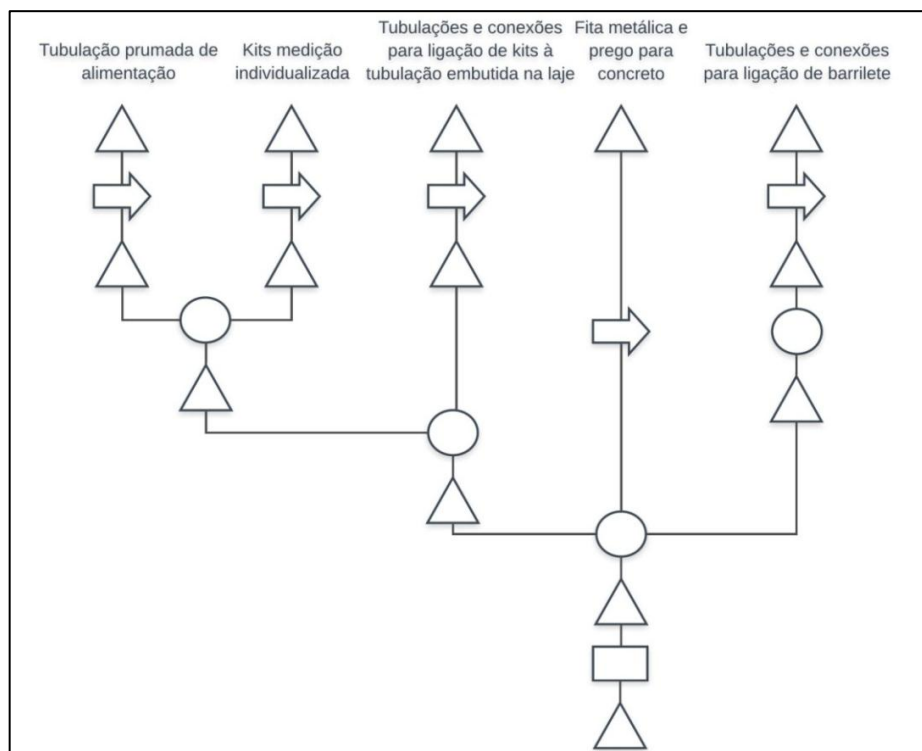


Figura B 14 – Diagrama do processo de barrilete e medição individualizada (Elaborado pelo autor)

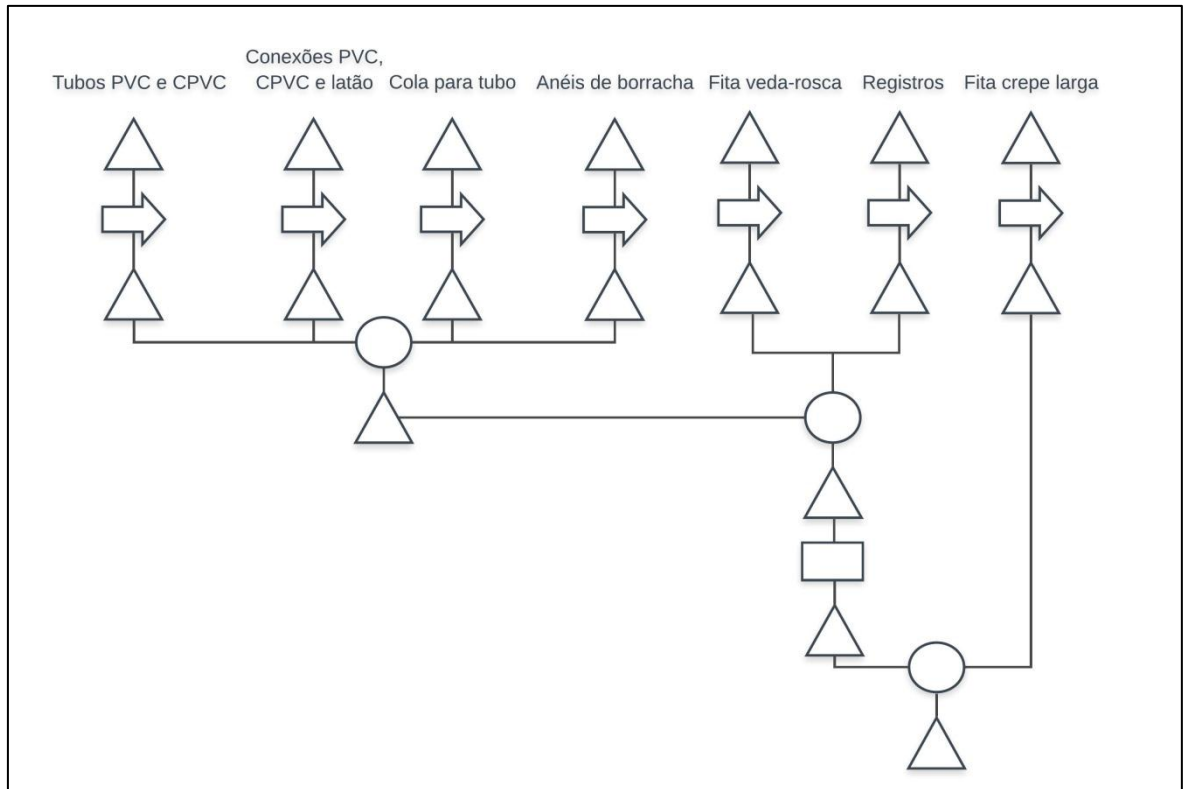


Figura B 15 – Diagrama do processo de montagem de kits hidrossanitários (Elaborado pelo autor)

APÊNDICE C

Gráficos de aderência ao lote

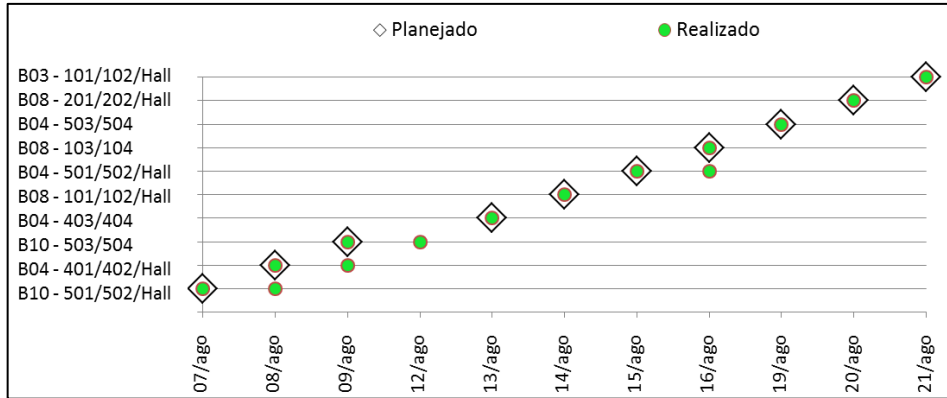


Figura C 1 - Instalações elétricas embutidas em parede de concreto – Blocos 3, 4, 8 e 10

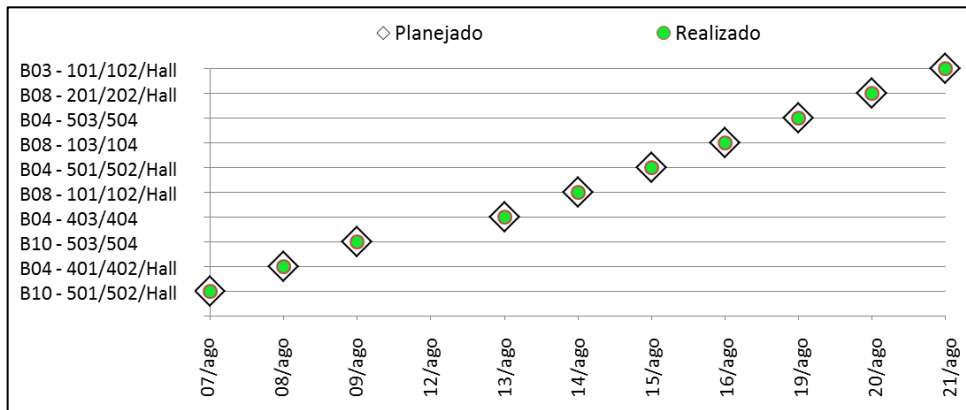


Figura C 2 - Instalações hidrossanitárias embutidas em parede de concreto – Blocos 3, 4, 8 e 10

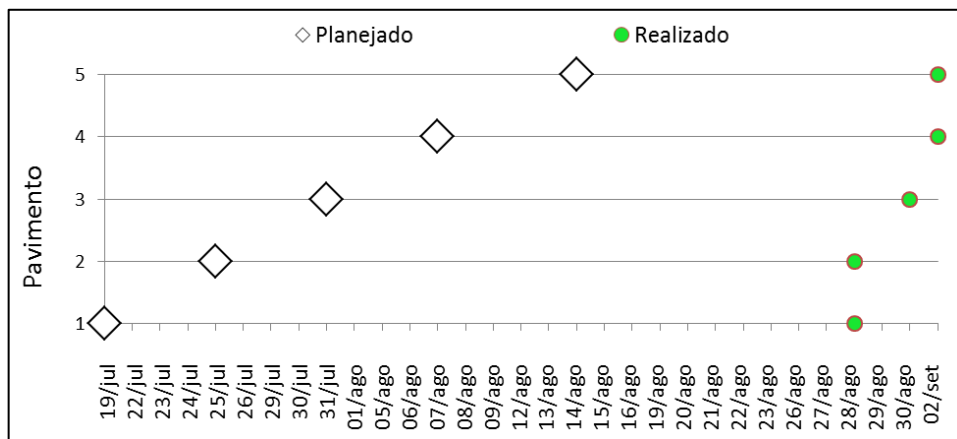


Figura C 3 - Passagem de guia no sistema de comunicação – Bloco 10

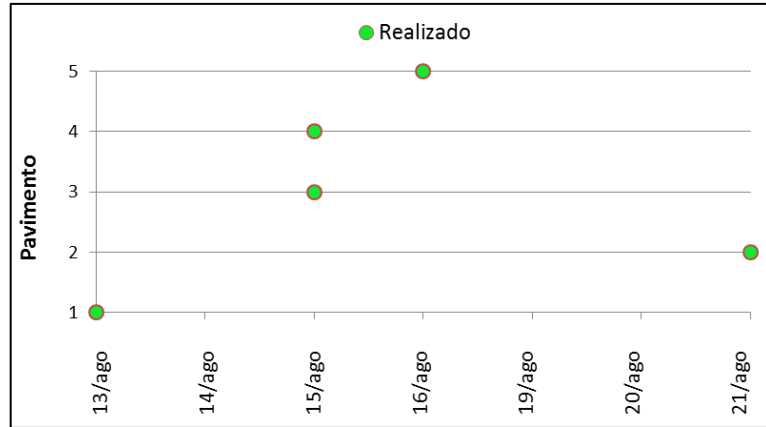


Figura C 4 - Emenda de fiação dos circuitos – Bloco 2

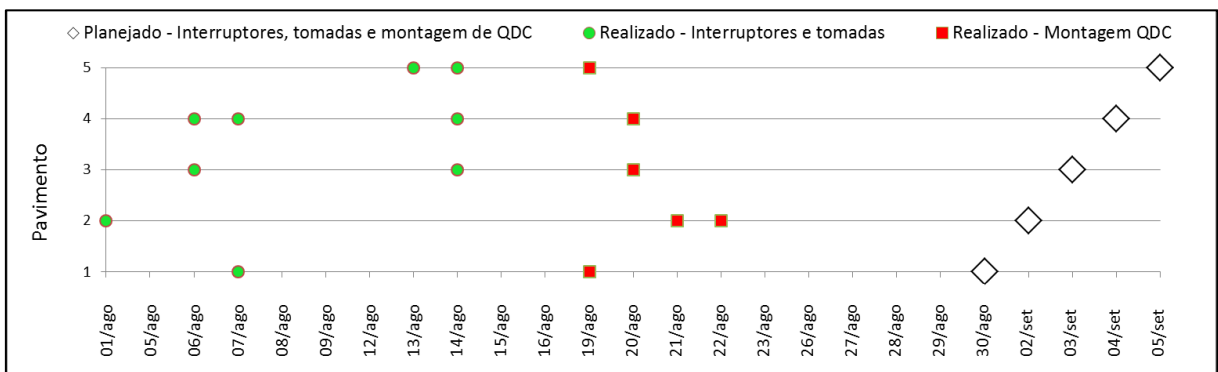


Figura C 5 - Instalação de acabamentos elétricos e montagem de QDC – Bloco 5

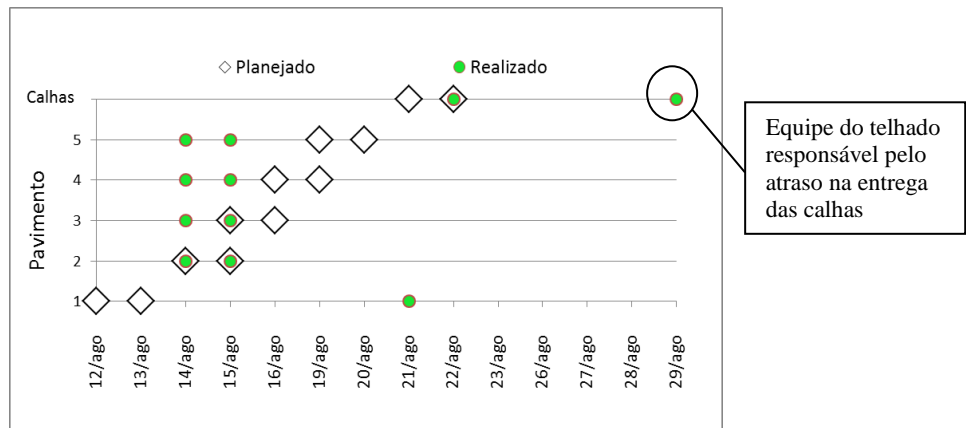


Figura C 6 - Prumada de água pluvial – Bloco 10

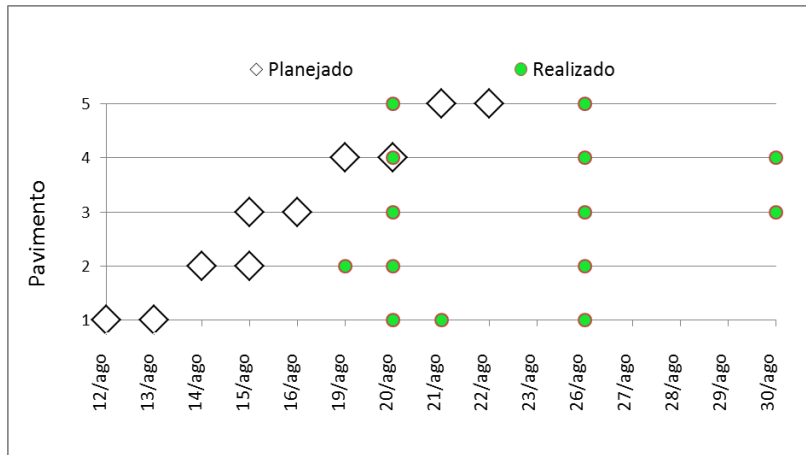


Figura C 7 - Distribuição e prumada de água para apartamentos – Bloco 10

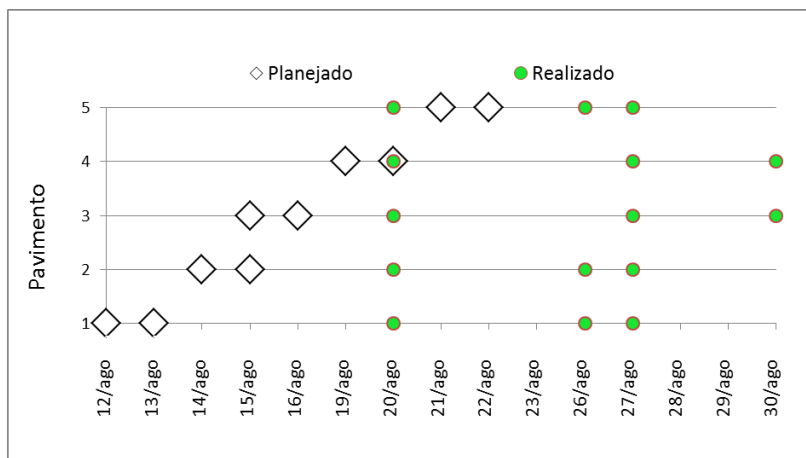


Figura C 8 - Barrilete e medição individualizada – Bloco 10

APÊNDICE D

Identificação de atividades realizadas de acordo com classificação: produtivas, auxiliares e improdutivas

Tabela D 1 - Identificação de atividades de instalações elétricas

ATIVIDADES DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Nº DE OCORRÊNCIAS	PORCENTAGEM
Produtivos	111	41,11%
Distribuição e fixação de caixas e tubulação elétrica em armadura vertical	21	7,78%
Distribuição e fixação de caixas e tubulação elétrica em armadura na laje	13	4,81%
Passagem de guia na tubulação de comunicação	4	1,48%
Emenda de fiação dos circuitos	22	8,15%
Passagem e fixação de tubulação	8	2,96%
Passagem de cabos de alimentação de energia para os apartamentos	20	7,41%
Fixação de QDC e caixas elétricas 4x2" em shafts de <i>drywall</i>	8	2,96%
Passagem de fiação do circuito de chuveiro	5	1,85%
Instalação de acabamentos elétricos e montagem de QDC	2	0,74%
Fixação de caixas de comunicação na área comum e montagem de QDC área comum	4	1,48%
Auxiliares	58	21,48%
Retrabalhos e/ ou correções após inspeção	13	4,81%
Organização de tubulações que ficam suspensas na armadura vertical para montagem da laje	3	1,11%
Transporte de materiais	23	8,52%
Quebra de concreto acumulado na frente das caixas elétricas após a desforma	2	0,74%
Limpeza local do serviço	4	1,48%
Passagem de nova fiação por motivo de roubo, retrabalho ou fiação original insuficiente	1	0,37%
Instalação de rede elétrica provisória nos blocos	10	3,70%
Consertos e instalações gerais no canteiro	2	0,74%
Improdutivos	101	37,41%
Não encontrado	20	7,41%
Parado sem motivo	37	13,70%
Espera para retirada de material no almoxarifado	12	4,44%
Movimentação no canteiro	30	11,11%
Total de amostras	270	100,00%

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela D 2 - Identificação de atividades de instalações hidrossanitárias

ATIVIDADES DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	Nº DE OCORRÊNCIAS	PORCENTAGEM
Produtivos	107	29,40%
Colagem e fixação na armadura vertical das tubulações e caixas de dreno para ar condicionado	6	1,65%
Distribuição e fixação na armadura da laje da tubulação pex para distribuição de água nos aptos	14	3,85%
Fixação de passantes na laje por meio de posicionadores de borracha com rosca metálica	4	1,10%
Corte e colagem de tubulações	34	9,34%
Montagem e fixação de tubulações	26	7,14%
Montagem de kits para distribuição de água, esgoto e medidores individuais	23	6,32%
Auxiliares	85	23,35%
Quebra de concreto no piso para adequação de tubulação	10	2,75%
Furo em parede de concreto lateral do shaft do banheiro para ponto de alimentação do vaso	5	1,37%
Limpeza local do serviço	2	0,55%
Adequação das passagens na laje para tubulação: limpeza e/ou vedação com graute	8	2,20%
Abertura de passagens deixadas na parede do banheiro e cozinha ligação de tubulação com rede	1	0,27%
Retrabalhos e/ ou correções após inspeção	8	2,20%
Transporte de materiais	50	13,74%
Consertos e instalações gerais no canteiro	1	0,27%
Improdutivos	172	47,25%
Não encontrado	59	16,21%
Parado sem motivo	47	12,91%
Espera para retirada de material no almoxarifado	18	4,95%
Movimentação no canteiro	48	13,19%
Total de amostras	364	100,00%

(fonte: elaborado pelo autor)