

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Matheus Kazanowski

**PROJETO DE PROCESSO CRÍTICO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA
EM FACHADA**

Porto Alegre
Setembro 2023

MATHEUS KAZANOWSKI

**PROJETO DE PROCESSO CRÍTICO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA
EM FACHADA**

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

Setembro 2023

MATHEUS KAZANOWSKI

**PROJETO DE PROCESSO CRÍTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM FACHADA**

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, 8 de setembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Torres Formoso (UFRGS)

PhD pela University of Salford, Grã-Bretanha
Orientador

Karina Bertotto Barth (UFRGS)

M.Sc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Co-orientadora

Prof. Lais Zucchetti (UFRGS)

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Grégory Beirão (Cyrela-Goldsztein)

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Flávio e Ivone, por me apoiarem nessa jornada de estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida e por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Flávio e Ivone, por sempre me incentivarem a estudar. Obrigado por depositarem em mim toda a confiança necessária para me permitir chegar até aqui. Foram os valores e o trabalho de vocês que me oportunizaram essa conquista.

Agradeço as minhas irmãs, Juliana e Fernanda, pelo companheirismo nos bons momentos e pelo apoio incondicional nos momentos de dificuldade.

Agradeço a minha namorada Mariana por todo carinho, apoio e compreensão nessa etapa de desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas, amigos e familiares por participarem e apoiarem toda a jornada de minha graduação.

Agradeço ao Prof. Carlos Formoso e a Eng. Karina Barth, meus orientadores, pelos ensinamentos compartilhados, dedicação, tempo e incentivo para este trabalho.

Agradeço aos meus colegas de grupo na disciplina de Gerenciamento em Construção II pela parceria no desenvolvimento das atividades da disciplina, as quais foram o ponto de partida para o presente trabalho.

Agradeço aos meus gestores e colegas de trabalho pelo apoio e incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à empresa construtora-incorporadora A que permitiu a execução deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial à Escola de Engenharia, pela qualidade do ensino oferecido.

Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você,
menos o seu conhecimento.

Albert Einstein

RESUMO

O mercado da construção civil está cada vez mais competitivo na busca de processos mais eficientes, com a geração de produtos de qualidade, buscando a redução de prazos e custos de das atividades. Dessa forma a gestão integrada entre o planejamento, controle de produção, logística interna e o controle de qualidade são fundamentais para tal objetivo. O presente trabalho visa realizar o entendimento dos conceitos de produção enxuta e a aplicação de forma integrada na execução do revestimento de argamassa com andaime suspenso de uma torre em construção em um empreendimento residencial em Porto Alegre - RS. A execução de revestimento de argamassa em fachadas apresenta riscos de acidentes, demanda grande quantidade de materiais e de mão de obra e pode resultar em graves problemas de qualidade e atraso no prazo da obra. Mostrou-se fundamental a análise crítica sobre a atividade como um todo, com a integração do planejamento da execução ao controle da produção e qualidade, através do estudo prévio das relações de interdependências pertinentes ao processo e com as atividades em execução paralela no canteiro. Para isso, foram utilizados ferramentas e conceitos da filosofia da *Lean Construction* para aumentar a eficiência da gestão logística de equipamentos e de abastecimento dos materiais, com o objetivo de reduzir perdas de materiais, por excesso de movimentação de materiais e por improvisação (*making-do*). O presente trabalho também aponta a importância da utilização de um conjunto de indicadores para controle da produção, a partir da definição dos lotes de trabalho repetitivo do processo. Finalmente, com a aplicação dos conceitos da construção enxuta no processo de revestimento de argamassa em fachada, o trabalho gerou impactos positivos para a atividade, verificados já na análise dos primeiros ciclos de produção.

Palavras-chave: Processo Crítico. Construção Enxuta. Construção Civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de processo da Construção Enxuta	18
Figura 2 - Método para elaboração de um PSP	19
Figura 3 – Distribuição de custos típico em processo de melhoria	23
Figura 4 – Propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa	27
Figura 5 – Projeto de revestimento de fachada	27
Figura 6 – Sugestão de sequência executiva do revestimento externo de argamassa	29
Figura 7 - Fluxo das etapas do Método de Trabalho	31
Figura 8 – Localização da torre no canteiro	32
Figura 9 – Definição das 4 zonas de ataque da obra	39
Figura 10 – Linha de Balanço da unidade base com a inclusão das atividades da fachada.	40
Figura 11 – Atividades antecessoras em gráfico <i>Gantt</i>	41
Figura 12 – Fluxograma de atividades antecessoras ao reboco externo	42
Figura 13 – Divisão das frentes de produção	49
Figura 14 – Apresentação do pavimento subsolo	50
Figura 15 – Apresentação do 17º pavimento	51
Figura 16 – Planilha de controle de produtividade e consumo de argamassa	56
Figura 17 – Gráfico PPC geral da atividade	58
Figura 18 – Gráfico PPC evolução da empresa subcontratada 1	59
Figura 19 – Gráfico PPC evolução da empresa subcontratada 2	59
Figura 20 – Principais causas de não conclusão dos pacotes planejadas no curto prazo...	60
Figura 21 – Itens verificados conforme e não conformes	61
Figura 22 – Itens mais recorrentes de não conformidades	61
Figura 23 – Itens mais recorrentes de aprovação após nova verificação	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sistema de indicadores para Planejamento e Controle da Produção	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Forma de controle de armazenamento dos materiais utilizados	44
Tabela 2 – Início e termino dos pacotes de trabalho da execução do emboço	54
Tabela 3 – Início e termino dos pacotes de trabalho da execução da preparação e chapisco	54
Tabela 4 – Indicação de anomalia dos pacotes de trabalho realizados com atraso	55
Tabela 5 – Indicadores de desempenho propostos	57

LISTA DE SIGLAS

ADQ – Avaliação de Desempenho da Qualidade

CPM – Método do Caminho Crítico

FVS – Ficha de Verificação de Serviço

FVM – Ficha de Verificação de Material

IDP – Índice de Desvio de Prazo

IRR – Índice de Remoção de Restrições

JIT – *Just-in-time*

ME – Mentalidade Enxuta

NBR – Norma Brasileira

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

SESMT – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

SIGI – Sistema de Gestão Integrada

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

STP – Sistema Toyota de Produção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PSP – Projeto de Sistema de Produção

PPC – Pacotes de Planos Concluídos

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 ESCOPO DO TRABALHO	14
1.2.1 QUESTÃO DO TRABALHO	14
1.2.2 OBJETIVOS	14
1.2.2.1 Objetivo Principal	14
1.2.2.2 Objetivo Secundário	14
1.2.3 DELIMITAÇÕES	15
1.2.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 GESTÃO DE PROCESSOS COM BASE NA CONSTRUÇÃO ENXUTA	17
2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	17
2.2 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO STP NA CONSTRUÇÃO ENXUTA	18
2.3 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE PROCESSOS	20
2.4 CONTROLE DE PERDAS DO PROCESSO	23
3 EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA	26
3.1 REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA	26
3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO REVESTIMENTO DE FACHADA	28
3.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO	29
4 MÉTODO DE TRABALHO	31
4.1 DECISÕES PRELIMINARES	31
4.1.1 Escolha da Empresa	31
4.1.2 Escolha do Empreendimento	32
4.1.3 Escolha do Processo Crítico	33
4.1.4 Descrição do sistema de PCP adotado pela Empresa	33
4.2 ATIVIDADES REALIZADAS	34
5 RESULTADOS	37

5.1 DIRETRIZES GERAIS ADOTADAS PELA EMPRESA PARA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM FACHADAS	37
5.2 PSP PROPOSTO PARA A OBRA	38
5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE PROCESSO CRÍTICO	40
5.3.1 Elaboração do Filtro do Planejamento das Atividades Antecessoras.....	41
5.3.2 Elaboração de Mapas de Materiais e Equipamentos	43
5.3.2.1 Depósitos de Materiais	43
5.3.2.2 Centrais de Produção	44
5.3.2.3 Frente de Trabalho.....	45
5.3.3 Elaboração do Plano Logístico de Abastecimento.....	45
5.3.3.1 Fluxos dos Depósitos de Materiais.....	46
5.3.3.2 Fluxos das Centrais de Produção.....	47
5.3.3.3 Fluxos para Frente de Trabalho	48
5.4 APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DESENVOLVIDOS	48
5.5 ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO....	52
5.5.1 Divisão dos Pacotes de Trabalho.....	52
5.5.2 Indicadores Aplicáveis ao Processo.....	53
5.6 ANÁLISE DOS INDICADORES	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo consta a contextualização do tema proposto e o seu escopo, com a questão do trabalho, os seus objetivos e delimitações. Por fim, é apresentada a forma de como o trabalho está estruturado.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado da construção civil está cada vez mais competitivo e em busca de processos mais eficientes. A redução da variabilidade e a sincronização dos processos são importantes fatores para aumento da eficiência nos fluxos da construção civil no Brasil e, dessa forma, muitas empresas tem buscado novos métodos gerenciais para melhorar seu desempenho, com destaque para a filosofia da *Lean Production* (Produção Enxuta), em função da sua ênfase na eliminação de perdas (BULHÕES, 2011).

Com isso, desde o final da década de 1970, muitos setores industriais experimentaram profundas modificações na organização de suas atividades produtivas, estabelecendo um novo paradigma da produção, sendo a de maior destaque a aplicação do sistema Toyota de Produção (FORMOSO, 2000). Dentre esses setores, a inserção dos conceitos na construção civil se deve muito ao trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry* por Lauri Koskela (1992), no qual os conceitos da filosofia da *Lean Production* (produção enxuta) são aprofundados e sua aplicabilidade na construção civil é analisada. A partir de então, as ideias do novo sistema de produção originadas no Japão a partir da década de 1950, são aplicadas na gestão da produção da construção civil, resultando na adaptação da *Lean Production* para o contexto da indústria da construção, sendo atualmente conhecida como *Lean Construction* (Construção Enxuta).

Segundo Formoso (2001), deficiências de planejamento são as principais causas para a baixa produtividade, baixa qualidade dos serviços e perdas elevadas de materiais. Outro problema também verificado por Formoso (2001) é a informalidade do planejamento, o que dificulta o controle dos processos pela inexistência de planos formais, principalmente no nível operacional, que tende a ser mais afetado pela variabilidade.

Uma das formas de realizar o planejamento da produção é através da elaboração de projetos de processos críticos. Esses processos, segundo Schramm (2006), são aqueles que representam os

gargalos do sistema de produção, ou seja, cuja capacidade individual limitam ou pode vir a limitar a capacidade de produção como um todo, pois tem grande impacto no desempenho da obra, sob diferentes dimensões, tais como produtividade, custo, prazo, qualidade ou segurança.

Dessa forma, o presente trabalho entende a execução de revestimento de argamassa em fachadas como um processo crítico para edificações verticais, pois apresenta riscos de acidentes e exige grande controle de qualidade em cima das técnicas, materiais e equipamentos utilizados, de forma que a existência de problemas de condução desse processo pode acarretar em atrasos substanciais no prazo da obra. Visto ser a primeira atividade que ocorre na fachada da edificação e em decorrência das suas particularidades, é fundamental que estejam bem planejados os fluxos internos da atividade e as interdependências com os demais serviços em execução no canteiro para o sucesso da execução.

1.2 ESCOPO DO TRABALHO

As diretrizes que conduzem o trabalho são descritas abaixo.

1.2.1 QUESTÃO DO TRABALHO

A questão que norteia este trabalho é: como realizar o planejamento e controle da produção da execução do revestimento externo de argamassa em fachadas através da aplicação dos conceitos da construção enxuta?

1.2.2 OBJETIVOS

Os objetivos do estudo estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

1.2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é desenvolver um projeto do revestimento de argamassa em fachada, entendido como um processo crítico de edifícios verticais, e ferramentas para o seu controle, com base nos conceitos e princípios da construção enxuta.

1.2.2.2 Objetivo Secundário

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) Analisar as interfaces entre o processo de execução de revestimento de argamassa em fachada ou atividades antecessoras;
- b) Analisar as interdependências com as outras atividades do canteiro de obra no fluxo logístico de pessoas, equipamentos e materiais;
- c) Propor planos de abastecimento e controle da produção; e
- d) Propor indicadores para controle da produção e qualidade.

1.2.3 DELIMITAÇÕES

O estudo delimita-se ao processo de execução do revestimento de argamassa de uma das torres de um único empreendimento residencial, sendo de análise restrita à sua tipologia construtiva. O trabalho foi desenvolvido majoritariamente no período de planejamento prévio ao início da atividade e, por esse motivo, a análise dos planos de execução da atividade delimitou-se a apenas os primeiros ciclos de produção.

1.2.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto por 6 capítulos. O primeiro apresenta a introdução, com a contextualização acerca do tema proposto e apresenta a questão do trabalho, os objetivos principais e secundários, a delimitação do trabalho e análise e a forma de como é estruturado.

No capítulo 2 é realizada a revisão bibliográfica dos conceitos da gestão de processos e indicadores de desempenho baseados na mentalidade enxuta aplicáveis a processos na construção civil, com ênfase no processo estudado. Em seguida (capítulo 3), é apresentado o processo produtivo do revestimento de argamassa em fachadas, com suas referências técnicas e normativas, além de apresentar diretrizes atuais utilizadas pela construtora em seus canteiros, as quais delimitam a atividade.

O capítulo 4 apresenta o método do trabalho, com as justificativas de escolha da empresa, do empreendimento e do processo analisado. Posteriormente, é apresentado o sistema PCP adotado pela empresa e a sequência do desenvolvimento das atividades até a elaboração do projeto de processo crítico.

No capítulo 5, são apresentados os resultados da aplicação dos conceitos da construção enxuta no planejamento e controle da produção em forma de um processo considerado crítico para a

obra. Por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais do trabalho, com a análise da importância do trabalho, seus resultados gerados na atividade e propostas de estudos complementares.

2 GESTÃO DE PROCESSOS COM BASE NA CONSTRUÇÃO ENXUTA

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A construção enxuta tem como base filosófica o Sistema Toyota de Produção, o qual foi desenvolvido pela indústria automobilística japonesa a partir da década de 1950. Inspirado pelas ideias de Taiichi Ohno, o Sistema Toyota de Produção (STP) repensou a forma de produzir.

Segundo Ohno (1997), o STP evoluiu a partir da necessidade de aumentar a eficiência da produção pelo esforço contínuo de eliminação das perdas nos processos de produção.

“Os sistemas de produção envolvem os métodos de empurrar e de puxar. No método de empurrar, utilizado amplamente nas indústrias, a quantidade planejada de produção é determinada pelas previsões de demanda e pelos estoques disponíveis. No sistema puxado, o processo final retira as quantidades necessárias do processo precedente num determinado momento, e este procedimento é repetido na ordem inversa passando por todos os processos anteriores” (OHNO, 1997, p. 13).

O sistema Toyota de Produção é um sistema puxado, visto a partir da definição do produto final, realizar o caminho inverso para obter os produtos e serviços antecessores, sequencialmente, de forma a produzir somente o necessário, com apenas a energia, mão de obra e insumos necessários.

Segundo Ohno (1997), os pilares base dessa filosofia são o *Just-in-time* e a Automação. “*Just-in-time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária”. Já a automação é uma ideia de automação com um toque humano.

A identificação completa das perdas, segundo o STP, é o primeiro passo para a sua eliminação. Segundo Ohno (1997), estes desperdícios são:

- a) Desperdício de superprodução;
- b) Desperdício de tempo de espera;
- c) Desperdício em transporte;
- d) Desperdício do processamento em si;
- e) Desperdício de estoque disponível;

- f) Desperdício de movimentação;
- g) Desperdício de produzir produtos defeituosos; e
- h) Fazer Benchmarking.

Focado na redução de desperdícios, o STP proporcionou uma nova maneira de produzir. Após os avanços conquistados, na manufatura japonesa, o STP foi adotado por outros setores em outros países.

2.2 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO STP NA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Nesse contexto, a construção civil passou a incorporar seus conceitos e aplicabilidades a partir das ideias de Koskela (1992), quando foram apresentados os fatores da baixa adesão da produção enxuta na construção civil. A nova filosofia de produção passou, então, a realizar análises de níveis de implementação para gerar benefícios ao setor.

A construção enxuta, então, surgiu com os preceitos de analisar os fluxos de materiais e força de trabalho, processo em si e geração dos produtos. Segundo Koskela (1992), em geral os princípios do STP se aplicam tanto ao processo de fluxo total quanto aos seus subprocessos.

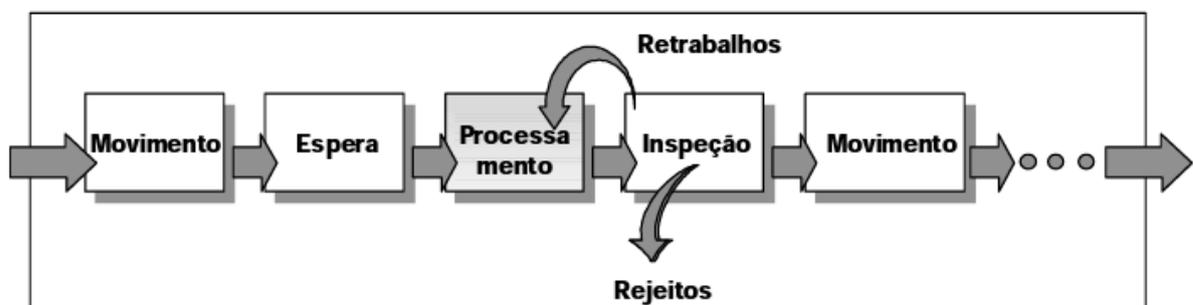


Figura 1 - Modelo de processo da Construção Enxuta (Koskela, 1992)

Conforme a figura 1, Koskela (1992) apresenta o processo como um fluxo, no qual os produtos são movimentados, estão em espera, são processados, e finalmente inspecionados. Este processo tem várias atividades, consome tempo e recursos, mas somente as atividades de processamento (ou conversão) agregam valor ao produto final. As atividades de transporte, espera e movimentação geram desperdícios, e por isto devem ser eliminadas. Caso não seja possível sua eliminação, deve-se tentar realiza-las com a maior eficiência possível.

São listados por Koskela (1992) onze princípios para a gestão na filosofia Lean:

- a) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- b) Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente;
- c) Reduzir a variabilidade;
- d) Reduzir o tempo de ciclo;
- e) Simplificar pela redução do número de passos ou partes;
- f) Aumentar a flexibilidade de saída;
- g) Aumentar a transparência de processos;
- h) Concentrar o controle no processo completo;
- i) Criar melhoria contínua nos processos; e
- j) Equilibrar a melhoria no fluxo com a melhoria nas conversões.

Como forma de aplicar esses conceitos, Schramm (2006) propôs um fluxo de tomada de decisão e de revisão para elaboração do Projeto de Sistema de Produção (PSP), o qual consistem em um planejamento pré-obra, que envolve um conjunto de decisões interdependentes. Segundo Schramm (2006), o objetivo do PSP é discutir e traduzir a estratégia de produção desejada em um conjunto de decisões sobre a forma de se produzir. O mesmo autor propôs um modelo de PSP, apresentado na figura 2.

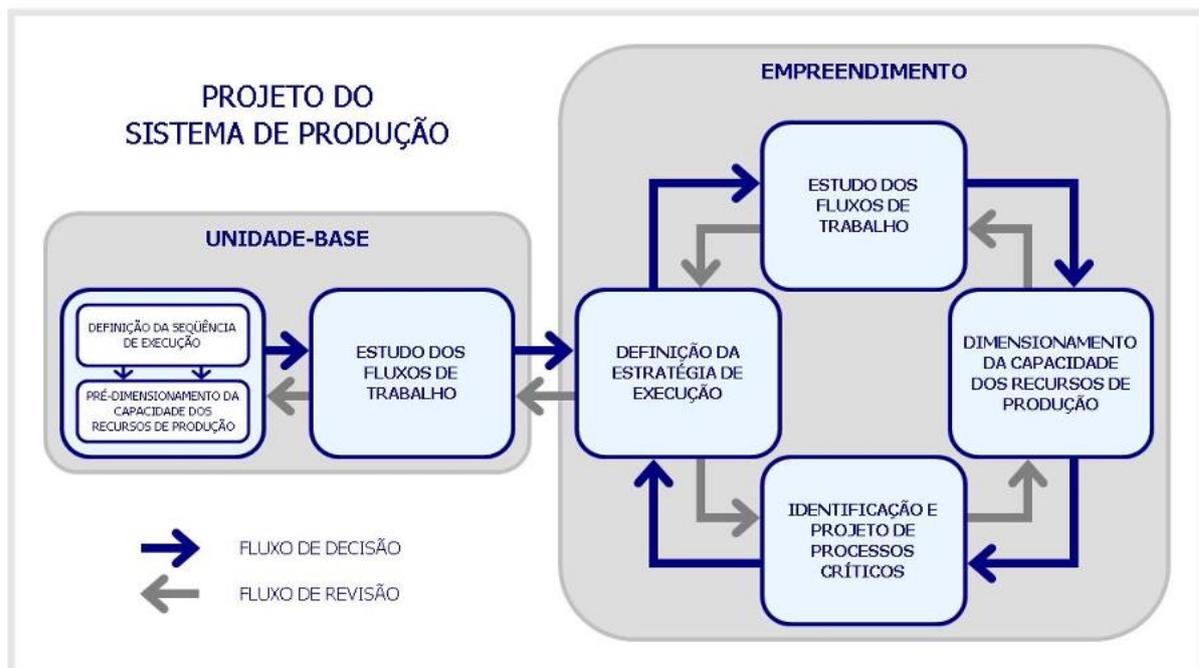


Figura 2 - Método para elaboração de um PSP (Fonte: Schramm, 2006)

Schramm (2006) define as decisões que compõe o PSP em uma série de seis etapas, as quais, embora sejam sequenciais, devem ser vistas de forma integrada, devido à possibilidade de que uma modificação possa repercutir em outras decisões diretamente relacionadas. Uma das atividades que compõem este modelo é o projeto do processo crítico.

Em princípio, estas etapas devem ser realizadas em consonância com a estratégia de produção da empresa. Portanto, considera-se que a estratégia de produção representa uma informação de entrada inicial para a elaboração do PSP (SCHRAMM, 2006).

2.3 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE PROCESSOS

Baseado nos 11 princípios propostos por Koskela (1992) afirma que existem diferentes ferramentas para a gestão dos processos baseada em conceitos de planejamento e controle da produção. Alinhada às propostas de Ballard (1994), o Sistema *Last Planner* propicia a empresas do setor da construção buscar maior eficiência em seus processos, com foco na divisão do planejamento em níveis hierárquicos, de longo, médio e curto prazo. A implementação inicial desse modelo, mesmo sendo somente a nível operacional (curto prazo), pode facilitar a introdução de novos conceitos e o surgimento de uma postura favorável para a mudança entre os principais agentes de produção (FORMOSO 2001).

A preparação do processo envolve, tanto a definição de procedimentos e padrões do processo de planejamento e controle, como também algumas decisões iniciais, relativas ao processo de produção (FORMOSO 2001).

Formoso (2001), sugerem a divisão do planejamento em quatro etapas, sendo estas listas abaixo:

- a) **Decisões preliminares do processo:** definição da quantidade de níveis hierárquicos, frequência de replanejamento para cada nível, formatação dos planos, indicadores a serem coletados e os fluxos de informações de respaldo do processo;
- b) **Definição dos padrões de planejamento:** definição preliminar do modelo de planejamento e controle a ser praticado, como o zoneamento da obra em áreas de trabalho;

- c) **Identificação de restrições:** mapeamento das restrições para execução das atividades planejadas, como dificuldades de acesso a zona de trabalho, limitação de recursos físicos, como material, mão de obra e equipamentos e definições de técnicas executivas;
- d) **Definição do plano de ataque:** atividade desenvolvida em paralelo com a identificação de restrições. Consiste na definição dos fluxos de trabalho das principais atividades da produção. Momento onde são definidos os principais fluxos de materiais, os quais devem ser devidamente representados em planta de layout do canteiro.

Segundo Formoso (2001), o grau de detalhamento do plano de ataque varia de empresa para empresa e de acordo com o grau de criticidade do processo envolvido. Para obras de padrão repetitivo é comum ser definido um plano básico, padronizado, devido à similaridade. Já em obras complexas e com prazos reduzidos, necessita-se um grande esforço para elaboração do plano e identificação das restrições envolvidas.

Em construtoras que executam obras com processos similares, é importante a visualização das atividades, pois permite a detecção de problemas, atualizações de processos decorrentes de fatores, como disponibilização de insumos e mão de obra, e retroalimentação do processo para tomada de decisão. A realização de ciclos de retroalimentação requer um sistema de indicadores que ofereça os dados e fatos necessários à tomada de decisão. No caso da realização de uma intervenção, os indicadores cumprem também o papel de apontar concretamente os benefícios alcançados pela mudança (FORMOSO 2001).

Segundo Costa (2005), para avaliar o desempenho dos processos e acompanhar o progresso alcançado após as implementações de melhorias é importante coletar e processar dados confiáveis referentes aos processos de produção. Para isso, é necessário que haja um sistema que sirva para, além de controlar a situação, aponte oportunidades de melhorias para o processo.

Segundo Formoso (2001), os ciclos de retroalimentação de processos requerem um sistema de indicadores de desempenho da produção. O quadro 1 apresenta resumidamente a família de indicações mais frequentes usados para controle da produção de empresas participantes de pesquisas do NORIE/UFRGS.

Nº	Identificação dos desejos dos clientes	Requisitos de desempenho	Atributos mensuráveis	Indicador	Tipo de Indicador
1	Proteção da Produção	Cumprir as metas estipuladas	Número de metas semanais cumpridas dividido pelo número total de metas semanais planejadas	Percentagem do planejamento concluído (PPC)	Processo
2	Comprometimento	Cumprir as metas estipuladas pelo subempreiteiro	Número de metas semanais cumpridas pelo subempreiteiro dividido pelo número de metas semanais planejadas	Percentagem do planejamento concluído (PPC) pelo subempreiteiro	Processo
3	Confiabilidade de término da obra	Entregar a obra no prazo planejado	Média ponderada das atividades que estão em desenvolvimento na obra	Projeção de prazo	Resultado
4	Transparência no desenvolvimento dos serviços	Evitar interferências no desenvolvimento dos serviços	Ritmo executado pelo planejado da atividade	Desvio de ritmo	Resultado
5	Consistência hierárquica dos planos	Os ritmos estabelecidos pelo cronograma geral sejam cumpridos pelo semanal	Número de tarefas no ritmo planejado dividido pelo número total de tarefas	Percentual de atividades no ritmo planejado	Processo
6	Consistência hierárquica dos planos	Não ter incoerência entre os níveis de planejamento	Número de tarefas iniciadas na data prevista dividido pelo número total de tarefas planejadas no plano de médio prazo	Percentual de atividades iniciadas na data prevista	Processo
7	Eficácia do planejamento de médio prazo	Cumprir as metas estipuladas na duração prevista	Número de tarefas completadas na duração prevista dividido pelo número total de tarefas planejadas no plano trimestral	Percentual de atividades concluídas na duração prevista	Processo
8	Eficácia do processo de programação de recursos	Não ter solicitação irregular de material	Número de lotes solicitados fora do período regular estabelecido e/ou lotes solicitados com prazo de entrega menor daquele especificado pelo departamento de compras dividido pelo número total de lotes	Percentual de solicitações irregulares de material	Processo

Quadro 1 - Sistema de indicadores para Planejamento e Controle da Produção (Fonte: Formoso, 2001)

Conforme o Quadro 1, os indicadores são atribuídos a partir da identificação dos objetivos a serem atingidos e da forma de medição. Estes são classificados em indicadores de processo e de resultado.

Entre os indicadores apresentados no quadro 1, os usualmente utilizados para avaliação de um processo de forma isolada são:

- a) Percentual do planejamento concluído (PPC): Avalia o cumprimento das metas estipuladas a partir da divisão das metas cumpridas pelo total planejado;
- b) Percentual de atividades no ritmo planejado: Avalia o ritmo executado pelo planejada através da divisão do número de tarefas executadas no ritmo pelo total de tarefas;
- c) Percentual de atividades iniciadas na data prevista: Avalia a aderência ao lote de trabalho através da divisão do número de lotes iniciados na data prevista pelo número de lotes iniciado;
- d) Percentual de atividades concluídas na duração prevista: Avalia o cumprimento de prazo estabelecido para cada atividade através da divisão do número de atividades concluídas na duração prevista pelo número total de atividades previstas; e
- e) Percentual de solicitações irregulares de material: Avaliar a eficiência do processo de programação de recursos para a atividade através do número de lotes solicitados fora do período regular pelo total de lotes solicitados.

Segundo Formoso (2001), a segmentação da obra em zonas de trabalho facilita o controle da produção e estimula a terminalidade das áreas. Por exemplo, a definição dos pacotes de trabalho em área de abrangência de cada andaime suspenso, com a separação por pavimento, facilita o controle das atividades, com a possibilidade de medir o avanço dos serviços a cada dia de trabalho.

Conforme sugerido por Formoso (2001), também devem ser utilizados indicadores de controle de qualidade, devendo ter-se o cuidado de definir claramente a sua inserção no processo. Uma vez definido o padrão do serviço, a qualidade é alcançada pela padronização das operações, devendo ser verificada durante o serviço, através do cumprimento dessas e após sua conclusão, com o resultado satisfatório.

2.4 CONTROLE DE PERDAS DO PROCESSO

Conforme Isatto et al. (2000), o conceito de perdas na construção civil está associado a noção de agregar valor ao processo executado, e não somente, ao consumo excessivo de recursos de qualquer natureza. Dessa forma, o controle de perdas tem impacto na eficiência de todos os processos em um canteiro de obras. Como visto anteriormente, a aplicação dos conceitos e princípios propostos por Koskela (1992) pode contribuir para a sua redução.

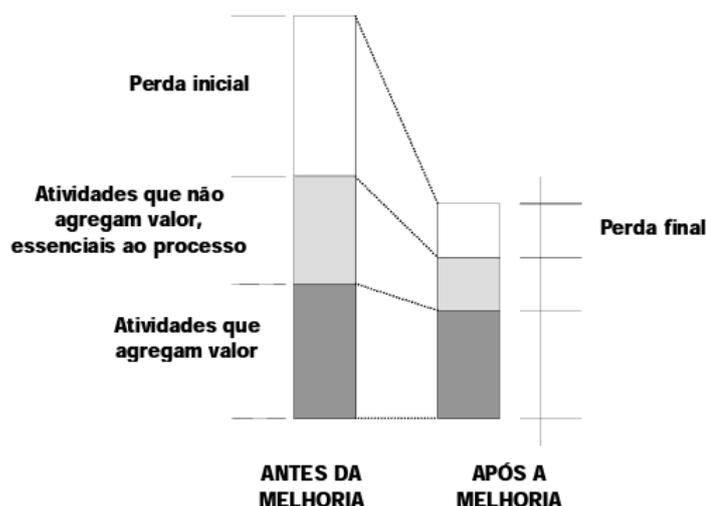


Figura 3 - Distribuição de custos típico em processo de melhoria. (Isatto, 2000)

Dentre as razões para medir perda e desempenho de uma forma geral na construção civil, segundo Isatto et al. (2000), lista-se:

- a) **Visibilidade:** onde é avaliada a eficiência alcançada na utilização de recursos, possibilitando identificar as fraquezas do processo, expondo prioridades de oportunidades de melhorias;
- b) **Controle:** a utilização de indicadores de perda define padrões de desempenho para os seus processos e a partir dos quais esses podem ser controlados. Com a identificação dos desvios, é possível acompanhar a evolução do próprio desempenho;
- c) **Melhoria:** a partir da medição é possível estabelecer metas e avaliar o impacto das mesmas sobre o desempenho do processo; e
- d) **Motivação:** as medições possuem potencial de engajamento das pessoas envolvidas no processo, pois permite o retorno quanto ao desempenho do próprio trabalho desenvolvido.

Dessa forma, o controle de perdas é prática fundamental em empresas da construção civil que buscam aplicar cada vez mais os conceitos da construção enxuta. A competitividade da empresa é alcançada na medida que a organização persegue a redução de perdas continuamente (Isatto et al, 2000).

Para o controle de perdas ser executado, é necessário a geração de indicadores para tal finalidade e, conforme Isatto et al. (2000), diferentes indicadores relativos a materiais se aplicam para expressar numericamente as perdas e ao consumo dos materiais, tais como:

- a) **Indicador global de perda de cada material por obra:** indicado em função do tipo de material considerando todos os serviços em que foi empregado;
- b) **Indicador global de consumo de material por serviço:** expressa a perda de material em um serviço específico, o qual abrange desde a etapa do seu recebimento até a sua aplicação final; e
- c) **Indicador parcial de perdas:** indicado para monitorar a perda de materiais associados a etapas específicas de um determinado processo.

Na aplicação do controle de perda de materiais no estudo de um processo crítico, destaca-se o controle parcial de perdas como fundamental para a identificação de desvios e oportunidades de intervenção no próprio decorrer da atividade. Já os indicadores que medem as perdas globais possibilitam visões estratégicas da empresa em relação a processos e técnicas construtivas e

podem gerar o efeito aprendizagem nos processos repetitivos no canteiro ou entre canteiros de obra.

3 EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA

O presente capítulo apresenta o processo de produção de revestimento de fachada. São apresentadas as definições dos componentes e de suas propriedades, assim como as referências normativas que norteiam a sua execução. Não é objetivo do trabalho entender minuciosamente cada uma dessas propriedades da argamassa, mas propiciar o entendimento da execução adequada do revestimento externo de argamassa.

3.1 REVESTIMENTO EXTERNO DE ARGAMASSA

O revestimento externo de argamassa em fachada é amplamente utilizado na construção civil e, conforme Maciel (1998), tem as seguintes funções: proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos; auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções como, por exemplo, o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases; regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular adequada para o recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final; e contribuir para a estética da fachada.

Adicionalmente, o Manual de Revestimento de Fachadas (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2006), aponta que o revestimento de argamassa não deve ser utilizado para corrigir imperfeições grescas na estrutura ou alvenaria, pois, dessa forma o revestimento será executado com grande variação de espessuras, não atingindo o desempenho esperado do sistema.

Para planejamento da execução do sistema de revestimento de argamassa estudado, é fundamental o entendimento das propriedades do revestimento de argamassa. Segundo Maciel (1998), para que os revestimentos de argamassa possam cumprir de forma adequada as suas funções e ao desempenho a ser atingido, eles precisam apresentar um conjunto de propriedades específicas que são relativas à argamassa nos estados fresco e endurecido (figura 4).

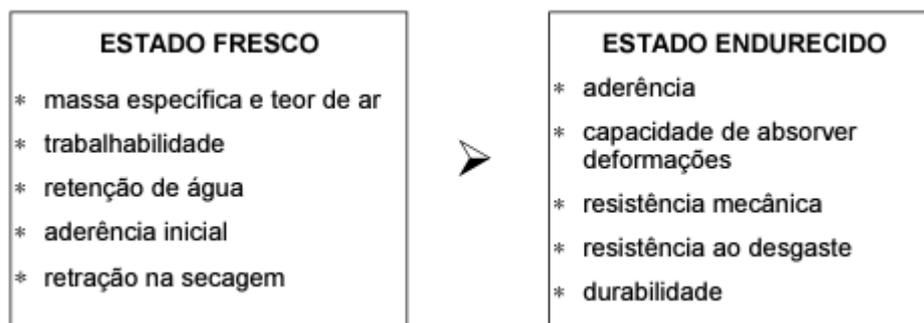


Figura 4 - Propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa. (Maciel, 1998)

Costa (2005), sugere que um projeto de revestimento de argamassa de fachada deve conter especificações e informações acerca da forma adequada de sua execução. A figura 5, apresenta os objetivos dos projetos de revestimento de argamassa, sendo separados em projeto de produto e projeto de processo.

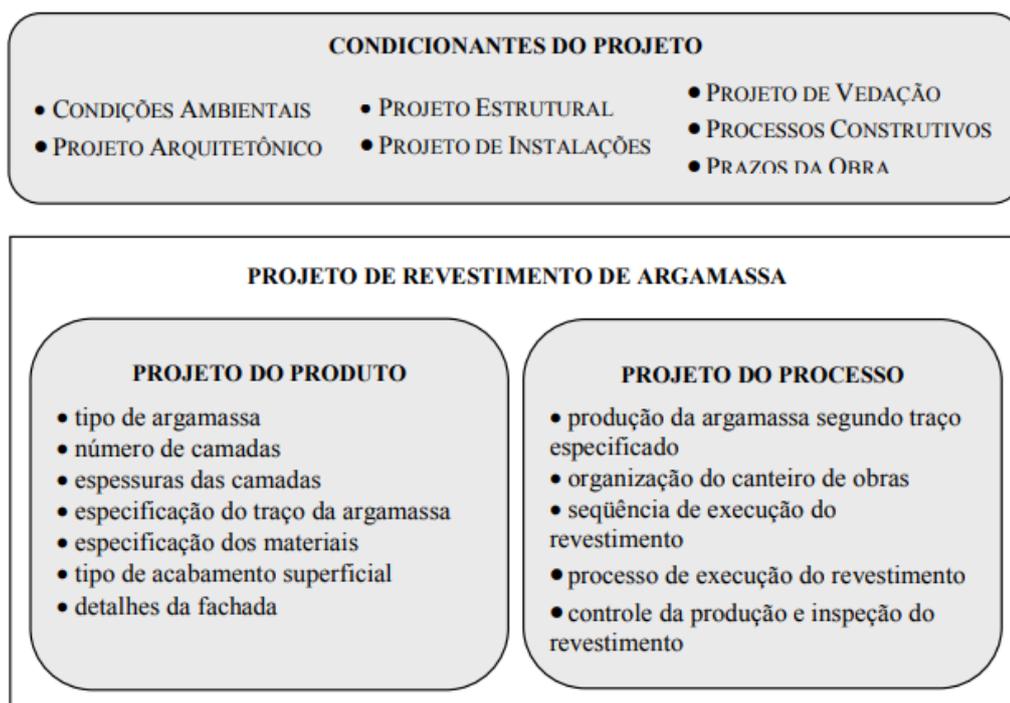


Figura 5 - Projeto de revestimento de fachada (Costa, 2005)

O projeto de fachada adequado, é realizado para especificar os materiais, traços e acabamento a serem utilizados, afim de atingir o atendimento do projeto arquitetônico e seu detalhamento. Já o projeto do processo prevê a sequencia executiva, organização da atividade e controle da produção e rotinas de inspeção para garantir a qualidade esperada. Após a elaboração de um

projeto de revestimento é importante acompanhar a execução, verificando se os itens previstos no projeto são cumpridos da forma adequada (FACHADA, 2003).

3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO REVESTIMENTO DE FACHADA

A organização dos sistemas de movimentação e armazenamento de materiais para a atividade, segundo Saurin (1997), permite aumentar a eficiência dos processos e afeta diretamente a produtividade da mão de obra, resultando em menor desperdício de material. Dessa forma, o projeto de layout do canteiro e equipamentos de movimentação de pessoas e materiais, planejados na etapa inicial da obra para o canteiro, devem, obrigatoriamente, considerar as necessidades do processo de execução do revestimento externo.

A escolha entre os diferentes tipos de argamassa tem grande interferência na organização do canteiro de obras, na necessidade de espaços para armazenamento e mistura dos materiais, nos equipamentos de transportes necessários, no uso de ferramentas e no fluxo de materiais e pessoas dentro do canteiro (COSTA, 2005). Alinhado a essas ideias, a Comunidade da Construção (2006) sugere práticas recomendáveis para o planejamento da atividade:

- a) Dimensionamento dos balancins;
- b) Definição dos pontos de abastecimento;
- c) Controle no recebimento da argamassa; e
- d) Gestão do fluxo de transporte da argamassa.

Posteriormente, Ceotto et al. (2005), afirmou que devem ser verificadas as condições para dar início às atividades, sendo elas:

- a) Estrutura concluída;
- b) Vedações externas concluídas;
- c) Vigas de borda concluídas e dimensionadas para os esforços dos balancins;
- d) Contramarcos de janelas instalados;
- e) Materiais, equipamentos e ferramentas da atividade disponíveis;
- f) Mão de obra contratada; e
- g) Montagem dos balancins executada.

Ceotto (2005), propõe que o modelo de produção do revestimento externo deve ser executado em etapas, conforme a figura 6:

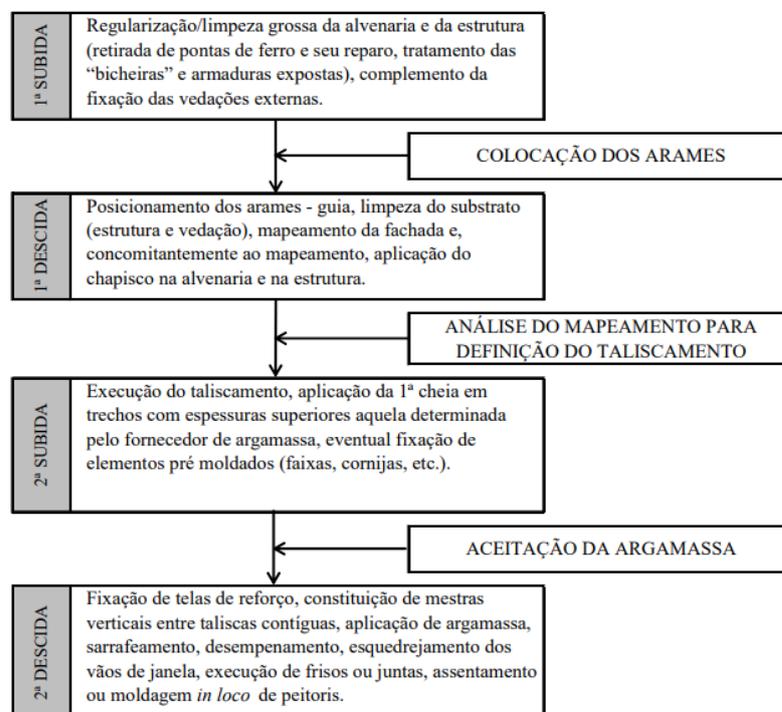


Figura 6 – Sequência executiva do revestimento externo de argamassa (CEOTTO et al., 2005)

As subidas e descidas dos equipamentos de movimentação vertical previstas por Ceotto (2005), conforme a figura 6, devem ser pensadas para se alcançar eficiência, tendo em vista que representam atividades que não agregam valor ao produto.

3.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO

Para Ceotto (2005), as várias etapas do processo devem ser verificadas através de avaliações sistemáticas qualitativas e quantitativas, de forma a garantir a qualidade sistemática do processo. É indispensável que os procedimentos do trabalho estejam registrados em documentos, sendo listados abaixo seus principais benefícios:

- O registro das informações como prática da empresa;
- A melhora da integração entre os setores e obras da mesma empresa;
- Definir claramente os desejos da construtora a serem atendidos pelos agentes externos;
- Maior capacidade de inovar e implementar a melhoria contínua.

Entretanto, se tratando de um serviço de alta dependência a variabilidade da mão de obra, segundo Costa (2005), para o estabelecimento de padrões que levem à qualidade e à produtividade desejadas a existência apenas de documentos não é suficiente. Faz-se necessário o seguimento efetivo das ações estabelecidas nestes documentos e o treinamento das pessoas envolvidas.

4 MÉTODO DE TRABALHO

Neste capítulo é apresentado o método de trabalho para desenvolvimento do projeto de processo crítico. Em primeiro momento é apresentado a justificativa para a escolha da empresa, do empreendimento e do processo analisado, e, posteriormente, as atividades realizadas até o desenvolvimento do projeto do processo crítico, conforme ilustrado na figura 7.

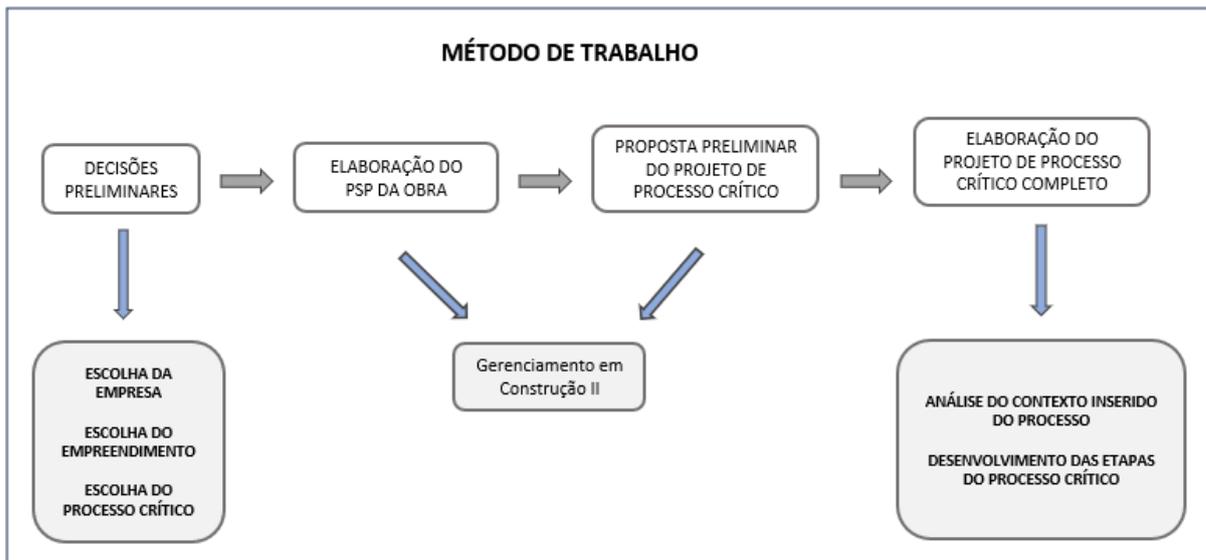


Figura 7 - Fluxo das etapas do Método de Trabalho

4.1 DECISÕES PRELIMINARES

4.1.1 Escolha da Empresa

A empresa foco do trabalho é uma construtora-incorporadora de grande projeção nacional que atua no segmento de imóveis residenciais e comerciais dos seguintes padrões: econômico, médio e alto padrão. A empresa participa desde a aquisição de terrenos, desenvolvimento e comercialização de produtos, construção dos empreendimentos e assistência técnica dos imóveis entregues. Destaca-se na empresa a padronização dos processos construtivos, com base na filosofia da produção enxuta, o uso de ferramentas de gestão visual, o desenvolvimento de um sistema de planejamento e controle da produção (PCP) fortemente baseado no Sistema *Last Planner*.

4.1.2 Escolha do Empreendimento

O estudo foi realizado em um empreendimento residencial vertical de três torres em execução situado na cidade de Porto Alegre, denominado de Empreendimento A. A área total do empreendimento é cerca de 42.000 m² de área construída sobre um terreno de 10000 m². As três torres possuem subsolo, térreo, 16 pavimentos de unidades privativas, cobertura com área comum e reservatório superior. A torre escolhida como foco do estudo possui quatro apartamentos por andar, enquanto as demais torres possuem dois. A estrutura das torres é de concreto armado e as vedações interna e externa são de alvenaria de blocos cerâmicos.

A localização da torre, denominada de torre 3, no canteiro de obras é mostrada na figura 8, a noroeste das torres 1 e 2.

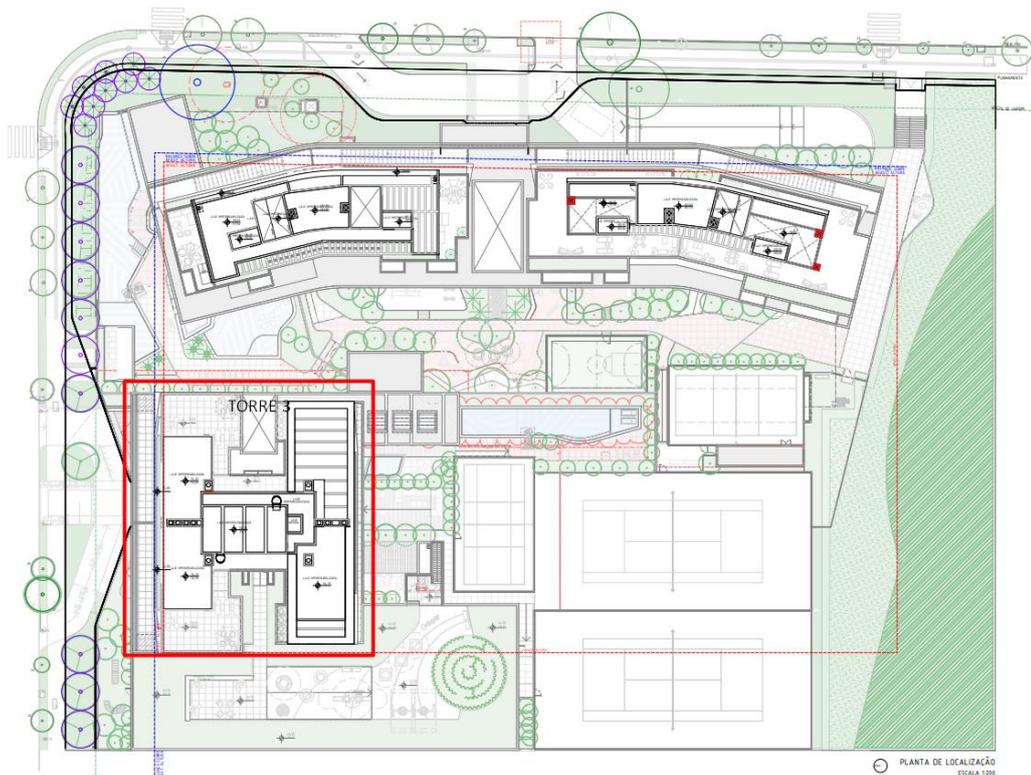


Figura 8 - Localização da torre no canteiro. (Fonte: Elaborado pelo autor e seu grupo)

Este empreendimento foi escolhido para o presente trabalho pelo fato de que o autor trabalha nesse canteiro de obra como assistente técnico e presta auxílio na gestão executiva desse processo. Além disto, a obra apresentava um sistema de gestão da produção bem estruturado.

4.1.3 Escolha do Processo Crítico

O trabalho apresenta a proposta de elaboração do projeto de processo crítico para a execução do revestimento de argamassa das fachadas de uma das torres do empreendimento. A escolha dessa atividade executiva foi devido aos seguintes fatores:

- a) Ao estágio físico de obra, permitindo o acompanhamento do planejamento desta atividade desde o início da janela do plano médio prazo;
- b) Entendimento da atividade ser um processo crítico, pois é o primeiro serviço executado nas fachadas da torre estudada do empreendimento;
- c) Fluxos logísticos complexos pela necessidade de abastecimento contínuo e confiável de materiais ao longo de todo o processo; e
- d) Grande dependência da atividade a equipamentos locados e mão de obra subcontratada.

4.1.4 Descrição do sistema de PCP adotado pela Empresa

O sistema de PCP da empresa está dividido em três níveis hierárquicos tradicionalmente adotados no Sistema Last Planner:

- a) Planejamento de longo prazo: é realizado pelo setor de Orçamento e Planejamento da empresa com o uso do software MS Project. Define-se um plano de ataque dos setores do canteiro da obra a e sequencia de atividades, e as estratégias de condução das atividades do canteiro. São realizadas medições de desvio de prazo, com base na linha base, a partir das quais é gerado o Índice de Desvio de Prazo (IDP);
- b) Planejamento de médio prazo: é realizado pela equipe de engenharia da obra, a partir da análise das atividades planejadas para o horizonte de três meses. O foco desta etapa de planejamento é a identificação e remoção das restrições das atividades, as quais são divididas em relação a contratação da mão de obra, dos materiais e dos equipamentos necessários, da definição das medidas e métodos da atividade e da liberação do local da frente de trabalho. O índice que mede a efetividade da remoção de restrições é o Índice de Remoção de Restrições (IRR) e é mensalmente apresentado a direção de engenharia e aos demais setores do *backoffice* da empresa; e
- c) Planejamento de curto prazo: é liderado pelo engenheiro da obra, e conta com a participação de representantes das diferentes equipes. Tem ciclo semanal e é gerado a partir da identificação das atividades que podem ser realizadas. A reunião de

planejamento de curto prazo é realizada em um dia e horário fixo, visando a confirmar se as atividades podem ser efetivamente executadas ou se existem possíveis interferências. Essa etapa do planejamento é de mobilização e direcionamento das equipes para as frentes de trabalho que devem ser executadas. A eficácia do planejamento de curto prazo é medida através do Percentual de Pacote Concluídos (PPC).

4.2 ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades realizadas foram divididas em duas grandes etapas:

- a) Elaboração do Projeto do Sistema de Produção (PSP) da obra: o trabalho teve início durante a participação do autor na disciplina de Gerenciamento em Construção II – ENG01225, na qual foi elaborado um trabalho em grupo sobre o projeto do sistema de produção de uma obra. O grupo do qual o autor fazia parte escolheu o Empreendimento A como objeto do trabalho. Nesta mesma disciplina foi também elaborado em grupo, em um segundo trabalho: o projeto de processo crítico do revestimento de argamassa de fachadas. Esta versão do projeto de processo crítico teve um caráter preliminar; e
- b) Elaboração do projeto de processo crítico completo do revestimento de argamassa em fachadas por parte do autor.

A seguir, são descritas as atividades realizadas na disciplina com a participação do autor.

Para elaboração do PSP da obra foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a) Divisão da obra em quatro zonas de trabalho, com a sequência do plano de ataque da obra, assim como seus prazos planejados para a execução;
- b) Definição de uma unidade base e pré-dimensionamento dos recursos de mão de obra;
- c) Definição dos principais fluxos do canteiro, como de acesso de veículos e pessoas e equipamentos de movimentação horizontal e vertical de materiais e pessoas; e
- d) Proposta de layout das instalações provisórias para a fase inicial do canteiro de obra.

Para a elaboração do projeto de processo crítico do revestimento de argamassa na disciplina foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a) Definição dos objetivos a serem atingidos: redução de custo, redução de prazo e formas de sincronização dos pacotes de trabalho; e
- b) Definição da sequência de atividades, tempo de ciclo, operações logísticas, movimentação de equipamentos e dimensionamento das equipes da atividade de forma isolada.

A seguir, são descritas as atividades realizadas pelo autor, de forma sequencial, na realização do trabalho de forma individual, no âmbito da empresa:

- a) Análise do planejamento de longo prazo: definido pelo setor de planejamento da empresa para a execução da atividade. Nessa etapa foi utilizado o software *MS Project* para filtro dos prazos previstos para a etapa de preparação do substrato e aplicação do chapisco e para a etapa de execução do emboço. Nessa etapa foi verificado o planejamento da atividade em simultaneidade para todos os panos da fachada, sendo diretriz para o dimensionamento do número de frentes de trabalho e, por conseguinte, das centrais de produção e depósitos;
- b) Análise do procedimento executivo atualizado da empresa para a execução de revestimento externo de argamassa para nortear o planejamento e as decisões operacionais da atividade;
- c) Análise das atividades antecessoras: através do filtro do software *MS Project* utilizado pela empresa foram identificadas as atividades antecessoras a execução do revestimento de argamassa da fachada e elaborado plano de controle específico para essas atividades, vistas serem potenciais gargalos de produção para a atividade estudada, a fim de minimizar seus desvios de execução;
- d) Análise da necessidade de equipamentos e materiais para a atividade, assim como seu dimensionamento. Nessa etapa o autor listou os equipamentos e materiais necessários para a execução, assim como seu escopo de fornecimento junto aos fornecedores credenciados na empresa;
- e) Montagem da sequência de atividades antecessoras, criando um elo entre as planejadas pela empresa com as atividades de montagem de equipamentos e particularidades do processo envolvido. Nessa etapa foi discutido em conjunto ao setor SESMT as proteções periféricas mais adequadas para a torre na etapa de execução do processo e realizada

sua inclusão no planejamento, originando os primeiros esboços do fluxograma das atividades antecessoras ao processo crítico;

- f) Análise crítica dos demais serviços em andamento da torre e no canteiro para definir os melhores locais para os depósitos, centrais de produção e abastecimento das frentes de trabalho. A avaliação foi de forma qualitativa e contou com a coleta de informações do mestre e do almoxarifado da obra, através de conversa informal;
- g) Desenvolvimento do projeto de processo crítico, sendo estes: planejamento prévio das atividades, contratação de equipamentos, materiais e mão de obra, layouts dos depósitos, das centrais de produção e frentes de trabalho, proposta de indicadores para avaliação do processo; e
- h) Apresentação do plano aos gestores para validação e início da execução do processo pelo planejado no projeto de processo crítico.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento das etapas do Projeto de Processo Crítico. Primeiramente são apresentados a análise das diretrizes gerais da empresa para o processo, e o PSP proposto para a obra.

Posteriormente são apresentados os elementos do projeto do processo crítico, os quais deram origem aos mapas logísticos da atividade. Por fim, neste capítulo é apresentada a proposta do plano de acompanhamento da produção com base nos indicadores de desempenho propostos.

5.1 DIRETRIZES GERAIS ADOTADAS PELA EMPRESA

Como estratégia de controle da produção a empresa adota um sistema de padronização dos seus serviços através de procedimentos executivos escritos e atualizados sempre que necessário, seja por atualização normativa ou tendência de mercado. Para a execução da atividade de execução do reboco externo, dentre as definições do processo, lista-se:

- a) Execução de painel teste para validação do sistema a ser empregado na fachada com 30 dias de antecedência ao início das atividades. O ensaio deve ser executado segundo a padronização da NBR 13.528 (ABNT, 2010), e é utilizado segundo as indicações da NBR 13755 (ABNT, 2017) como uma boa prática da empresa. O resultado deve ser satisfatório;
- b) Execução do mapa de colocação de reforço de telas metálicas e fixação com sistema de finca pinos, quando não existente no projeto de fachada;
- c) Execução do mapa dos frisos técnicos, estes quando não existente no projeto de fachada;
- d) Execução do mapeamento dos desvios de prumo da fachada, tanto na face de estrutura como na de alvenaria e seus dados devem servir de base para a verificação das espessuras necessárias do revestimento de argamassa, para análise e definição do engenheiro da obra e validação do gerente;
- e) Controle de recebimento, aceite e armazenamento de todos materiais de acordo com as instruções das fichas de verificação de materiais;
- f) Execução do chapisco de colher em superfície de alvenaria, este feito em obra, com traço 1:3 de cimento e areia grossa e com controle de dosagem na central de produção;
- g) Execução do chapisco desempenado ensacado em superfície de concreto, este é entregue seco pelo fabricante e é preparado com a adição de água. A mistura é realizada conforme

as orientações do fornecedor e é realizado na própria frente de trabalho, utilizando um misturador elétrico de alta rotação e um dosador para controle da quantidade de água adicionada; e

- h) Execução do emboço chapado na colher com argamassa grossa com fibra ensacada pronta, com controle de dosagem de água nas centrais de produção no canteiro.

O empreendimento do estudo possui projeto de produto de fachada disponibilizado a engenharia da obra, o qual contém a especificação das juntas, dos frisos técnicos e posicionamento das telas metálicas, tornando não necessário a elaboração dos mapas dos itens 'b' e 'c'.

Lista-se, a seguir, as definições que foram feitas para o projeto do processo crítico, considerando as práticas normalmente adotadas pela empresa para seus empreendimentos de padrão e dimensões similares a obra onde o trabalho foi realizado:

- a) Entrada e saída de caminhões por um único portão de acesso de veículos na fase em que o processo crítico estudado foi realizado;
- b) Movimentação vertical de pessoas, equipamentos e materiais por um elevador cremalheira por torre;
- c) Movimentação vertical de materiais utilizados na execução da estrutura por uma minigrua por torre;
- d) Sistema de Proteção Periférica constituído por módulos metálicos deslizantes, rede de proteção e bandeja no 2º pavimento;
- e) Execução dos serviços nas fachadas por Andaimos Suspensos motorizados; e
- f) Descida simultânea de todo perímetro da fachada na etapa de execução do emboço. Exceto pano da cremalheira.

5.2 PSP PROPOSTO PARA A OBRA

De forma resumida, o presente tópico discorre sobre as etapas de apresentação do Projeto de Sistema de Produção proposto para o canteiro, separado em sete etapas:

- a. Plano de ataque da obra em 4 zonas de trabalho sequenciais, conforme figura 9, as primeiras zonas de ataque são as torres, sendo a zona 1, a torre do estudo desenvolvido:



Figura 9 - Definição das 4 zonas de ataque da obra. (fonte: elaborado pelo autor e seu grupo)

- b. Layout inicial do canteiro, composto pelo conjunto de acessos de veículos e pessoas para as fases de escavação e fundação, assim como a localização das instalações provisórias e depósitos de materiais do canteiro.
- c. Equipamentos de movimentação vertical de materiais e pessoas no canteiro. Sendo dimensionado um elevador cremalheira por torre, localizados em paredes cegas centrais das torres e próximas a locação dos depósitos, assim reduzindo as distâncias de movimentação interna. E, também, dimensionado uma mini grua para a maior torre, para uso na etapa de estrutura, e uma grua para atendimento compartilhado das duas torres menores;
- d. Separação das unidades-base das torres por pavimento e em quatro lotes de execução para uma das torres e em dois lotes de execução para as outras duas torres, baseado nas áreas e geometria da planta baixa das torres;
- e. Macrofluxo de atividades do canteiro até a etapa inicial de cada torre e macrofluxo de cada torre com dimensionamento das equipes por lotes de trabalho;
- f. Linha de balanço das atividades para visualização da sequência executiva e ritmo de produção da unidade base com a inclusão das atividades executadas na fachada da torre em que o estudo do processo crítico foi desenvolvido. A linha de balanço para a

visualização das interfaces entre as atividades internas e externa são apresentadas na figura 10;

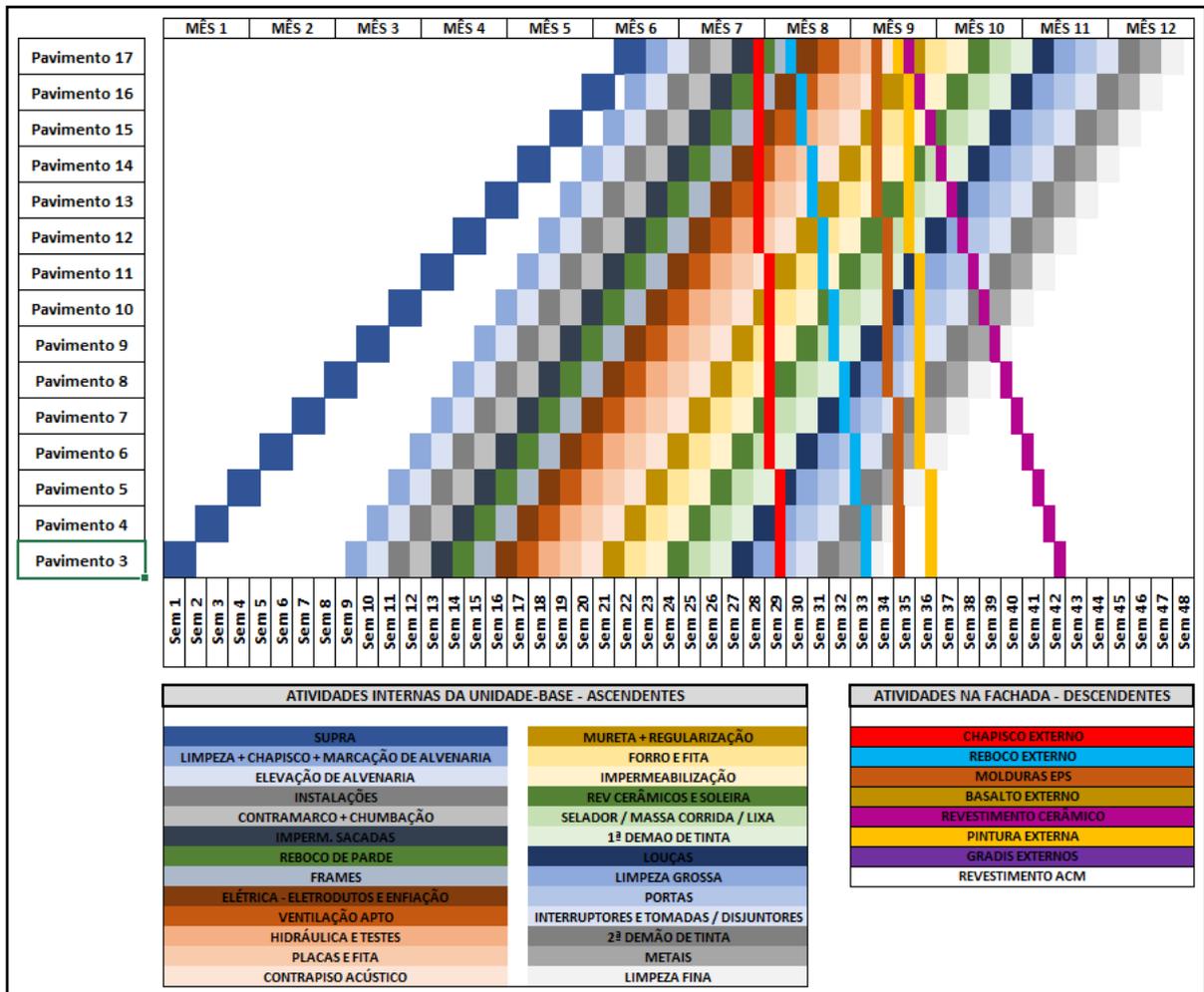


Figura 10 – Linha de Balanço da unidade base com a inclusão das atividades da fachada. (Fonte: elaborado pelo autor)

- g. Apresentação do histograma da mão de obra do canteiro, com a identificação dos períodos de pico de mão de obra no canteiro.

5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE PROCESSO CRÍTICO

Neste item, apresenta-se os vários elementos do projeto do processo crítico, desde o acompanhamento das atividades antecessoras, elaboração de mapas da frente de trabalho, das centrais de produção, dos depósitos necessários e os fluxos logísticos internos.

5.3.1 Elaboração do Filtro do Planejamento das Atividades Antecessoras

Esse item discorre sobre a análise das datas de conclusão das atividades antecessoras. Esta análise foi baseada no plano de longo prazo da empresa. Essa abordagem visou a compreender o sequenciamento em que o processo estudado está inserido facilitando o monitoramento das atividades, com seus respectivos períodos de execução, conforme figura 11, extraída e adaptada do software *MS Project*, utilizado pela empresa.

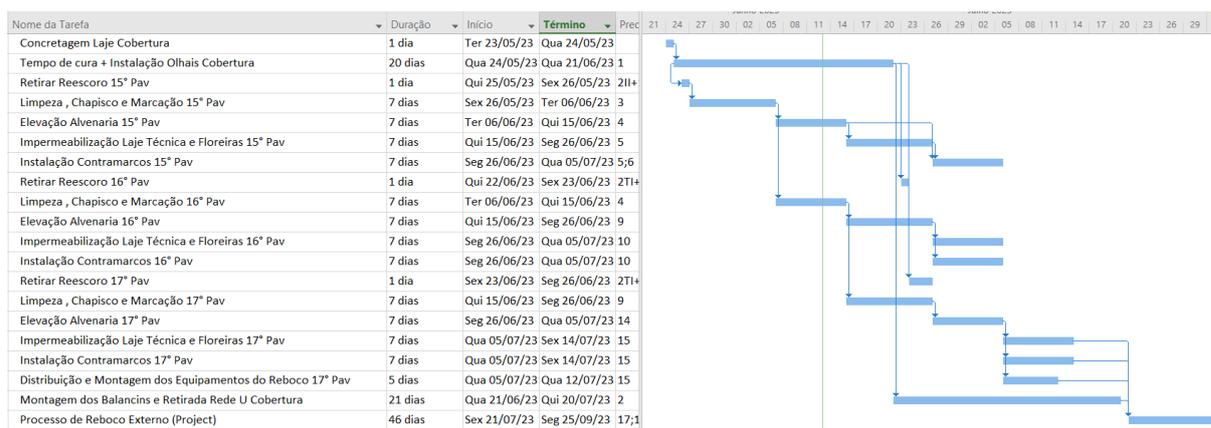


Figura 11 - Atividades antecessoras em gráfico Gantt. (fonte: elaborado pelo autor)

A execução dessa etapa foi solicitada pelo gerente da obra ao autor e foi monitorada ao longo das reuniões semanais no canteiro. Para identificação das atividades de impacto na execução do revestimento externo de argamassa das fachadas e que não são descritas no planejamento de longo prazo foi solicitado auxílio do engenheiro da obra devido sua experiência com a execução da atividade.

As atividades antecessoras ao processo estudado, identificadas na figura 11, foram representadas na figura 12 em formato de fluxograma para melhor compreensão. É importante destacar que nem todas atividades deste fluxograma estão na rede CPM, devido a não agregarem valor ao produto.

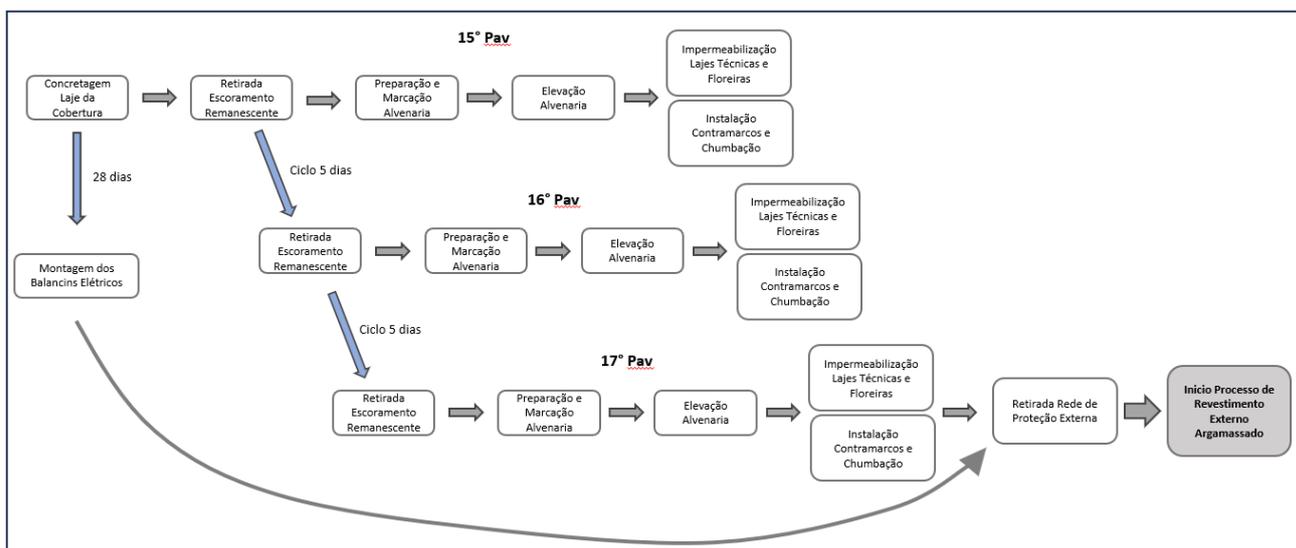


Figura 12 - Fluxograma de atividades antecessoras ao reboco externo. (fonte: autor)

O entendimento da sequência de atividades se mostrou importante para o monitoramento e controle das atividades de impacto direto, as quais são potenciais fatores de atraso para o início das atividades do revestimento externo de argamassa. As datas de execução de cada atividade são predefinidas pela empresa com base no planejamento em ciclos de 5 dias trabalhados por atividade por pavimento, e, por restrições técnicas normativas e de projeto. As restrições técnicas identificadas no planejamento inicial do processo foram:

- a) Concretagem da laje de cobertura para liberação da retirada do escoramento remanescente dos três pavimentos inferiores;
- b) Avaliação da estrutura da laje de cobertura e platibanda partir de ensaio de compressão axial do concreto, realizado 28 dias após a concretagem;
 - a. Liberação para início das montagens dos balancins elétricos ancorados nas platibandas da estrutura.

Conforme indicado na figura 12, a impermeabilização das lajes técnicas e floreiras e instalação e chumbação dos contramarcos do 17º pavimento liberam, em conjunto com a conclusão da montagem dos balancins elétricos, a retirada das telas de proteção periférica das fachadas da

torre, liberando a atividade para o início do processo de execução do revestimento de argamassa.

5.3.2 Elaboração de lista de materiais e equipamentos e mapas do processo

Nessa etapa, foram listados os materiais e equipamentos necessários para a execução da atividade, assim como elaborados mapas para os depósitos dos materiais, posicionamento dos equipamentos e frentes de trabalho. Em primeiro momento, a elaboração dos mapas foi realizada pelo autor em conjunto com o engenheiro da obra. No caso do posicionamento dos balancins elétricos, foi solicitado croquis a empresas fornecedoras dos equipamentos. Para a análise, o autor realizou entrevistas com os líderes e operários das equipes envolvidas, assim como realizou a análise dos mapas com os orientadores do trabalho, os quais realizaram uma visita a obra com os serviços ainda em fase inicial.

5.3.2.1 Depósitos de Materiais

O revestimento de argamassa em fachadas é um serviço que necessita de diferentes tipos de materiais, com distintas características de recebimento e armazenamento, sendo alguns destes utilizados em grande quantidade. Dessa forma, primeiramente foram identificados os materiais necessários para a atividade:

- a) Discos de corte de ferros;
- b) Tinta anticorrosiva para ferro exposto;
- c) Argamassa ensacada de encunhamento;
- d) Areia lavada média a grossa;
- e) Cimento;
- f) Chapisco ensacado desempenado;
- g) Tela metálica galvanizada;
- h) Pinos para pistola finca pino.
- i) Arame galvanizado;
- j) Cerâmicas para taliscas; e
- k) Argamassa ensacada grossa com fibra.

Posteriormente, conforme ilustrado na tabela 1, foram separados os materiais que necessitam depósitos de armazenamento no canteiro e os de armazenamento no almoxarifado. O critério utilizado para a separação foi o espaço necessário e forma de controle para cada material.

Tabela 1 - Forma de controle de armazenamento dos materiais utilizados. (Fonte: elaborado pelo autor)

ARMAZENAMENTO	MATERIAIS	FORMA DE CONTROLE
Depósito no canteiro	Argamassa ensacada de encunhamento; Areia lavada média a grossa; Cimento; Chapisco ensacado desempenado; Tela metálica galvanizada; Argamassa ensacada grossa com fibra.	Programação de recebimento do material conforme previsão de consumo. Alerta de estoque mínimo.
Almoxarifado	Discos de corte de ferro; Tinta anticorrosiva; Pinos para pistola finca pino; Arame galvanizado.	Programação de recebimento do material conforme previsão de consumo. Controle de entrega por unidade.

5.3.2.2 Centrais de Produção

Alguns dos materiais utilizados na execução da atividade necessitam preparação, ou seja, existe uma etapa de conversão dos insumos recebidos no material final, o qual deve ser destinado as frentes de trabalho. Dessa forma, foram identificadas necessidades de centrais de produção para a produção do chapisco de cimento e areia e para a produção da argamassa.

O objetivo das centrais é fornecer o produto final para as frentes de trabalho na quantidade e qualidade demandada. Para isto, foi dimensionado o número de centrais e seu posicionamento a partir de análises do autor com o mestre e o engenheiro da obra, realizadas no pavimento escolhido para a posicionado das centrais, no 17º pavimento. A análise não contou com ferramentas de registro.

Nessa etapa do planejamento ainda não havia definição dos subempreiteiros contratados para a execução e por esse motivo estes não tiveram participação na escolha. As quantidades de materiais a serem produzidos por cada central foram definidas a partir da estimativa de demanda das frentes de trabalho e a capacidade de produção de cada central. Já para a escolha do posicionamento das centrais, os itens considerados foram:

- a) Vantagens da central próxima à frente de trabalho ou ao depósito do material;
- b) Análise da utilização do elevador cremalheira para insumos ou produtos;
- c) Área necessária para as centrais; e
- d) Interferências com outros serviços.

5.3.2.3 Frente de Trabalho

Conforme visto no item 5.1 do presente trabalho, foram definidos a execução da etapa do enchimento do emboço em todo perímetro da fachada simultaneamente. Assim, a frente de trabalho foi definida com base no posicionamento dos andaimes suspensos no perímetro da fachada.

A partir dessa definição, foi solicitado as empresas de locação o croqui com o posicionamento e dimensão de cada equipamento. Os tópicos discutidos para a definição das frentes de trabalho foram:

- a) Dimensões dos módulos disponíveis pelos fornecedores; e
- b) Pavimentos de abrangência vertical dos equipamentos de cada pano, devido a possibilidades de a montagem abranger, ou não, parte dos volumes superiores e implantação do empreendimento.

5.3.3 Elaboração do Plano Logístico de Abastecimento

A partir dos mapas dos depósitos, centrais de produção e frentes de trabalho, foi elaborado o plano logístico da atividade através da visualização dos seus fluxos de transporte dos materiais no canteiro. A visualização dos fluxos teve como objetivo identificar perdas por movimentação desnecessária dos materiais, com base nos conceitos apresentados no item 2.4, de forma a tomar uma decisão adequada para a escolha do local dos depósitos e centrais de produção.

Foi realizada a análise dos projetos de modulação dos pavimentos de posicionamento dos depósitos e centrais de produção para estudo das possibilidades de fluxo dos materiais com eficiência, percorrendo menores distância, com menores intervenções em outras atividades.

5.3.3.1 Posição dos Depósitos de Materiais

A partir da descarga de materiais na obra no interior da obra, foram definidos os locais dos depósitos de materiais e os mapas de fluxo dos mesmos, sendo consideradas as seguintes premissas:

- a) Local de descarga de menor impacto no fluxo de descargas do canteiro;
- b) Proximidade do local de descarga com o depósito do respectivo material;
- c) Local adequado para uso dos equipamentos de movimentação horizontal; e
- d) Preferência para descarga em locais cobertos para compósitos cimentícios.

É entendido que a descarga de materiais em local provisório é necessária para efetuar a liberação dos caminhões no menor tempo possível, a fim liberar o fluxo do canteiro de obras. Entretanto, não se pode abrir exceção quanto aos cuidados de exposição a intempéries dos materiais, principalmente os materiais cimentícios, conforme discutido no item 3.1.

Com a visualização de descargas realizadas em obra e analisadas em conjunto, foi percebido que as descargas podem ter três tipos de finalidade:

- a) Abastecimento dos depósitos quando as centrais de produção estão abastecidas;
- b) Abastecimento das centrais de produção ou frente de trabalho, quando estão sem materiais suficientes; e
- c) Abastecimento misto, parte para as centrais de produção e parte para compor o depósito do material.

Dessa forma, foram elaborados mapas dos fluxos de materiais para análise visual das distâncias e obstáculos. Nessa avaliação foram observadas as prováveis consequências dos fluxos definidos nas demais atividades do canteiro.

5.3.3.2 Fluxos das Centrais de Produção

A etapa de análise do abastecimento das centrais de produção foi realizada a partir dos projetos de modulação das vedações internas dos pavimentos das centrais de produção, assim como dos locais de alimentação das frentes de trabalho. As seguintes premissas foram consideradas para alcançar uma boa eficiência dos fluxos:

- a) Menor distância possível entre os depósitos e as centrais de produção;
- b) Menor distância possível entre as centrais de produção e a frente de trabalho;
- c) Definição de rotas com menor impacto nas demais atividades do pavimento das centrais de produção de argamassa;
- d) Utilização do elevador cremalheira para transportar os materiais secos, antes de sua preparação; e
- e) Minimizar os impactos na produção gerados por manutenções preventivas e corretivas do elevador cremalheira.

O objetivo da geração de menores impactos nas demais atividades nortearam o estudo dos fluxos das centrais de produção. Com base na experiência em execução de obras residenciais do engenheiro da obra, os fluxos nos pavimentos de produção da argamassa podem interferir nas atividades de elevação das vedações, desde que não interrompa a execução de atividades internas críticas para o andamento da torre, sendo estas listadas abaixo:

- a) Executar todas vedações externas do pavimento;
- b) Executar todas as paredes de churrasqueiras, lareiras e seus respectivos *shafts* dos dutos;
- c) Executar as vedações das salas técnicas de instalações hidráulicas, elétricas, telecomunicação e gás; e
- d) Minimizar os impactos em alvenaria que possuem instalações hidráulicas.

Então, foram elaborados mapas dos fluxos do 17º pavimento da torre para análise das distâncias e alvenarias de vedação, que deveriam ser postergadas até a finalização da utilização do pavimento como central de produção. Nessa avaliação foram observadas as prováveis consequências quanto aos fluxos definidos nas demais atividades do pavimento. A visita em obra dos orientadores do trabalho auxiliou o autor na visualização da eficiência e perdas relacionadas a estes fluxos.

5.3.3.3 Fluxos para Frente de Trabalho

Todo o processo logístico de abastecimento de materiais tem como finalidade o abastecimento final da frente de trabalho com eficiência, na quantidade e qualidade esperada. Dessa forma, o último fluxo de transporte de materiais foi elaborado de forma a suprir essas necessidades, sendo listadas abaixo as premissas consideradas:

- a) Menor tempo possível de transporte da central de produção para a frente de trabalho;
- b) Evitar a exposição a contaminação do material pronto para uso, em relação a resíduos provenientes de outros serviços; e
- c) Movimentação e descarga do material facilitada por uso de equipamentos adequados.

Assim, a análise dos equipamentos foi realizada em conjunto pela engenharia da obra com os líderes das empresas contratadas, seguindo padrões da construtora. Como parte do estudo dos equipamentos mais adequados, o autor, juntamente com uma das empresas contratadas e com a responsável pelas contratações de mão de obra civil da construtora, realizou uma visita a outro canteiro da empresa na qual esta atividade estava sendo executada, a fim de observar o processo e os equipamentos utilizados.

A premissa de obter o menor tempo possível de transporte entre a produção da argamassa e a entrega as frentes de trabalho foram alcançadas por meio de discussões com o mestre da obra, devido à sua experiência com a atividade, e às instruções passadas aos serventes durante o início das atividades. A equidistância entre a central de produção as suas respectivas frentes de trabalho também foram consideradas para definir o posicionamento das centrais.

5.4 APRESENTAÇÃO DOS MAPAS DESENVOLVIDOS

A figura 13 apresenta as 29 frentes de trabalho definidas para a execução da atividade. São vistas em planta baixa para entendimento da abrangência de cada frente de trabalho, denominadas usualmente dos panos da fachada.

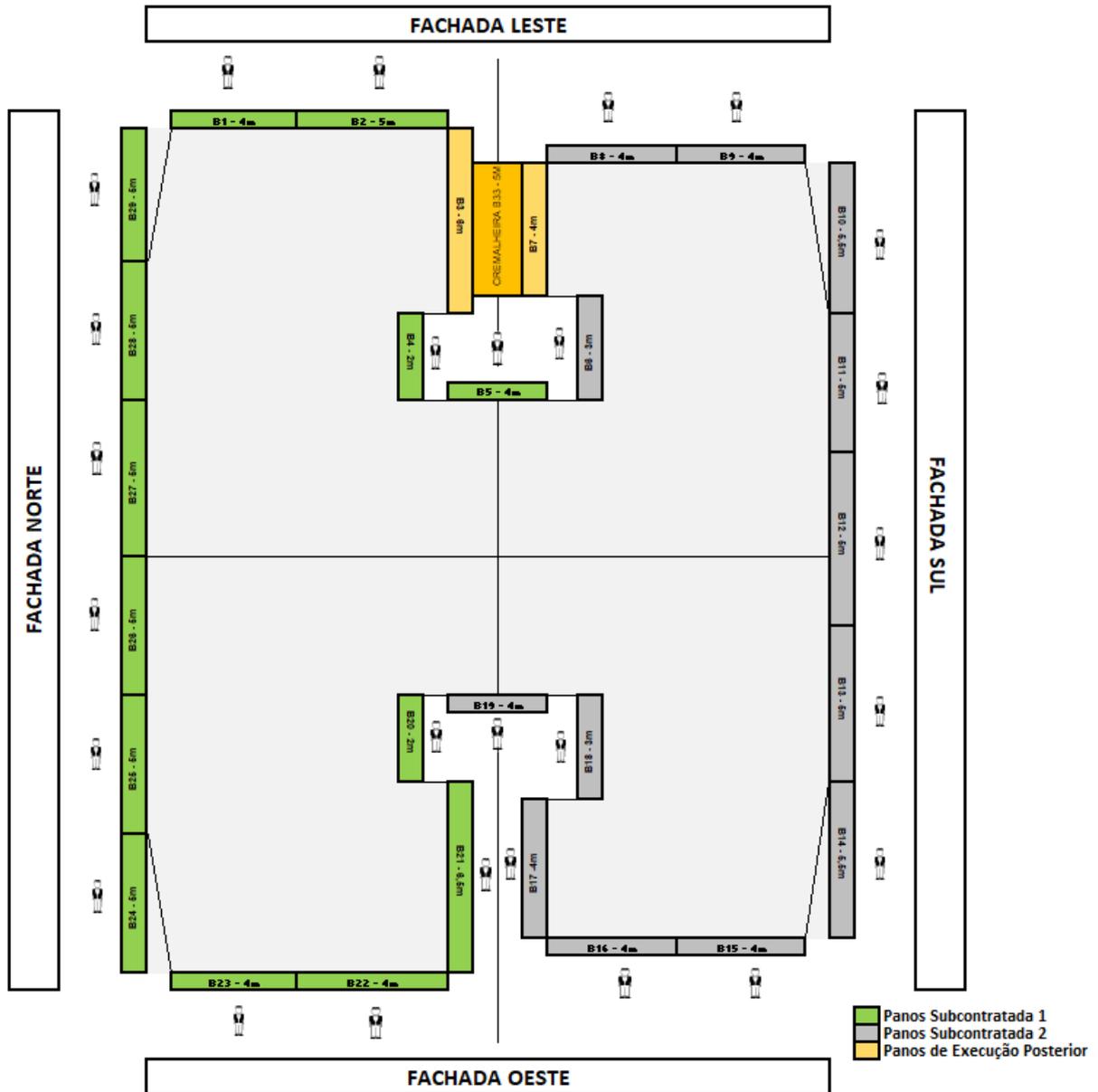


Figura 13 - Divisão das frentes de produção. (fonte: elaborado pelo autor)

As setorizações das frentes de trabalho foram propostas com base nos fatores listados abaixo:

- Abrangência completa das áreas da fachada com o menor número de andaimes suspensos elétricos, estudados em conjunto com empresas especializadas em locação dos equipamentos e o SESMT;
- Maior divisão equivalente de área possíveis entre cada frente de trabalho; e
- Divisão de áreas e tipologias de painéis equivalentes entre os diferentes empreiteiros.

A figura 14 apresenta o pavimento subsolo da torre estudada. Neste pavimento o plano localiza o local de descarga dos materiais, os depósitos de argamassa, a central de produção do chapisco e os seus fluxos logísticos.

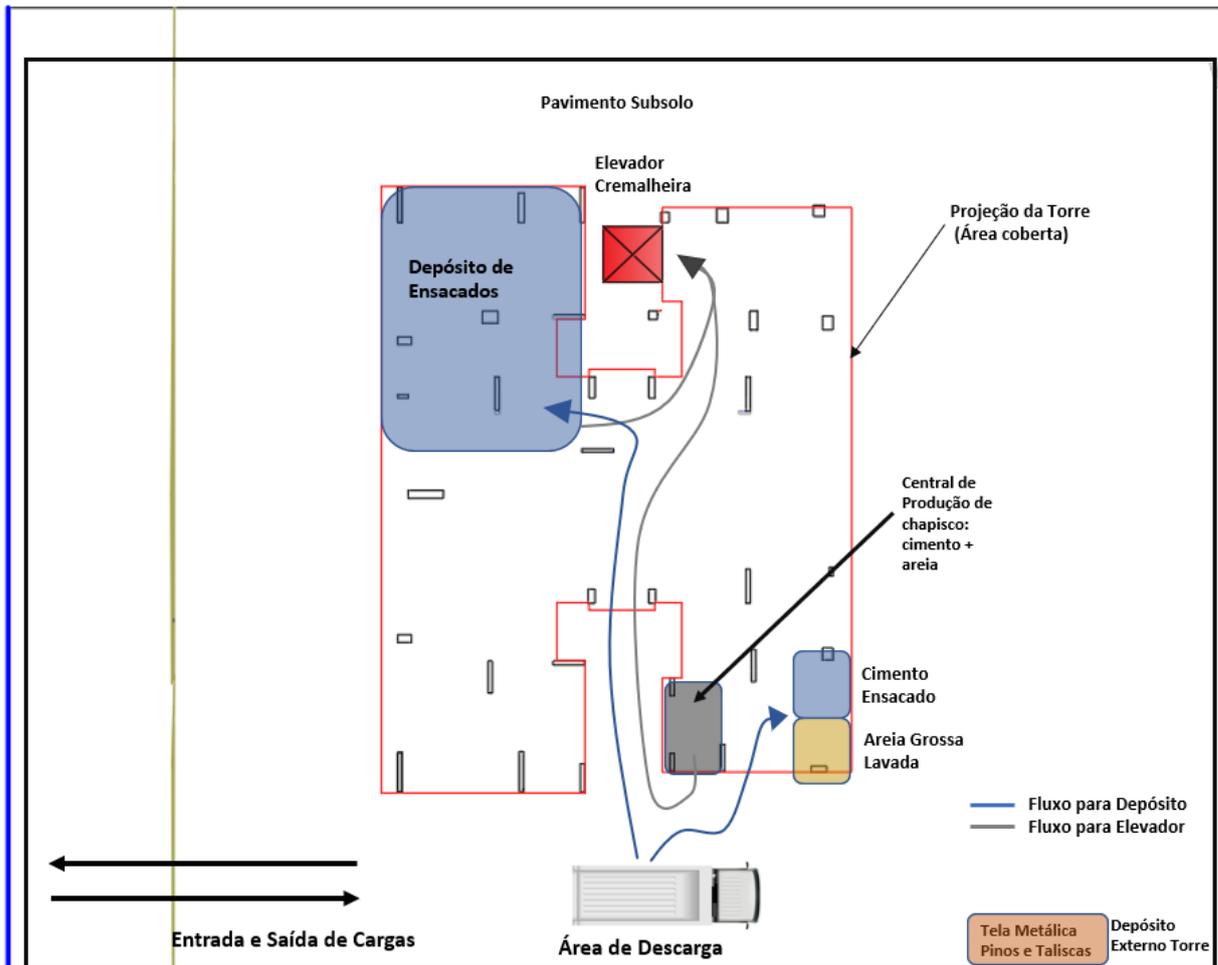


Figura 14 - Apresentação do pavimento subsolo. (fonte: elaborado pelo autor)

As escolhas foram atribuídas aos seguintes fatores:

- Depósitos localizados no pavimento de descarga do material, com cobertura à exposição de intempéries e posicionado entre o local de descarga dos caminhões e o elevador cremalheira;
- Não previstas no planejamento atividades de execução no local do depósito no período de execução da atividade;
- Central de produção do chapisco próxima ao depósito de cimento e areia; e

- d) Transporte de chapisco de cimento e areia grossa preparado ao pavimento de abastecimento das frentes de trabalho proporciona maior conservação da limpeza do pavimento.

A figura 15 apresenta o 17º pavimento da torre. Nesse pavimento o plano localiza as quatro centrais de produção de argamassa (M1, M2, M3 e M4) para execução do emboço e suas linhas de abastecimento, assim como o abastecimento para as frentes de trabalho a partir de funis e mangueiras.

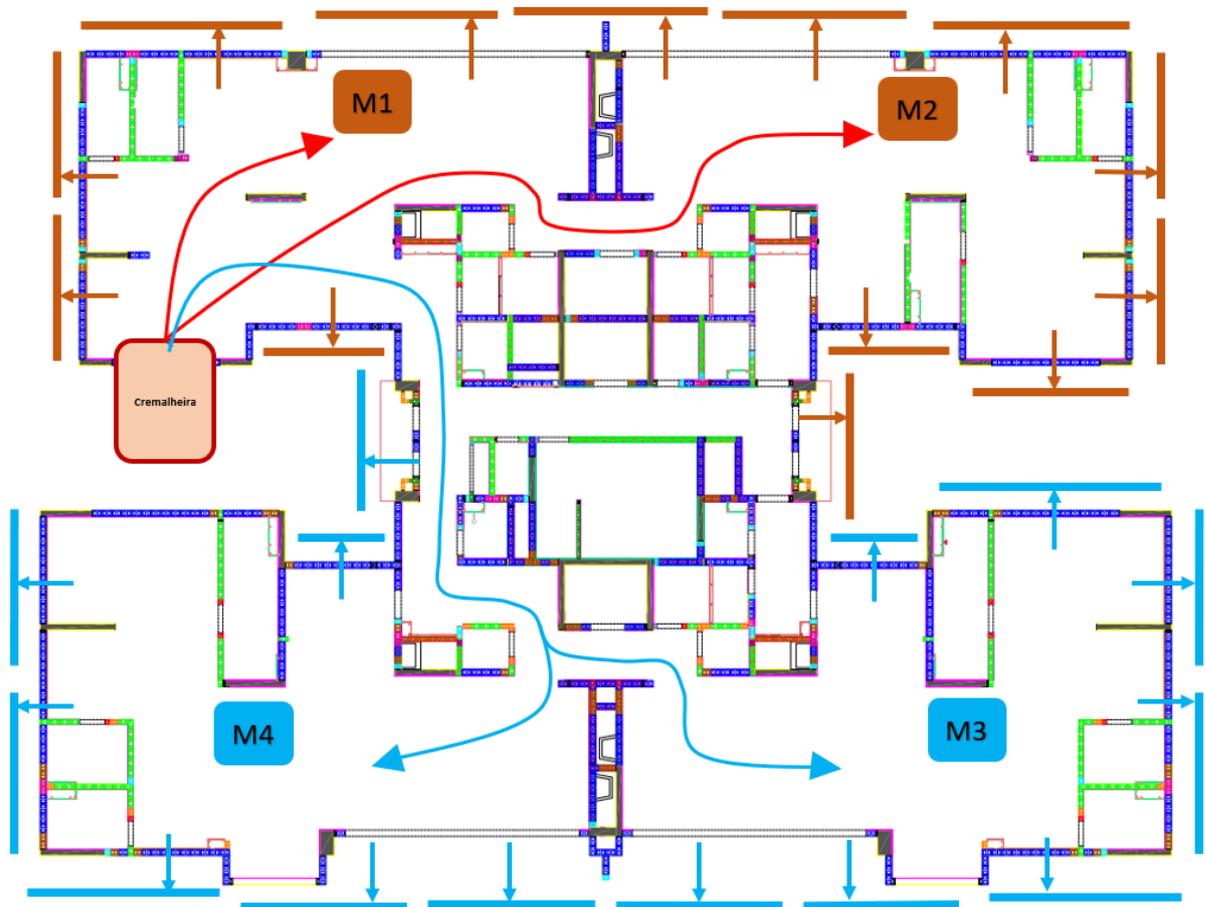


Figura 15 - Apresentação do 17º pavimento. (fonte: elaborado pelo autor)

A localização das centrais de produção de argamassa nesse pavimento levou em consideração os seguintes aspectos:

- a) Menor impacto na retomada das atividades posteriores ao pavimento, por ser o último pavimento tipo da torre;

- b) Possibilidade de não execução de algumas paredes internas para melhor fluxo logístico sem grandes impactos na continuidade dos serviços;
- c) Ambientes amplos para a central de produção de argamassa;
- d) Pavimento sem desníveis, melhor fluxo logístico para as centrais de produção e frentes de trabalho; e
- e) Pavimento com cobertura, abriga as argamassas da exposição a intempéries e os operadores das betoneiras da exposição solar.

5.5 ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO

O método de acompanhamento da produção foi elaborado seguindo os conceitos apresentados no capítulo 2 do trabalho, sendo que alguns destes conceitos já são aplicados pela empresa nos seus canteiros. Esta etapa focou-se na divisão dos lotes de trabalho para as etapas de preparação, limpeza e chapisco da superfície e para a etapa de execução do emboço para o acompanhamento da produção.

5.5.1 Divisão em Pacotes de Trabalho

De forma a facilitar o controle da produção das atividades em seus canteiros, a empresa utiliza como ferramenta de análise dos dados, coletados em campo, planilhas padrão elaboradas no software Excel. Para isso, é necessário a divisão das atividades em lotes de trabalho de padrão repetitivo, e, no caso do processo executivo estudado, são distintos para a etapa de preparação, limpeza, chapisco e colocação de telas e para a etapa de execução do emboço. A divisão realizada dos lotes de trabalho para as duas etapas é apresentada abaixo:

- a) Preparação, limpeza, chapisco e colocação de telas:
 - Separação individual para limpeza da fachada, encunhamento, chapisco e colocação de telas; e
 - Definição do pacote de trabalho como o pano completo, composto por todos pavimentos de abrangência vertical do balancim.
- b) Execução do emboço:
 - Avaliado em conjunto a limpeza e umedecimento da superfície de chapisco e a execução do emboço e feltro; e
 - Definição do pacote de trabalho por pano e pavimento, com maior segmentação para a atividade.

5.5.2 Indicadores Aplicáveis ao Processo

Para o acompanhamento da produção, foram organizados indicadores de desempenho, com base nos conteúdos do item 2.3 desse trabalho. A divisão por pavimento, em 17 pacotes de trabalho, para cada pano da fachada propiciou a visualização da produção por pedreiro, por empreiteiro e geral da atividade. Os indicadores utilizados e sua forma de coleta de dados são apresentados abaixo:

(a) Percentual de Pacotes Concluídos (PPC):

As atividades da semana são planejadas na reunião semanal, realizada na segunda-feira, envolvendo o engenheiro da obra e os representantes dos subempreiteiros. É utilizada uma planilha padrão da empresa com o preenchimento dos pacotes de trabalho a serem realizados na semana e a avaliação dos pacotes da semana anterior, com a identificação das causas dos pacotes não concluídos. Para a análise desse indicador foram utilizados os dados coletados pela engenharia da obra.

(b) Acompanhamento do ritmo planejado:

As atividades foram planejadas com data para início e fim de cada pano para a etapa de preparação e emboço. Desta forma, é definido o ritmo planejado para execução de cada pacote, que pode ser usado como referência para a avaliação do ritmo de execução dos pacotes de trabalho, a partir da coleta de dados de início e término de cada pacote de trabalho dentro do lote de serviço. Estes dados foram computados com auxílio de uma planilha Excel, conforme tabela 2 e 3, apresentadas abaixo.

Tabela 2 – Início e termino dos pacotes de trabalho da execução do emboço (Fonte: elaborado pelo autor)

Pano B01							
Pacote de trabalho	Início Planejado	Termino Planejado	Dias de trabalho previstos	Início Realizado	Termino Realizado	Duração Realizada	Dias de trabalho realizados
1 - 17° Pav	04/ago	07/ago	1				
2 - 16° Pav	07/ago	08/ago	1				
3 - 15° Pav	08/ago	09/ago	1				
4 - 14° Pav	09/ago	10/ago	1				
5 - 13° Pav	10/ago	11/ago	1				
6 - 12° Pav	11/ago	14/ago	1				
7 - 11° Pav	14/ago	15/ago	1				
8 - 10° Pav	15/ago	16/ago	1				
9 - 9° Pav	16/ago	17/ago	1				
10 - 8° Pav	17/ago	18/ago	1				
11 - 7° Pav	18/ago	21/ago	1				
12 - 6° Pav	21/ago	22/ago	1				
13 - 5° Pav	22/ago	23/ago	1				
14 - 4° Pav	23/ago	24/ago	1				
15 - 3° Pav	24/ago	25/ago	1				
16 - 2° Pav	25/ago	28/ago	1				

Tabela 3 – Início e termino dos pacotes de trabalho da execução da preparação e chapisco (Fonte: elaborado pelo autor)

Atividade: Preparação e Chapisco							
Pacote de trabalho	Início Planejado	Termino Planejado	Dias de trabalho previstos	Início Realizado	Termino Realizado	Duração Realizada	Dias de trabalho realizados
1 - B01	24/jul	28/jul	4				
2 - B02	24/jul	28/jul	4				
3 - B03	24/jul	28/jul	4				
4 - B04	24/jul	28/jul	4				
5 - B05	24/jul	28/jul	4				
6 - B06	24/jul	28/jul	4				
7 - B07	24/jul	28/jul	4				
8 - B08	24/jul	28/jul	4				
9 - B09	24/jul	28/jul	4				
10 - B10	24/jul	28/jul	4				
11 - B11	24/jul	28/jul	4				
12 - B12	24/jul	28/jul	4				
13 - B13	24/jul	28/jul	4				
14 - B14	31/jul	03/ago	4				
15 - B15	31/jul	03/ago	4				
16 - B16	31/jul	03/ago	4				
17 - B17	31/jul	03/ago	4				
18 - B18	31/jul	03/ago	4				
19 - B19	31/jul	03/ago	4				
20 - B20	31/jul	03/ago	4				
21 - B21	31/jul	03/ago	4				
22 - B22	31/jul	03/ago	4				
23 - B23	31/jul	03/ago	4				
24 - B24	31/jul	03/ago	4				
25 - B25	31/jul	03/ago	4				
26 - B26	31/jul	03/ago	4				
27 - B27	31/jul	03/ago	4				
28 - B28	31/jul	03/ago	4				

(c) Percentual de atividades iniciadas na data prevista:

Através das mesmas planilhas (tabelas 2 e 3), é extraído do percentual de atividades iniciadas na data prevista. Esse indicador aponta, com base da taxa de aderência ao lote, se a atividade está atrasada em relação ao plano de longo prazo.

(d) Percentual de atividades concluídas no prazo previsto:

Com base nas datas de início e fim planejadas para cada lote de trabalho, é proposto computar na planilha o percentual de atividades concluídas no prazo previsto. Esse indicador foi proposto para avaliar se há desvio de prazo dentro dos pacotes de trabalho em execução, além de possibilitar a análise da influência de fatores causadores de atrasos na atividade, como a falta e variabilidade da mão de obra, influência de fatores meteorológicos e falha de equipamentos. Para isso, foi criada uma coluna de preenchimento do fator causador do atraso dos lotes que apresentaram desvio, indicado na tabela 4.

Tabela 4 - Indicação de causas em pacotes de trabalho realizados com atraso. (Fonte: elaborado pelo autor)

Pano B01								
Pacote de trabalho	Início Planejado	Termino Planejado	Dias de trabalho previstos	Início Realizado	Termino Realizado	Duração Realizada	Dias de trabalho realizados	Anomalia Verificada
1 - 17° Pav	04/ago	07/ago	1					
2 - 16° Pav	07/ago	08/ago	1					Falta Pedreiro
3 - 15° Pav	08/ago	09/ago	1					Falha Equipame
4 - 14° Pav	09/ago	10/ago	1					Chuva
5 - 13° Pav	10/ago	11/ago	1					Falta Material
6 - 12° Pav	11/ago	14/ago	1					
7 - 11° Pav	14/ago	15/ago	1					
8 - 10° Pav	15/ago	16/ago	1					
9 - 9° Pav	16/ago	17/ago	1					
10 - 8° Pav	17/ago	18/ago	1					
11 - 7° Pav	18/ago	21/ago	1					
12 - 6° Pav	21/ago	22/ago	1					
13 - 5° Pav	22/ago	23/ago	1					
14 - 4° Pav	23/ago	24/ago	1					
15 - 3° Pav	24/ago	25/ago	1					
16 - 2° Pav	25/ago	28/ago	1					

(e) Índice de Remoção de Restrições (IRR):

A eficácia do planejamento de médio prazo da atividade foi analisada pelo Índice de Remoção de Restrições (IRR), com a coleta dos dados da planilha padrão da empresa efetuando o filtro para o serviço estudado. O preenchimento da planilha foi efetuado pelo engenheiro da obra com três meses de antecedência ao início da atividade com a identificação das restrições de mão de obra, material, medidas, ambiente de trabalho, máquinas e equipamentos e método de trabalho.

(f) Indicador de não conformidades encontradas:

Inserido no Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) da empresa, a verificação do cumprimento do procedimento executivo do serviço foi realizada pela engenharia da obra e utilizado como

indicador de qualidade pelo presente trabalho. As verificações foram realizadas em três etapas: condições de início, durante a execução e após a conclusão de cada lote de trabalho. O indicador gerado é calculado através da razão das não conformidades verificadas pelo número de itens verificados.

(g) Indicador de produtividade da mão de obra:

A empresa utiliza um formulário padrão para controle da produtividade da mão de obra para a etapa de execução do emboço do processo estudado, conforme apresentado na figura 16. A entrada dos dados inicial é de preenchimento da engenharia da obra, informando a área de cada lote de trabalho e quantidade de pedreiros. Para geração do indicador, devem ser computados os dados coletados diariamente de área executada em cada frente de trabalho. O indicador gerado é calculado através da média de área de emboço executada por pedreiro para cada dia de trabalho.

Indicador	Fachada				Metas	Média
	Norte	Sul	Leste	Oeste		
Produtividade Total(m ² /ped./dia)					16,00 m ² /ped./dia	m ² /ped./dia
Período total (dias)					N.A.	- dias
Produtividade dias trabalhados					16,00 m ² /ped./dia	m ² /ped./dia
Dias trabalhados (dias)					N.A.	- dias
Consumo (kg/m ² /cm)					18,75 kg/m ² /cm	kg/m ²
Espessura média (cm)					2,50 cm	cm
Total Sacos (sacos)					Quantidade total de sacos:	sacos
Média pedreiros					Média de pedreiros por trecho:	Pedreiros
Área Executada (m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	Área Executada:	0,00 m ²
Área Total (m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	Área total da Fachada:	0,00 m ²
Área Concluída (%)					Área Concluída:	
	Produção Fachada Norte	Produção Fachada Sul	Produção Fachada Leste	Produção Fachada Oeste		
	Efetivo Fachada Norte	Efetivo Fachada Sul	Efetivo Fachada Leste	Efetivo Fachada Oeste		

Figura 16 - Planilha de controle de produtividade e consumo de argamassa. (Fonte: Disponibilizada pela empresa sem dados preenchidos)

(h) Indicador de consumo de argamassa:

Para medição do controle de perdas de material, também é utilizado o formulário padrão da figura 15 como ferramenta para computar os dados. O primeiro dado a ser importado a planilha refere-se a espessura média da camada de argamassa de emboço para cada pano, realizado por

medições de desvio de prumo da estrutura e definição da galga para a execução. Os dados de consumo são obtidos nas centrais de argamassa, com o número de sacos utilizados no dia e a área de reboco executada. Os dados são comparados ao consumo informado pelo fabricante e pelo histórico de consumo de argamassa em outros canteiros da empresa. O indicador é calculado pela quantidade, em massa, de argamassa utilizada por área executada, multiplicada pela espessura média do pano.

5.6 ANÁLISE DOS INDICADORES

Para o acompanhamento do processo estudado foi proposto a utilização de indicadores de desempenho como forma de medir a eficiência do processo. Desde as ações preliminares do processo, como na remoção das restrições para início da atividade; assim como, medir a produção e o controle de qualidade da atividade. O conjunto de indicadores de desempenho propostos para análise das atividades são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Indicadores de desempenho propostos. (Fonte: elaborado pelo autor)

	Indicador de Desempenho	Coleta de Dados	Periodicidade de Preenchimento	Observação
1	Percentual de Pacotes Concluídos (PPC):	Extraído de planilha padrão da empresa preenchida pela engenharia da obra	Semanal	
2	Percentual de atividades no ritmo planejado:	Coletados em campo pelo autor	Diário	
3	Percentual de atividades iniciadas na data prevista:	Coletados em campo pelo autor	Diário	
4	Percentual de atividades concluídas no prazo previsto:	Coletados em campo pelo autor	Diário	
5	Índice de Remoção de Restrições (IRR):	Extraído de planilha padrão da empresa preenchida pelo engenheiro da obra	Mensal	
6	Indicador de não conformidades encontradas:	Extraído do sistema de FVS do SGQ da empresa	Diário	
7	Indicador de produtividade da mão de obra:	-	-	Proposta para execução do emboço. Etapa não iniciada até a conclusão do trabalho.
8	Indicador de consumo de argamassa:	-	-	Proposta para controle de argamassa ensacada. Etapa não iniciada até a conclusão do trabalho.

De forma preliminar, foram analisados apenas os dados das cinco primeiras semanas de execução das atividades das subcontratadas, relativos ao planejamento de curto e médio prazo

da obra e à qualidade do processo, a partir das fichas de verificação de serviço da empresa. Alguns dados preliminares são apresentados a seguir.

Os dados extraídos da planilha de planejamento de curto prazo da obra demonstraram que no período de 5 semanas de atividades, apenas 48% das atividades planejadas semanalmente foram efetivamente concluídas, conforme apresentado em gráfico na figura 17. As figuras 18 e 19, respectivamente, representam o desempenho do PPC por empresa subcontratada para o serviço.

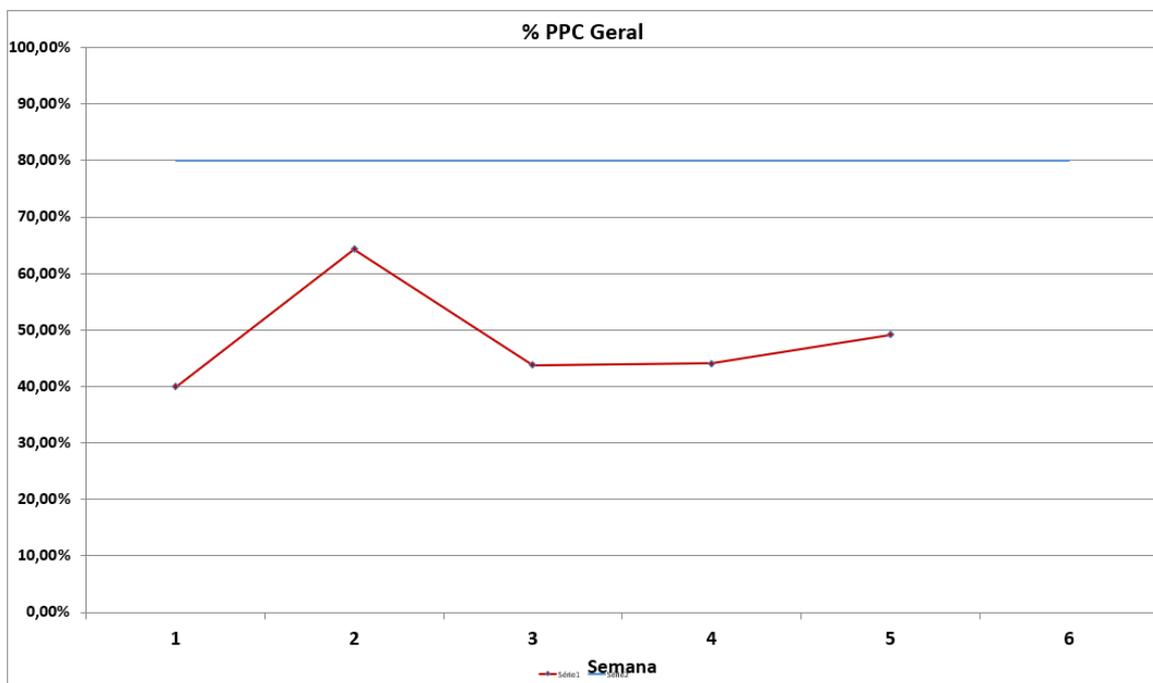


Figura 17 - Gráfico PPC geral da atividade. (Fonte: extraída planilha da empresa)

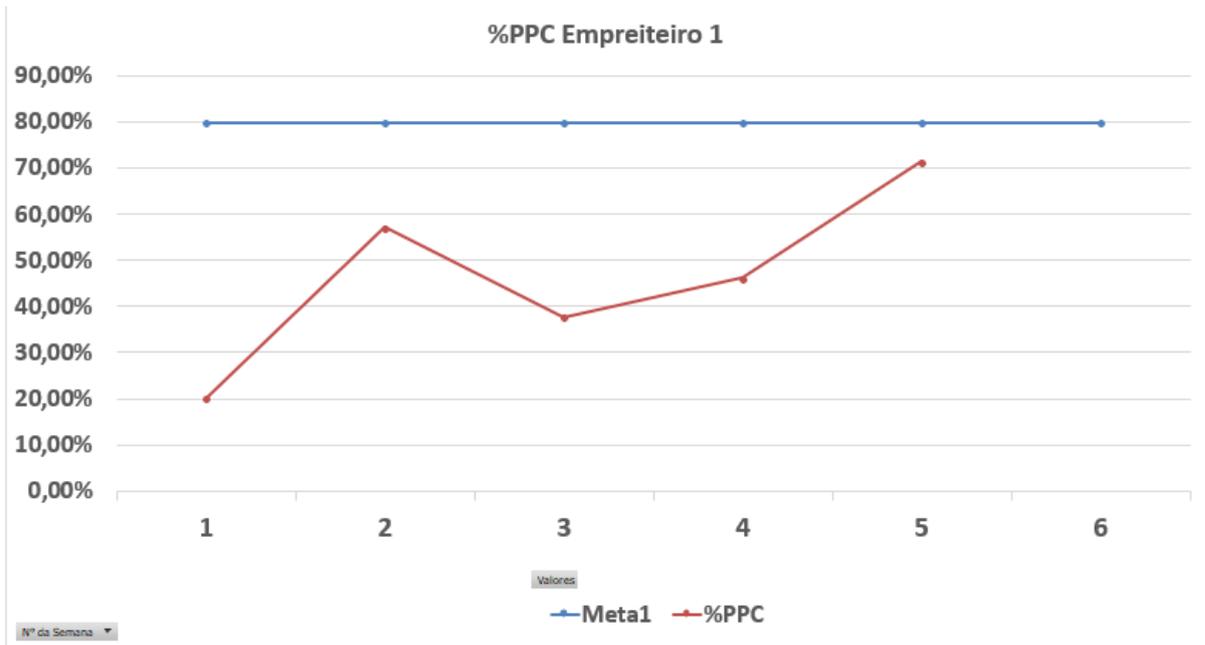


Figura 18 - Gráfico PPC evolução da empresa subcontratada 1. (Fonte: extraída planilha da empresa)

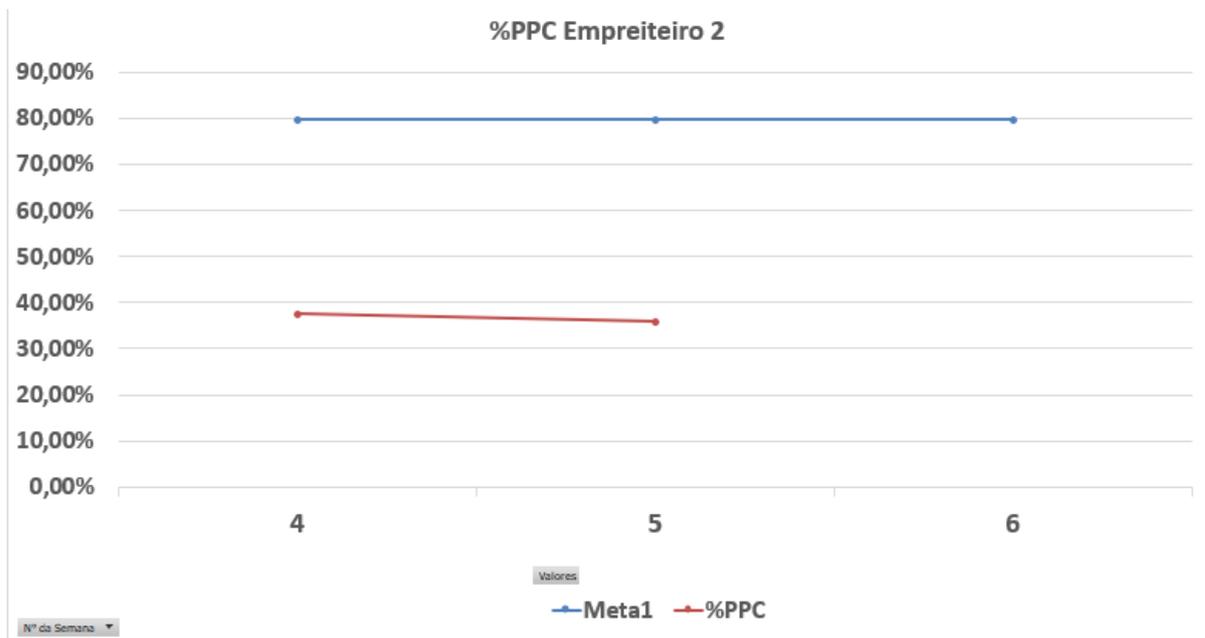


Figura 19 - Gráfico PPC evolução da empresa subcontratada 2 (Fonte: extraída planilha da empresa)

O baixo desempenho da subcontratada 2, representada na figura 19, pode ser explicado pelo fato de a empresa não ter trabalhado anteriormente para a construtora, estando, ainda, em fase de adaptação aos processos. As tipologias de causas das atividades não executadas são

apresentadas na figura 20, sendo as falhas de mão de obra, planejamento, equipamentos, problemas meteorológicos as mais relevantes. É importante mencionar que os atrasos causados por problemas de planejamento da atividade foram devido a inclusão de pacotes de trabalho com suas restrições não removidas.

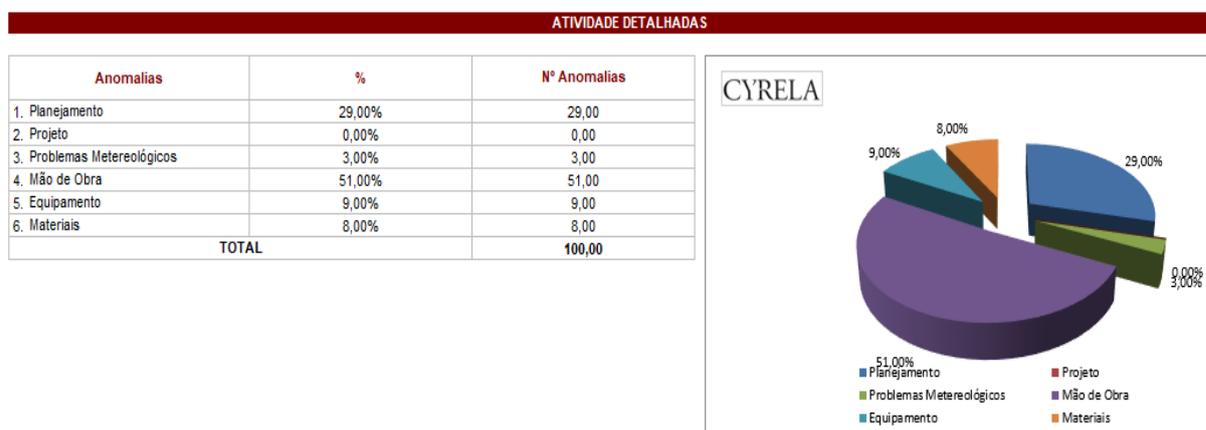


Figura 20 – Principais causas de não conclusão dos pacotes planejadas no curto prazo. (Fonte: extraída planilha da empresa)

A extração dos dados da planilha de planejamento de médio prazo da construtora foi realizada e identificou-se que apenas uma restrição foi identificada pela obra para o início das atividades, sendo esta relativa à contratação da mão de obra para execução do serviço. Foi incluída no mês de maio de 2023 com data alvo de remoção para 12/06/2023. A restrição foi removida em 01/08/2023, devido ao atraso na remoção da restrição, o IRR, de forma isolada para esse serviço, foi de 0%. Ocorreu atraso no andamento das atividades associado à falta de identificação de restrições para o processo.

A extração do sistema de FVS utilizada pela empresa no seu SGQ para verificação de qualidade dos serviços executados em seus canteiros foi realizada das cinco primeiras semanas das atividades. Conforme apresentado na figura 21, dos 91 itens verificados, 32 apresentaram problemas de qualidade, cerca de 35%. Esse número é bem acima da média de cerca de 6% de não conformidades gerais encontradas pela empresa em seus canteiros. As figuras 22 e 23, respectivamente, representam os itens de verificação que tiveram mais não conformidades recorrentes e os de maior nível de conformidade em novas vistorias.



Figura 21 - Itens verificados conforme e não conformes. (Fonte: Extraído SGQ da empresa)

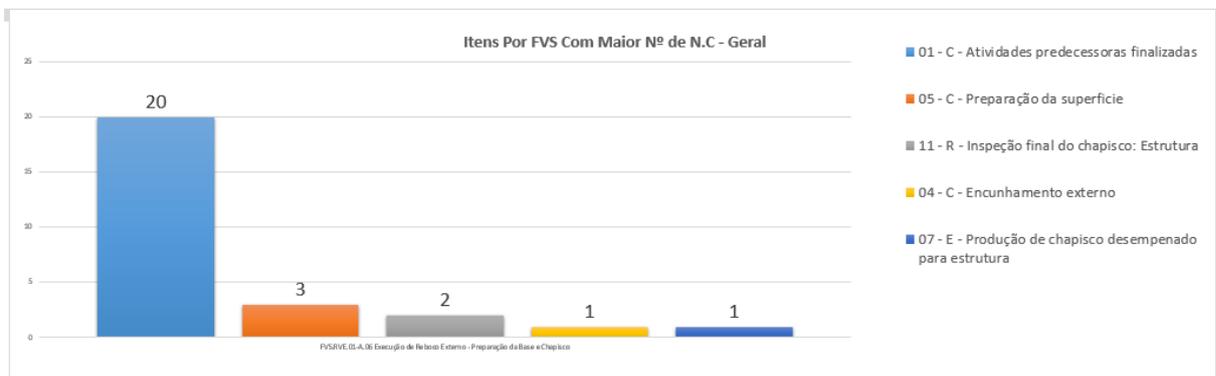


Figura 22 - Itens mais recorrentes de não conformidades. (Fonte: Extraído SGQ da empresa)

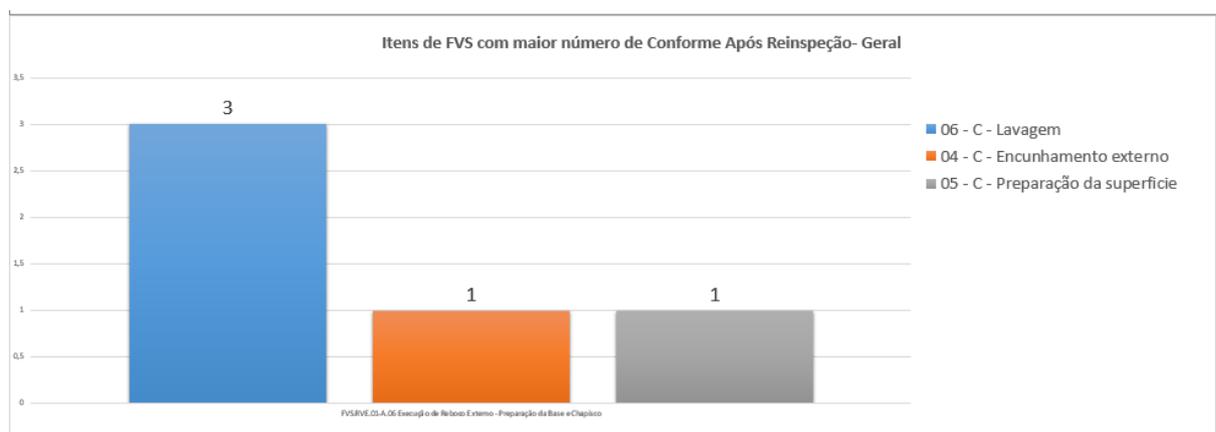


Figura 23 - Itens mais recorrentes de aprovação após nova verificação. (Fonte: Extraído SGQ da empresa)

Devido ao curto período de execução da atividade até o fechamento do presente trabalho, estes dados representam apenas os resultados do início do processo. Entretanto, algumas análises podem ser feitas:

- a) Dificuldade de contratação de mão de obra para o serviço devido a condições de mercado, o que trouxe atrasos à obra;
- b) Baixo desempenho do planejamento de curto prazo da atividade em relação a meta estabelecida. Entretanto, o indicador da atividade é superior à média geral da obra;
- c) A principal causa de não conclusão de pacotes de trabalho planejados semanalmente foram a disponibilidade de mão de obra por parte da subcontratada para o serviço;
- d) Alta variação de desempenho no planejamento de curto prazo entre as subcontratadas;
- e
- e) Alta taxa de não conformidades encontradas no processo, sendo bem acima da média geral da obra e da empresa em seus demais canteiros, o que mostra o alto rigor nas verificações de qualidade realizadas pela engenharia da obra na atividade do estudo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de processos mais eficientes nos canteiros de obras da construção civil é fundamental em empresas que buscam um elevado desempenho no setor. A utilização dos conceitos e princípios da construção enxuta pode potencialmente melhorar o desempenho da indústria da construção em termos de custo, prazo, confiabilidade e qualidade de entrega do produto final.

O presente trabalho propôs a aplicação de alguns conceitos e princípios da construção enxuta no projeto de um processo considerado crítico para o andamento da obra. A execução do revestimento de argamassa em fachada é o primeiro serviço executado nas fachadas da torre do estudo, apresenta alta dependência de equipamentos e materiais, na fase de sua execução ocorre o aumento significativo da mão de obra e entrega de materiais no canteiro, além de apresentar riscos aos trabalhadores e a atrasos no prazo da obra.

Foi adotado, como ponto de partida para o projeto do processo crítico, o Projeto de Sistema de Produção, desenvolvido pelo autor em conjunto com um grupo de alunos, como trabalho avaliativo da disciplina Gerenciamento em Construção II – ENG01225, no qual as decisões de plano de ataque e logística do canteiro foram utilizadas como base para o desenvolvimento do Projeto de Processo Crítico.

Além de propor o projeto de processo crítico, foram estabelecidas ferramentas de controle com base nos conceitos da construção enxuta, incluindo planos de gestão das atividades antecessoras e propostas de layouts dos depósitos, centrais de produção e frentes de trabalho, com o objetivo de alcançar maior eficiência da atividade.

Buscou-se também analisar as interfaces e interferências do processo com as demais atividades em execução no canteiro, assim como os fluxos de abastecimento e produção, e, ainda, propor um conjunto de indicadores de desempenho para avaliação do andamento físico da atividade, produtividade da mão de obra, controle de qualidade e de perdas de materiais.

O trabalho gerou importantes impactos na atividade no canteiro da obra estudada, visto que o planejamento e acompanhamento das atividades antecessoras foram monitoradas de acordo como proposto, buscando se dar atenção de potenciais gargalos. Os layouts desenvolvidos para os depósitos, centrais de produção de argamassa e das frentes de trabalho foram incorporados

ao processo no canteiro, sendo apresentadas previamente ao início das atividades às empresas subcontratadas para a execução do revestimento de argamassa da fachada, assim como, para as demais empresas envolvidas. Pode-se destacar como principais mudanças a alteração da alvenaria de vedação interna do 17º pavimento, a sincronia das montagens de andaimes suspensos com retirada das redes de proteção periférica, de acordo com o plano de ataque das frentes de trabalho da fachada.

Para divulgação dos planos foram utilizados os horários dedicados aos treinamentos de procedimentos executivos da empresa a todos envolvidos na execução das atividades, desde os encarregados e pedreiros, até os serventes e operadores das centrais de produção de argamassa. Pois, este trabalho considera como fundamental o entendimento dos planos por todos para o engajamento no cumprimento do planejado.

As análises dos impactos do projeto de processo crítico no andamento do trabalho delimitaram-se às primeiras semanas da atividade, em função do prazo de conclusão do presente trabalho. Entretanto, mesmo com poucas semanas para avaliação, foi possível verificar o impacto positivo do projeto do processo crítico, por exemplo, pelos serviços antecessores monitorados como realizados sem atrasos de impacto nas atividades iniciais do revestimento de argamassa. Os fluxos logísticos entre os locais de descarga dos materiais na obra e depósitos, e dos depósitos as centrais de produção e frentes de trabalho também foram atendidos.

Ademais, o presente trabalho atingiu os seus objetivos ao compreender os conceitos da filosofia da construção enxuta e os aplicar na forma de um projeto de processo crítico para obter seus benefícios em um serviço de grande importância para o canteiro de obras do estudo. Sobretudo, o trabalho se destaca por não propor substituição ou alteração substancial de processos da empresa; mas apenas adotar conceitos da produção enxuta para apoiar a tomada de decisões de cunho operacional no processo planejado. Possivelmente, procedimentos similares podem ser adotados para outros processos críticos, sendo essa uma sugestão para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante. Rio de Janeiro, 2017.

BALLARD, D. The Last Planner. Lean Construcion Institute, 1994.

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

CAMBRAIA, Fabricio B.; SAURIN, Tarcísio A.; FORMOSO, Carlos T. Planejamento e controle integrado entre segurança e produção em processos críticos na construção civil. Porto Alegre: Norie/UFRGS 2008.

CEOTTO, L. H.; BANKUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação. Porto Alegre: ANTAC, 2005.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Manual de revestimento de fachada. Salvador, BA, 2006.

COSTA, Fernanda N. Processo de Produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2005.

FACHADA e paderes estão doentes. Revista Técnica, São Paulo: PINI, ano 11, nº 76,p. 48-52, jul. 2003.

FORMOSO, Carlos T. Planejamento e controle da produção em empresas de construção. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2001.

ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T.; CESARE, C. M. de; HIROTA, E. H.; ALVES, T da C. L.; BERNADES, M. M. e S. Lean Coinstruction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 2 ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Espoo, Finland: CIFE, 1992. Technical Report n. 72.

MACIEL, L.L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F.H. Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos. São Paulo, SP, 1998. Disponível em:
<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5075717/mod_resource/content/1/Apostila_Revestimento%20Argamassa.pdf> Acesso em 24 jun. 2023.

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

RASMUSSEN, J.; PEJTE R S E N, A. M.; GOODESTEIN, L. P. Cognitive Systems Engineering. New York: John Wiley e Sons, 378 p., 1994.

SAURIN, Tarcísio Abreu. Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiro de obras de edificações. Porto Alegre, 1997. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHRAMM, Fábio K.; COSTA, D. B.; FORMOSOS, C. T. O projeto de sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n.2, p. 59-74, abr./jun. 2006.

SINK D. S.; TUTTLE, T.C. Planejamento e medição para a performance. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.