

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

Denis Mendes Barbosa

**IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE
MELHORIAS EM PRAZO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE
PERDAS EM PROCESSOS E OPERAÇÕES NA
SUPRAESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

Porto Alegre
Novembro 2020

DENIS MENDES BARBOSA

**IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EM PRAZO
ATRAVÉS DA ANÁLISE DE PERDAS EM PROCESSOS E OPERAÇÕES NA
SUPRAESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

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

Orientadora: Iamara Rossi Bulhões

Porto Alegre
Novembro 2020

DENIS MENDES BARBOSA

**IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EM PRAZO
ATRAVÉS DA ANÁLISE DE PERDAS EM PROCESSOS E OPERAÇÕES NA
SUPRAESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

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, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Iamara Rossi Bulhões
Orientadora

Daniela Viana Dietz

Raquel Reck

IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EM PRAZO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE PERDAS EM PROCESSOS E OPERAÇÕES NA SUPRAESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Denis Mendes Barbosa

RESUMO

A competitividade no setor da construção civil estimula a procura pela redução de custos, junto a isso, a procura por novas filosofias de produção para apoiar seu processo construtivo. Um dos principais sistemas construtivos de um edifício é a supraestrutura de concreto armado, composto por processos manuais, interdependentes e com o uso intensivo de mão de obra pouco qualificada. Essa atividade é conhecida pelo excesso de atividades que não agregam valor, como transportes, esperas e inspeções. Neste sentido, o objetivo do estudo foi identificar oportunidades de melhorias em relação ao prazo do processo de produção da supraestrutura de concreto armado em uma obra em Porto Alegre/RS. A estratégia de pesquisa utilizada foi de estudo de caso, sendo realizada coleta de dados referentes a um lote de um pavimento do serviço de supraestrutura em concreto armado. Como resultado do estudo foi constatado um ganho de prazo de sete semanas e a identificação de atividades que não agregam valor entre vinte e seis e trinta e sete por cento ao longo do processo de cada elemento da estrutura. Entre as contribuições dessa pesquisa, destaca-se a sugestão de criação da padronização do processo estudado, implementação do fluxo contínuo, utilização do mapa de fluxo de valor para uma análise das atividades presentes e o dimensionamento do ciclo através da linha de balanço (LB), permitindo uma análise global e a longo prazo dos serviços.

ABSTRACT

The competitiveness in the construction industry encourages the search for cost reductions, as well as the search for new production philosophies to support the construction process. One of the main construction systems of a building is the reinforced concrete supra-structure, which is made of interdependent handmade processes and intensive unskilled labor. This activity is known for the excess of unproductive time, such as transport, waiting and inspections. Therefore, the purpose of this study was to identify opportunities for improvement in the timeframe of the reinforced concrete supra-structure process of production in a construction in Porto Alegre/RS. The analysis of an existing case was the strategy adopted in this study; data was collected from a portion of a floor of the reinforced concrete supra-structure. The results showed a deadline gain of seven weeks and the identification of the activities that do not add value between twenty-six and thirty-seven percent during the process of every element in the structure. The main contributions of this study are the suggestion of creating a standard process, the implementation of a continuous flow using a value stream mapping for the activities analysis and the cycle sizing using the line of balance, allowing a global and long-term analysis of the services.

1 INTRODUÇÃO

Na última década do século 20 ocorreram mudanças substanciais no Setor da Construção Civil, provocadas principalmente pelo alto grau de competição entre as empresas do setor no país. A globalização dos mercados, o crescente nível de exigência dos clientes e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos, entre outros fatores, estimularam as empresas a buscarem melhores níveis de desempenho através de investimentos em gestão e tecnologia da produção (NORIE/UFRGS/SINDUSCON-SP, 1999).

Segundo Lorenzon e Martins (2006), a construção civil sempre foi objeto de críticas em decorrência, principalmente, dos altos custos (elevado índice de desperdício de material) e da baixa produtividade (alta rotatividade e baixa qualificação da mão-de-obra). Por outro lado, diversos diagnósticos realizados no Brasil e no exterior indicam que a maioria dos problemas que resultam em baixos patamares de eficiência e qualidade na construção civil têm origem em problemas gerenciais (DE OLIVEIRA ET AL. ,2016). Neste contexto, consideráveis esforços por parte das empresas têm sido direcionados no sentido de introduzir modernas filosofias gerenciais, algumas das quais desenvolvidas inicialmente em outras indústrias (ISATTO et. al, 2000).

Ao longo dos anos 90, um novo referencial teórico foi desenvolvido para a gestão de processos na construção civil, com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios da área de Gestão da Produção, principalmente os baseados no novo paradigma gerencial chamado de Produção Enxuta. Shingo (1996) comenta sobre a necessidade de entender a função produção como um todo. Segundo o mesmo autor, a produção é uma rede de processos e operações, no qual o primeiro examina o fluxo de material ou produto, enquanto o segundo examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e/ou pela máquina. Para realizar melhorias significativas no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo de produto do fluxo de trabalho e analisá-los separadamente. Shingo (1996) defende que as melhorias do processo devem acontecer antes das melhorias das operações.

Para Shingo (1996) o processo é formado por quatro componentes: o processamento, a inspeção, o transporte e a espera, sendo que apenas o processamento agrega valor ao produto final. O mesmo autor considera que todos os outros componentes podem ser vistos como perdas. Melhorias fundamentais nos processos que não agregam valor (inspeção, transporte e espera) devem ser efetivadas para que as perdas sejam eliminadas ou reduzidas. Segundo Shingo (1996) os processos podem ser melhorados de duas maneiras: a primeira consiste melhorar produto em si através da engenharia de valor; e a segunda consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação.

Com relação as operações, estas são formadas por quatro componentes: operação setup, operações principais, folgas marginais e folgas ligadas ao pessoal. Melhorar as operações principais significa avançar na tecnologia de produção, ou seja, mudar as técnicas do processo ou automatizar a operação (Shingo,1996). Com relação ao setup, Shingo (1996) afirma que melhorias podem ocorrer através da conversão de setup interno em externo e efetivar melhorias das folgas marginais através da linearização de diferentes operações.

No setor da construção, esse referencial teórico tem sido denominado de Construção Enxuta, e nasceu do processo de implementação de conceitos da Produção Enxuta na construção civil (KOSKELA, 1992). Koskela (1992) avaliou produção enxuta e suas implicações no setor da construção civil, tendo como conclusão a possibilidade de aumento da competitividade no setor através da observação do sistema de produção como fluxos, conversões e valor. O autor também propôs princípios adaptados a construção civil, à confrontando o sistema de produção tradicional do setor.

Assim, a implementação de conceitos e princípios da Construção Enxuta pode gerar diversos benefícios nos processos construtivos, como por exemplo aumento de produtividade, redução de custos e aumento do nível de satisfação dos clientes, contribuindo para uma melhoria da eficiência do setor. Nesta linha, o objetivo do estudo foi identificar oportunidades de melhorias em relação ao prazo do processo de produção da supraestrutura de concreto armado em uma obra em Porto Alegre/RS. Além disso, a partir da análise realizada foram indicadas oportunidades de melhorias no processo construtivo.

Para Zorzi (2002), o processo de produção da estrutura dos edifícios na construção civil sempre fará parte do “caminho crítico” no cronograma de atividades de obra, além disso, a sua conclusão estabelece o início de todas as atividades subsequentes. Segundo Menezes (2001) o caminho crítico está no fluxo de atividades que não podem sofrer qualquer atraso, pois fará com que o projeto, como um todo, atrase. A importância de buscar o aperfeiçoamento desse processo de produção implica possíveis reduções de prazo e custo para a obra. Portanto, o estudo proposto, além de realizar uma análise de cada um dos passos que compõe o processo de produção da supraestrutura, também indicará oportunidades de melhorias. Para a pesquisa de campo foram utilizadas técnicas de coleta de dados, com o objetivo de se ter um grupo de fontes de evidência para sustentar a análise dos dados. Porém o estudo foi realizado em apenas um canteiro de obra, não sendo possível avaliar todas as variáveis que interferiram no processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Shingo (1996) explica que o ponto de partida para o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP) são os princípios do não-custo e a lógica das perdas. Para Toyota o princípio do não custo é a única forma de aumentar o lucro e consiste em reduzir os custos. Aliado a isso, o sistema procura pelo desperdício que geralmente não é notado, porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário. Atribui-se os desperdícios às atividades que não agregam valor como transportes e deslocamentos, enquanto, as que agregam valor são as que transformam a matéria prima, modificando sua forma ou a qualidade (SHINGO, 1996).

O STP é um método para a obtenção do lucro e para alcançar esse propósito, o objetivo principal é a redução de custos (MONDEN, 2015). Shingo (1996) relata que enquanto se operar adicionando lucros para determinação de preço, os esforços para eliminação total do desperdício serão provavelmente inúteis. Portanto, somente quando a redução de custos se torna o meio para manter ou aumentar os lucros, a empresa ficará motivada a eliminar totalmente o desperdício.

Samaniego (2007) relaciona a Mentalidade Enxuta como possibilidades de generalização do Sistema Toyota de Produção por Womack, Jones e Ross (1992) para aplicação em outros contextos. O termo Produção Enxuta, tem sido usado para denominar um sistema de produção no qual se produz cada vez mais, com cada vez menos, e oferece ao cliente o que este deseja e quando deseja.

Para Womack e Jones (1996) a Mentalidade Enxuta fornece uma maneira de fazer mais com menos, aproximando-se cada vez mais de fornecer aos clientes exatamente o que eles necessitam. Os mesmos autores propõem cinco princípios para explicar a Mentalidade Enxuta: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. Estes princípios podem representar também um roteiro de passos para serem implementados.

Womack e Jones (1996) indicam que o primeiro passo do pensamento enxuto é a especificação do valor com precisão, pois o valor só pode ser definido pelo cliente final e só é significativo quando expresso em termos de um produto específico, que atenda as suas necessidades, a um preço específico e em um momento específico. Isatto et. al (2000) apontam que devem ser identificadas claramente as necessidades dos clientes internos e externos e que esta informação deve ser considerada no projeto do produto e na gestão da produção.

Para Liker e Meier (2007) analisar o fluxo de valor significa poder eliminar a quantidade de tempo que qualquer trabalho estiver desperdiçando a espera de alguém para realizá-lo. O objetivo do fluxo de valor, não é apenas fazer com que materiais ou informações se desloquem com rapidez, é ligar processos e pessoas de modo que os problemas apareçam imediatamente. Enxergar o fluxo é central para um verdadeiro processo de melhoria contínua e para o desenvolvimento de pessoas.

A perspectiva do fluxo de valor significa, também, considerar o quadro mais amplo, não só os processos individuais, melhorando o todo e não apenas otimizando as partes. As técnicas de produção enxuta são bem mais efetivas quando aplicadas estrategicamente, no contexto da construção de um fluxo de valor enxuto (ROTHER e SHOOK, 1999).

Para Womack e Jones (2003) o problema mais básico do fluxo contínuo é que essa forma de produção é contra-intuitiva. O trabalho organizado por departamentos e em lotes é um caminho mais óbvio a se seguir e, portanto, o combate ao trabalho em lotes resultará em fluxo de trabalho no qual o produto é executado continuamente, desde a matéria prima até o produto final. Essa forma de produção leva as tarefas a serem realizadas de maneira mais eficiente e com maior precisão, segundo os mesmos autores.

Para Rother e Shook (1999) o fluxo contínuo significa a produção de uma peça de cada vez, com cada item sendo passado de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma parada entre eles. O fluxo contínuo reduz o tempo de produção, que diminui o custo de produção de um ciclo e pode levar a melhorias de qualidade (LIKER, MEIER, 2007).

No contexto da construção civil, Bulhões (2011) sugere diretrizes para a implementação do fluxo contínuo baseada no diagnóstico, estabelecimento de condições iniciais, planejamento do fluxo de valor e controle. A primeira diretriz baseia-se nas informações sobre o processo, controles existentes e os problemas enfrentados pela obra, envolvendo uma análise quantitativa e qualitativa. O estabelecimento das condições iniciais busca as condições mínimas necessárias para iniciação

da implementação do fluxo contínuo através de melhorias no sistema de planejamento e controle de produção no longo, médio e curto prazo. A terceira diretriz envolve o planejamento do fluxo de valor desde um olhar geral sobre a obra até os processos e operações específicas e pode ser utilizada o mapa de fluxo de valor (MFV) como ferramenta. O controle está diretamente relacionado ao papel da equipe de controle e seus mecanismos de monitoramento de resultados garantindo a realização das metas e quando necessário ações corretivas.

Tardin (2001) definiu o sistema de puxar a produção de tal forma que é exigido pequenos estoques de peças prontas ao final das etapas, conhecidos como supermercados. Portanto, uma vez balanceadas as capacidades produtivas e dimensionados os supermercados para uma determinada demanda, quando os postos clientes necessitam de itens, eles recorrem a esses supermercados, gerando um disparo de uma ordem padrão para o posto fornecedor desse supermercado, que está autorizado a produzi-la (TUBINO, 2015).

Então, pode-se deixar que o cliente puxe o produto quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente. Aliado a isso, deve-se remover as ações que não criam valor e fazer com que as que criam prossigam em fluxo contínuo (WOMACK, J. P.; JONES K. T., 2003).

Com relação ao último princípio proposto por Womack e Jones (1996), o da perfeição, Shingo (1996) observa que através do questionamento dos métodos tradicionais, métodos mais novos e efetivos podem ser criados continuamente, tendo a engenharia de valor como primeiro estágio na melhoria do processo. Isatto et al. (2000) definiu a melhoria contínua como esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos devendo ser conduzido continuamente, com a participação da equipe responsável. Busca-se manter e melhorar os padrões de trabalho através de pequenas melhorias, graduais tendo nos resíduos inerentes no processo, alvos naturais para a melhoria contínua (KOSKELA, 1992).

2.1 Mecanismo Função Produção

Como já citado na introdução do artigo, o mecanismo função produção proposto por Shingo (1996), compreende qualquer sistema de produção como uma rede de processos e operações, conforme pode ser observado na Figura 1

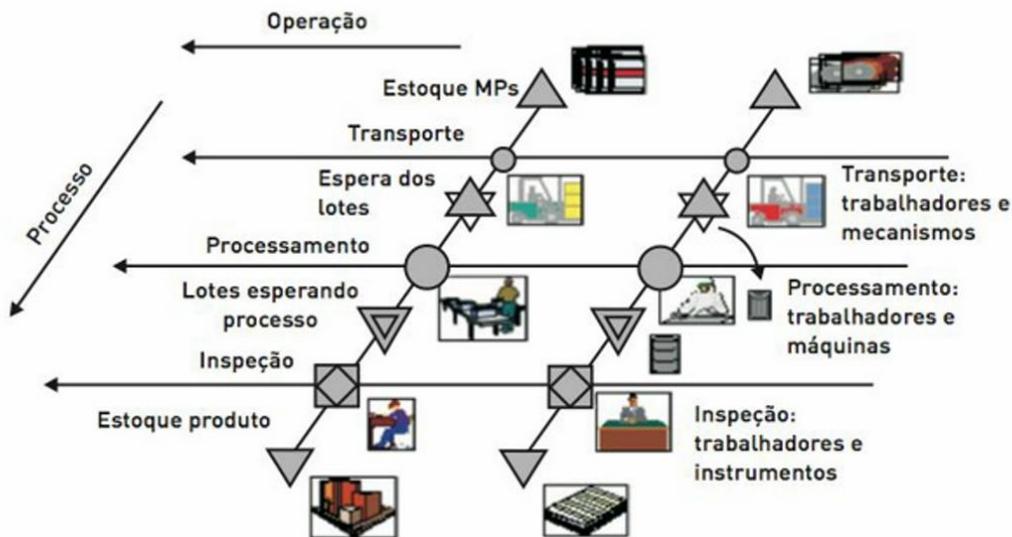


Figura 1: Estrutura de produção (SHINGO, 1996)

Como citado anteriormente, o eixo das ordenadas é a conversão da matéria prima no produto, enquanto o eixo das abscissas pode ser entendido como o trabalho realizado para efetivar essa transformação (Figura 1). O processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço e a operação como a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço. A relação desses conceitos deve ser entendida para haver melhorias efetivas na produção (SHINGO, 1996).

Nesta visão de processo e operação, apenas o processamento agrega valor, enquanto na função operação, apenas as essenciais fazem o mesmo, portanto, necessitam ser examinados cuidadosamente na busca de possíveis melhorias. Ressalta-se aqui a percepção de Shingo (1996) para as melhorias do processo aconteçam antes das melhorias das operações. O autor aponta também formas de aumentar o valor agregado dos produtos, através da engenharia de valor e análise de valor.

2.2 Construção Enxuta

Desde que Womack et al. (1992) chamaram atenção para o novo paradigma da produção, outros setores buscaram investigar as possibilidades de aplicação nos respectivos ambientes (PICHÍ 2003; SAMANIEGO, 2007; KOSKELA, 1992). A adaptação dos conceitos da Produção enxuta para a

indústria da construção dá início à chamada Construção Enxuta, que surge em contraponto à filosofia tradicional de produção. Para Koskela (1992), a filosofia tradicional pode ser entendida como um conjunto de atividades voltadas para a conversão, tendo controle apenas sobre essa parte do fluxo de valor, negligenciando as outras atividades. Segundo Koskela (1992), enquanto para a nova conceituação implica uma visão dupla de produção, consistindo em atividades de conversões e fluxos (transporte, inspeção e espera). A redução das atividades que não agregam valor pode ocorrer através da melhoria das atividades de fluxo, buscando sua redução ou eliminação (KOSKELA, 1992).

As operações que não agregam valor correspondem a um elevado percentual de tempo gasto pela mão de obra na construção civil (BERNARDES, 2003). Bernardes (2003) acrescenta a isso, outras perdas flagradas, como quebras de materiais no transporte e na estocagem, esperas por falta de sincronia entre processos e custos financeiros dos estoques.

Koskela propõe onze princípios para a implementação da Construção Enxuta em canteiros de obras como forma de fluir, controlar e melhorar os processos: a reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente; reduzir a variabilidade, reduzir o tempo de ciclo; simplificar através da redução do número de passos ou partes; aumentar a transparência do processo; aumentar a flexibilidade de saída; focar o controle no processo global, estabelecer uma melhoria contínua no processo, balancear melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões; e fazer benchmarking. A seguir serão apresentados os princípios que estão relacionados ao processo estudado pelo autor desse trabalho.

A natureza da variabilidade pode se relacionar ao produto, ao processo ou aos recursos consumidos (KOSKELA, 1992). Isatto et al. (2000) indicam que parte dessa variabilidade pode ser eliminada através da padronização de processos, enquanto as demais parcelas devem buscar ser minimizadas.

O tempo de ciclo é o período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início e o fim desse ciclo. Para Antunes (2011), em um sistema, o tempo de ciclo é determinado pelas condições operativas de uma linha (O cálculo do tempo de ciclo se dará através da elaboração de um fluxograma com as principais operações de um lote de processo e a quantificação do seu tempo, a partir do somatório desses tempos parciais (LIMA 2001). Com origem no *just in time*, a redução do tempo de ciclo está relacionada a necessidade de comprimir o tempo disponível como forma de forçar a eliminação das atividades de fluxo. Alinhando-se a isso, é possível se obter uma entrega mais rápida para o cliente e uma maior facilidade na gestão dos processos, devido aos seguintes aspectos: menor volume de produtos inacabados; tendência de aumento do efeito aprendizagem devido a uma menor sobreposição na execução de diferentes atividades; maior precisão para futuras demandas; e, por fim, um sistema de produção menos vulnerável a mudanças de demanda.

Krupka (1992) apud Koskela (1992) analisa o tempo como a mais útil e universal métrica para indicar o desempenho em custo e qualidade, pois o mesmo conduz a melhoria em ambos campos. Koskela (1992) sugere a compressão do tempo de ciclo, obrigando a redução de inspeção, movimento e tempo de espera como uma melhoria fundamental na nova filosofia de produção. Sua

redução trás vantagens como entrega mais rápida ao cliente, uma gestão de processos mais fácil, aumento no efeito aprendizagem e o sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças.

A melhoria contínua está relacionada com o desenvolvimento do processo de fluxo de produção e seu foco está na análise e eliminação de gargalos e na investigação dos requisitos de cada atividade, buscando sua otimização (KOSKELA, 1992). De acordo com Rezende et. al. (2012), os fluxos melhores gerenciados implicam uma menor necessidade de recursos de produção nas atividades de conversão. Os mesmos autores salientam que fluxos mais controlados tornam a implantação de novas tecnologias de produção mais fáceis, e que podem reduzir a variabilidade, beneficiando os fluxos. O balanceamento entre as melhorias dos fluxos e das conversões nada mais é que observar os processos e analisar o que pode ser melhorado.

Shingo (1996) propõe que devem ser introduzidas melhorias nos processos para depois serem introduzidas as melhorias nas operações, sendo assim, havendo uma importância no controle global do processo.

A partir da análise dos conceitos apresentados acima, selecionou-se um grupo de ferramentas que apoiaram o desenvolvimento do trabalho. A seguir serão apresentadas essas ferramentas.

2.3 Ferramentas

2.3.1 Mapa de fluxo de valor

Para Rother e Shook (2003) o mapa do fluxo de valor permite identificar cada processo ou fluxo e construir uma completa cadeia de valor, de acordo com os princípios da produção enxuta, se tornando uma ferramenta que ajuda a identificar os desperdícios e suas fontes. Através da análise do mapa de fluxo de valor, evita-se a melhoria isolada e pontual, possibilitando a construção de um novo sistema de produção com base no fluxo de materiais e informações ao longo de todo o fluxo de valor. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta usada para destacar as perdas e ajudar a visualizar a rede de processos. Na sua proposta futura é possível prever fluxo de valor enxutos. Subjacente ao mapeamento do fluxo de valor está uma filosofia de como abordar as melhorias. A ideia é a de que se precisa melhorar o fluxo de valor como um todo antes o melhorar os processos individuais (LIKER, MEIER, 2007).

Rother e Shook (2003) indicam que todo mapa de fluxo de valor deve ser representado por um estado atual e um estado futuro. O primeiro, indicará o caminho que o produto leva desde a matéria prima até o cliente final, determinando as condições atuais. Ao estado futuro cabe os desdobramentos para oportunidades de melhorias, visando um melhor desempenho.

Na Figura 2 está apresentada uma representação do mapa de fluxo de valor, contendo seus principais elementos.

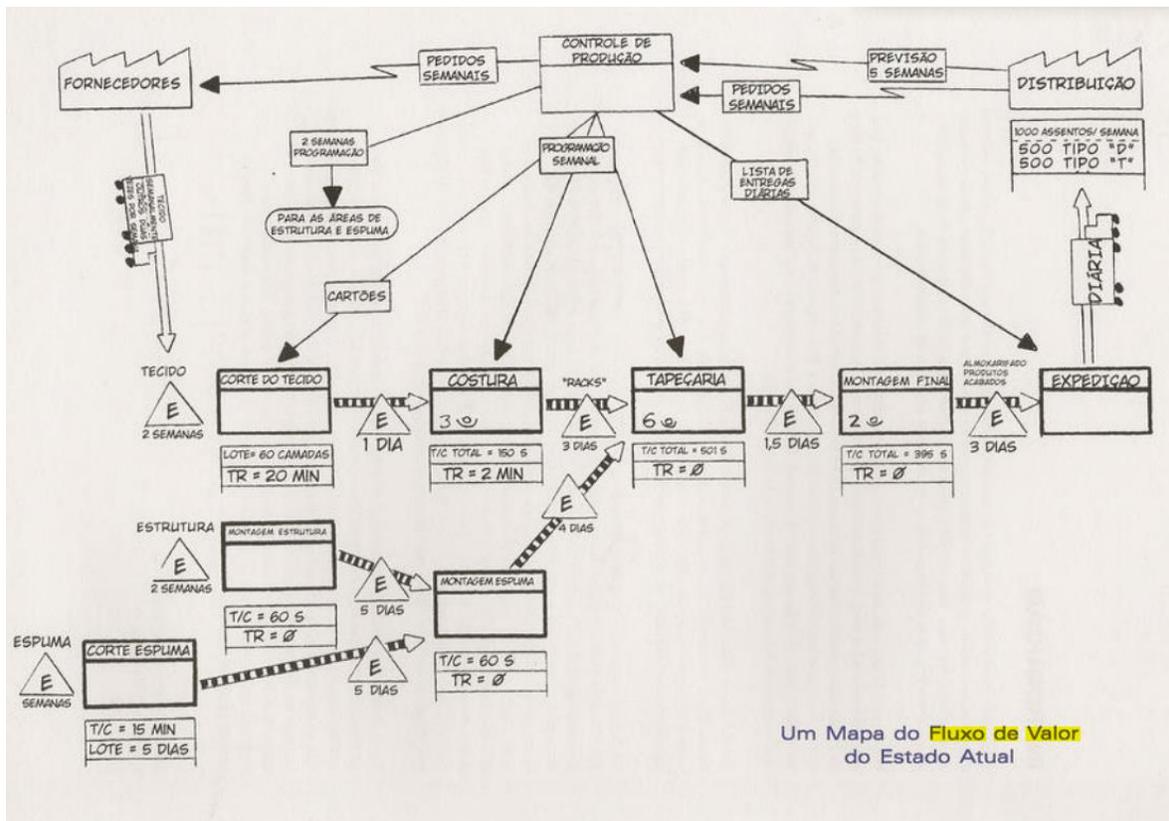


Figura 2: Mapa de fluxo de valor de estado atual (Fonte: Rother e Shook, 2003)

No mapa de fluxo de valor, representando na Figura 2, o cliente é mostrado através do ícone de fábrica, localizado no canto superior direito, tendo logo abaixo uma caixa de dados, registrando as necessidades do mesmo. Os processos são indicados através de caixas de processos, ou retângulos, que indicam um processo no qual o material está fluindo. Embaixo das caixas de processos estão desenhadas as caixas de dados, indicando informações necessárias na execução desse serviço, como números de funcionários, tempo de ciclo, tamanho do lote e tempo de setup (troca para mudar a produção de um tipo de produto para outro). Entre os processos existem triângulos representando estoques e o movimento dos produtos acabados até o cliente se dá através de ícones de caminhões.

Na ponta esquerda do mapa, a representação do fornecedor se dá através do ícone de fábrica, e o ícone do caminhão indica o movimento do material do fornecedor até a estamparia. As setas estreitas definem os fluxos de informação, enquanto as setas em forma de raio definem os fluxos eletrônicos de informação. O fluxo de informação é desenhado da direita para a esquerda na parte superior do mapa. As setas listradas trazem a representação de um movimento empurrado e por fim, na parte de baixo do mapa tem-se a representação da linha do tempo, indicando o tempo que leva uma peça para percorrer todo o caminho do processo. A partir disso, se identifica um fluxo de produto físico da esquerda para a direita, na parte inferior do mapa, e um fluxo de informação deste produto da direita para esquerda na parte superior (ROTHER E SHOOK, 2003).

Com os dados obtidos, desenha-se uma linha do tempo (LT) abaixo das caixas de processo e triângulos de estoque com intuito de registrar o lead time de produção, ou seja, o tempo que a peça demora para percorrer todo o caminho no chão da fábrica, desde a sua chegada como matéria-prima até a liberação para o cliente. Devido a limitação da ferramenta para representar a linha do tempo em atividades paralelas, Bulhões (2011) organiza sua LT para atividades paralelas, ponderando entre elas a que possui o maior tempo de realização da atividade e assim a representa.

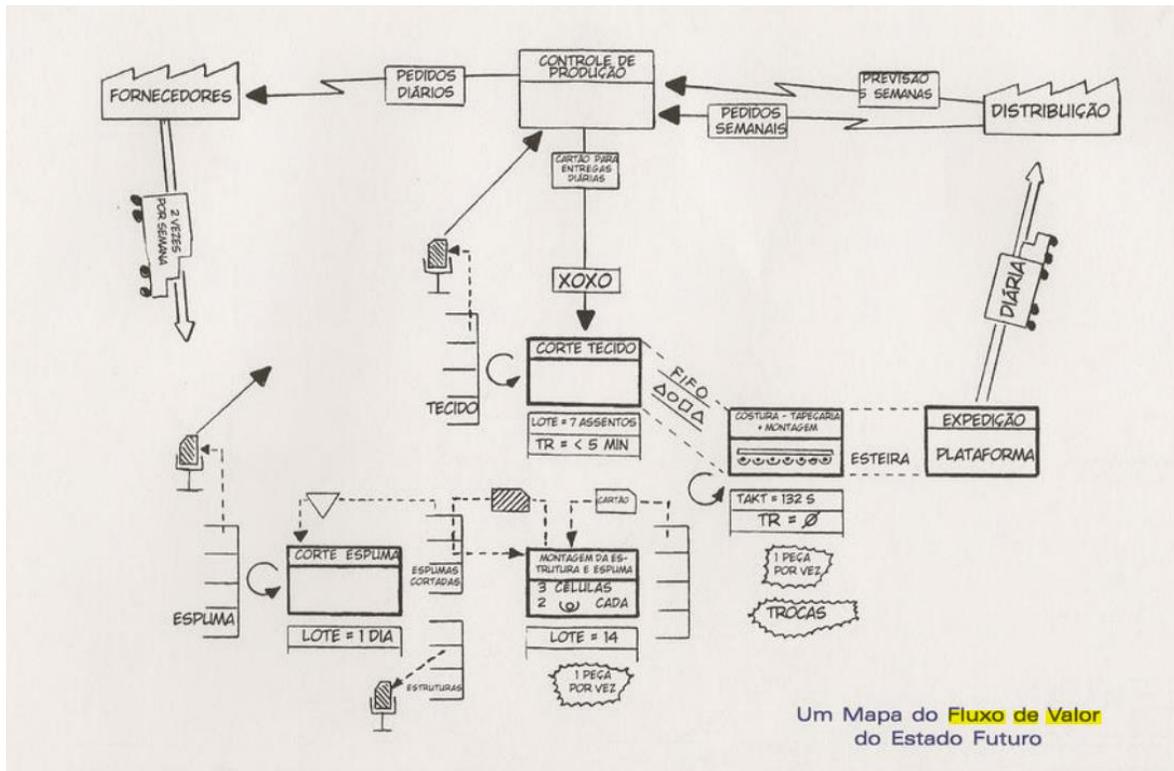


Figura 3: Mapa de fluxo de valor de estado futuro (Fonte: Rother e Shook, 2003)

Com relação ao mapa de fluxo de valor de estado futuro, Bulhões (2009) sugere a construção de uma cadeia de valor, em que os processos individuais são articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo e puxado. Na Figura 3 Rother e Shook (2003) formulam pontos chaves de melhorias no processo, representadas por balões visando como o valor deveria fluir, como sugestão para a sua projeção os autores propõe perguntas, tais como:

- Qual o tempo takt?
- Produzir para um supermercado ou diretamente para a expedição?
- Onde introduzir o fluxo contínuo?
- Onde introduzir os sistemas puxados?
- Em que ponto da cadeia de produção se programará a produção?
- Quais melhorias do processo serão necessárias para o fluxo de valor funcionar conforme desenho do estado futuro?

2.3.2 Tabela do trabalho padronizado

O trabalho padronizado é usado para desenvolver e melhorar o processo, apresentando os seguintes benefícios: estabilidade de processo, pontos de início e parada claros para todo o processo, aprendizagem organizacional, solução de problemas, envolvimento de funcionários, poka-yoke, kaizen e treinamento. Esses benefícios permitem que o processo permaneça em um mesmo nível de qualidade, identificando ao longo do processo o seu status. Os funcionários permanecem em um mesmo nível de aprendizado, e identificam os problemas por de formas simples e com baixo custo (DENNIS, 2007).

A padronização é formada pelo tempo takt, sequência de trabalho e estoque em processo, definidos a seguir:

- Tempo takt: É o tempo disponível para atender a uma determinada demanda por parte do cliente e é calculado pela razão entre o tempo disponível para a produção e demanda do cliente (BULHÕES, 2009);
- Sequência de trabalho: Define a ordem em que o trabalho é feito em um dado processo (DENNIS, 2007);
- Estoque em processo: Quantidade mínima de peças de trabalho incompletas necessárias para que o operador complete o processo sem ficar parado (DENNIS, 2007).

A padronização permite entender a situação de produção de forma clara, na qual é explicitado a ordem com que o trabalho é feito e garantindo a quantidade de peças de trabalho necessárias para o operador completar sua atividade sem parar (DENNIS, 2007).

2.3.3 Linha de balanço

Segundo ICHIHARA (1998) o método da linha de balanço é um dos métodos mais conhecidos para programação de projetos lineares, sendo uma ferramenta orientada para a programação de recursos e apropriada para programação de projetos repetitivos.

A linha de balanço fornece um relatório visual fundamental para gerenciamento de empreendimentos em que o gráfico mostra quem (recursos alocados) faz o que (atividade), quando (duração, início e término) e onde (pavimento) (PRADO, 2002).

Para Mattos (2010) a elaboração do planejamento envolve um estudo antecipado de cenários como análise do método construtivo, identificação de produtividades e determinação de períodos trabalháveis de cada serviço. O mesmo autor propõe um dimensionamento da linha de balanço através de índices de produtividade e ritmo e durações, conforme fórmula 1.

$$\text{Núm. de funcionários} = \frac{\text{Produtividade} * \text{Ritmo}}{\text{Horas na semana por funcionário}}$$

Formula 1: Dimensionamento da linha de balanço

A partir dessa fórmula pode-se dimensionar o tamanho da equipe necessária para realização do serviço, bem como seus ritmos para alcançar as metas planejadas. Na Figura 4 está apresentada as informações que são definidas a partir da LB.

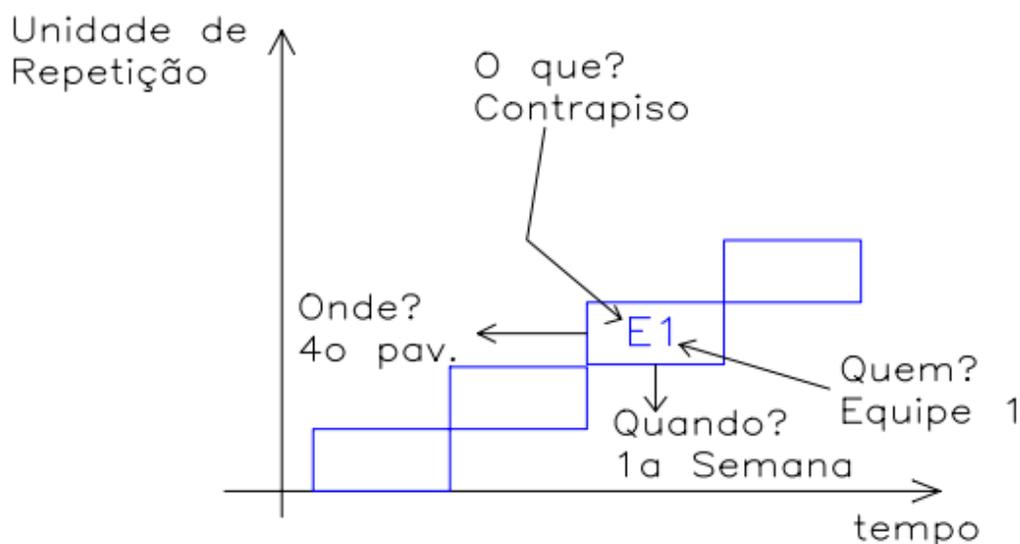


Figura 4: Definição da linha de balanço (VARGAS; MENDES JR. 1999)

3 MÉTODO DE TRABALHO

A estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso. Segundo YIN (2001) o estudo de caso é a melhor opção quando há investigação de um fenômeno contemporâneo, dentro de seu contexto e com pouco controle sobre os eventos estudados. O mesmo autor conceitua a investigação do estudo de caso a uma situação única, com mais variáveis de interesse que pontos de dados, baseando-se em inúmeras fontes de evidências e beneficiando-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para a condução da coleta e análise de dados. Sendo assim, o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa abrangente, não o simplificando a uma única tática de coleta de dados ou característica do planejamento em si.

O estudo foi realizado conforme o delineamento apresentado na Figura 5 e está dividido em três fases: compreensão, desenvolvimento e conclusão. Na primeira fase se definiu o tema a ser abordado e a obra a ser estudada, em seguida, o autor deu início a fase de desenvolvimento composta por três etapas. O início dessa etapa foi através do estudo e organização do processo estudado, seguido da coleta de dados, com a definição das ferramentas que foram utilizadas, e foi concluído com a análise do processo, através das projeções utilizando as propostas de melhorias. Na terceira fase do trabalho foram levantadas as conclusões do estudo de caso.

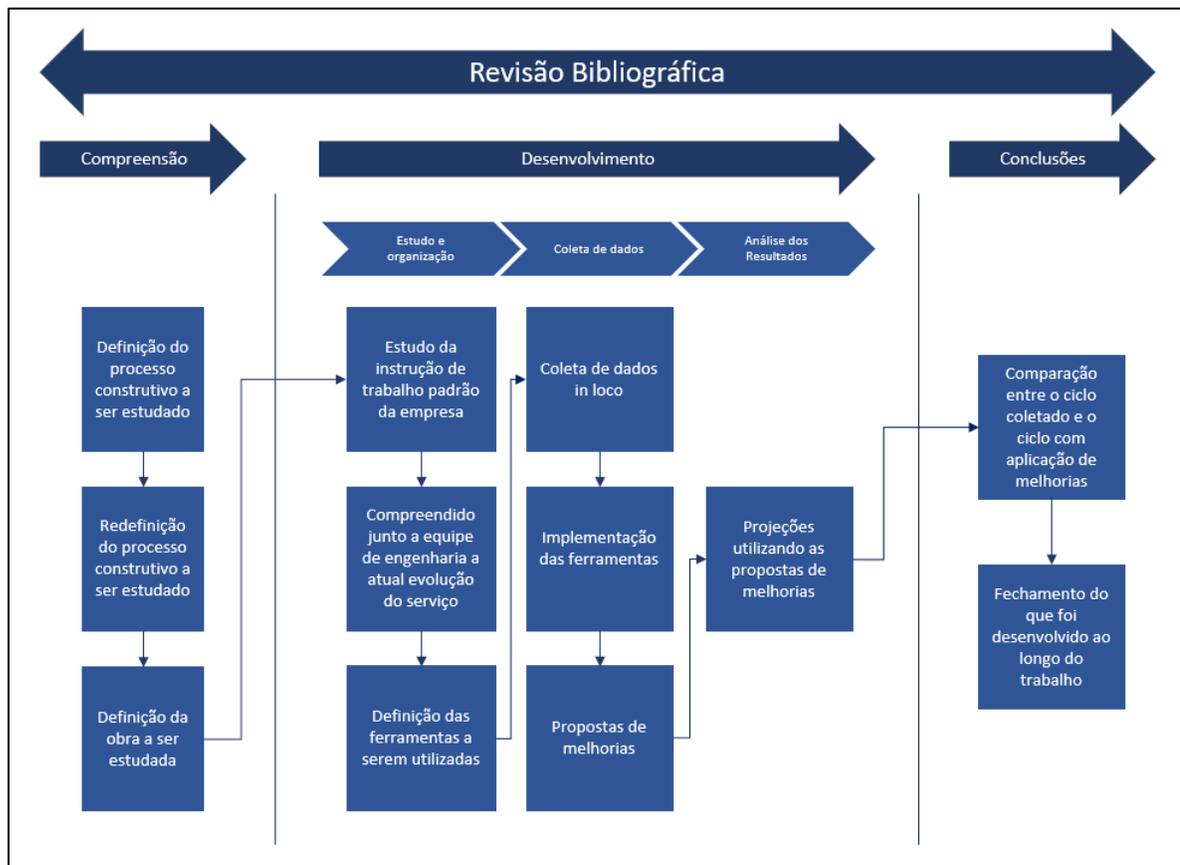


Figura 5: Delineamento da pesquisa.

O trabalho se iniciou com o aprimoramento do autor nos conceitos e contexto histórico da Produção Enxuta, com o objetivo de melhorar seu entendimento sobre a adaptação do conceito para a indústria da construção através da Construção Enxuta. Salienta-se que esse aprimoramento ocorreu em todo o estudo. Na primeira fase do estudo se definiu, inicialmente, o Drywall como processo construtivo a ser trabalho e o escopo do trabalho a ser abordado. No entanto, não se conseguiu uma obra, na empresa em que o autor do artigo estagiava que estivesse realizando o processo, para a coleta de dados. Em função disso decidiu-se trocar o processo construtivo para estrutura de concreto armado e manter o enfoque do tema. Então, a partir da redefinição do processo construtivo e do objetivo do estudo, iniciou-se o mapeamento das obras que estavam executando essa atividade na empresa, para obter a liberação para o acesso a um canteiro para coleta dos dados.

Após a definição da obra a ser estudada, se deu início a fase de desenvolvimento. Inicialmente fez-se um estudo sobre o processo construtivo, através de instruções de trabalho padrão da empresa. Após isso, realizou-se discussões com a equipe de engenharia da obra para entender o ciclo do processo e criar a rotina necessária para a coleta de dados.

A partir da revisão bibliográfica e das observações iniciais feitas do processo padrão da empresa, foram definidas ferramentas de coleta e de processamento de dados que seriam utilizados no estudo. Após isso deu-se início à fase de coleta de dados, que foi realizada após as medidas de distanciamento social terem sido decretadas no estado e município, em função da pandemia devido

ao novo corona vírus (Covid-19). Neste período a obra funcionou com horário reduzido, das nove às quatorze horas. A coleta foi realizada durante treze dias, em tempo integral e foi acompanhada pelo mestre da obra.

Concluindo a fase de desenvolvimento foram elaboradas as planilhas e gráficos para a análise do processo estudado. Implementou-se as ferramentas descritas na revisão bibliográfica e propôs-se melhorias no processo através da projeção do novo ciclo da estrutura. Por fim foi feita uma análise no cronograma geral da obra obtendo resultados para a última fase do delineamento.

A terceira fase do trabalho, denominada conclusão, compara os dados obtidos através da coleta de dados com o resultado da projeção realizada com utilização das melhorias sugeridas pelo autor. A partir disso, se conclui o trabalho com o fechamento do que foi desenvolvido ao longo do estudo.

O autor trabalhou constantemente junto a equipe de engenharia do empreendimento ao longo de todas as etapas do trabalho, coletando informações, trocando conhecimentos e propondo melhorias no processo.

3.1 Descrição da empresa e da obra estudada

O estudo de caso foi realizado em um empreendimento localizado em Porto Alegre/RS (Figura 6), realizado pela construtora denominada, neste trabalho, de Empresa A. Essa é uma das maiores construtoras e incorporadoras do Rio Grande do Sul, atua há mais de 50 anos no mercado gaúcho na construção de empreendimentos de baixo, médio e alto padrão, sendo esse último segmento, sua principal marca no estado.

O empreendimento de estrutura convencional possui 23 pavimentos, dos quais 17 são unidades privativas e os demais são áreas técnicas e comuns. A obra possui 17.789,04 metros quadrados, é classificada como alto padrão e permite personalização completa nas 68 unidades privativas. A equipe responsável pelo canteiro de obras é formada por dez pessoas, divididas entre o gestor de obra, analista técnico, assistentes técnicos, mestre de obras, almoxarifado, administrativo, técnico de segurança e estagiário.



Figura 6: Localização do empreendimento

3.2 Fontes de evidência

O autor iniciou suas coletas através de conversas junto as equipes de engenharia da obra e encarregado de carpintaria da equipe de estruturas buscando entender a logística de execução do pavimento. Então, a partir disso se iniciou observações diretas dos tempos de trabalho das atividades realizadas, deslocamentos de materiais e ferramentas e esperas. Acrescentando-se a isso, o autor buscou conversar com funcionários que não estavam nos postos de atividades em que se estava realizando a coleta para entender os processos realizados e os tempos envolvidos.

4 RESULTADOS

O processo de execução de supraestrutura de concreto armado convencional foi sub-empregado da empresa B. O processo construtivo é majoritariamente manual, realizado por operários com conhecimento empíricos e sem educação técnica formal. Portanto, ao longo do processo de realização do estudo utilizou-se tanto os conhecimentos do autor, quanto dos funcionários da empresa A e da empresa B.

Conforme já explicado acima, a coleta de dados ocorreu durante o período de pandemia da COVID-19, porém em dois cenários distintos de produção. O primeiro cenário ocorreu com horário de trabalho reduzido, das nove horas até as dezesseis horas, durante os meses de abril a junho de 2020. O segundo, com horário integral, a partir das sete horas e trinta minutos até as dezenove horas, a partir de agosto de 2020. A obra ficou completamente parada entre o final de junho e início agosto de 2020.

A composição das equipes de trabalho consistia em doze carpinteiros, oito armadores e um encarregado para cada equipe. O pavimento estudado tem seiscentos e quarenta e seis metros

quadrados e foi dividido em duas etapas de execução, conforme pode ser observado na Figura 7. A divisão foi realizada com intuito de facilitar a logística de materiais. A equipe técnica da obra decidiu iniciar a atividade pelos trechos numerados como 1 e 2, devido suas simetrias, O trecho 3 seguiu aos anteriores, visto que os trechos 4 e 5, da etapa 1, estavam localizados na zona de transporte vertical, sendo então, usados como zona de armazenamento. Por exemplo, a central de armação se localizava no térreo, onde eram montados todos os pilares, que eram transportados até o pavimento a ser utilizado. Chegando ao pavimento, todos eram depositados nos trechos 4 e 5, e a equipe de instalação coleta esses matérias desses locais e os leva até os pontos de instalação.

A etapa 2 foi também segmentada em lotes, puxando as atividades conforme necessidade, e sua divisão foi semelhante a da etapa 1.

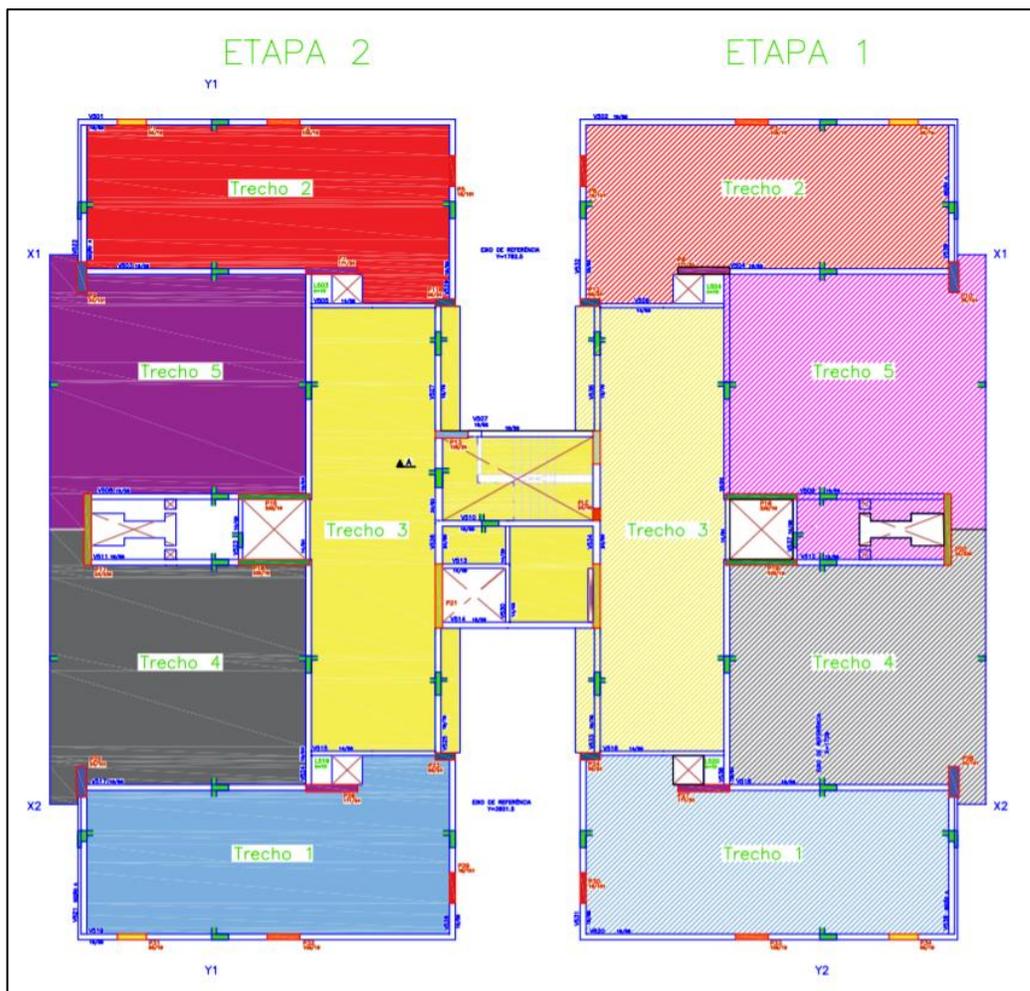


Figura 7: Logística de execução das atividades

Ao longo da coleta de dados, o autor foi implementando as ferramentas de análise, iniciando pelo traçado do fluxo de trabalho das atividades, com o intuito de identificar todas as etapas presentes no processo. A análise se deu através de três alinhamentos (Figura 8): o primeiro é composto por atividades que acontecem no pavimento em que a estrutura está sendo executada (pavimento em trabalho); o segundo alinhamento é composto por atividades que acontecem nos demais pavimentos

(pavimento abaixo); e o terceiro alinhamento é composto por atividades que acontecem da central de armação, onde ocorrem a pré-montagem de algumas peças e armazenamento do material.

Observando a Figura 8 verifica-se a representação das atividades realizadas pela equipe de armação em cinza e da equipe de carpintaria em azul. A seta que liga uma atividade na outra tem como intuito a representação de um fluxo, no qual, a seta sólida indica a necessidade da realização da primeira atividade antes de iniciar a segunda, e a seta pontilhada indica a realização de duas atividades simultâneas, ou seja, sem vínculo de predecessora.

Outra informação importante que pode ser observada na Figura 8 é as atividades sendo realizadas ao longo do tempo, desde o dia 1 até o dia 13. Inicialmente essa atividade tinha sido planejada para acontecer em 11 dias. Buscou-se complementar as informações da Figura 8, com o mapa de fluxo de valor apresentado na Figura 9. A elaboração do mapa visou a identificação da cadeia de valor do processo construtivo supraestrutura.

Durante essa análise inicial, destrinchou-se as atividades presentes no processo e suas interdependências, para que pudessem ser observadas seus impactos no produto final. No mapa da Figura 9 estão identificadas as seguintes informações: o tempo de ciclo (T/C), o número de funcionários envolvidos, o tempo trabalhado na atividade (TT), o tempo de realização da atividade (TRA), o tamanho do lote estudado e o tempo de processamento (TP). O TP representa o tempo de espera para a conclusão de determinada atividade que está semi-concluída, exemplificando, no caso de pilares, a última atividade antes da concretagem é a montagem de formas, a partir do fechamento das mesmas, os pilares estão semi-concluídos, mas para serem concluídos necessitam a concretagem que depende da montagem do assoalho gerando um tempo de processamento, quando não está representado no mapa indica que não há espaço de tempo entre o fim de uma atividade e o início de outra. O TT considera apenas o momento da execução da atividade, ou seja, o momento de conversão, enquanto o TRA representa a duração dessa atividade como um todo, considerando atividades de fluxo envolvidas.

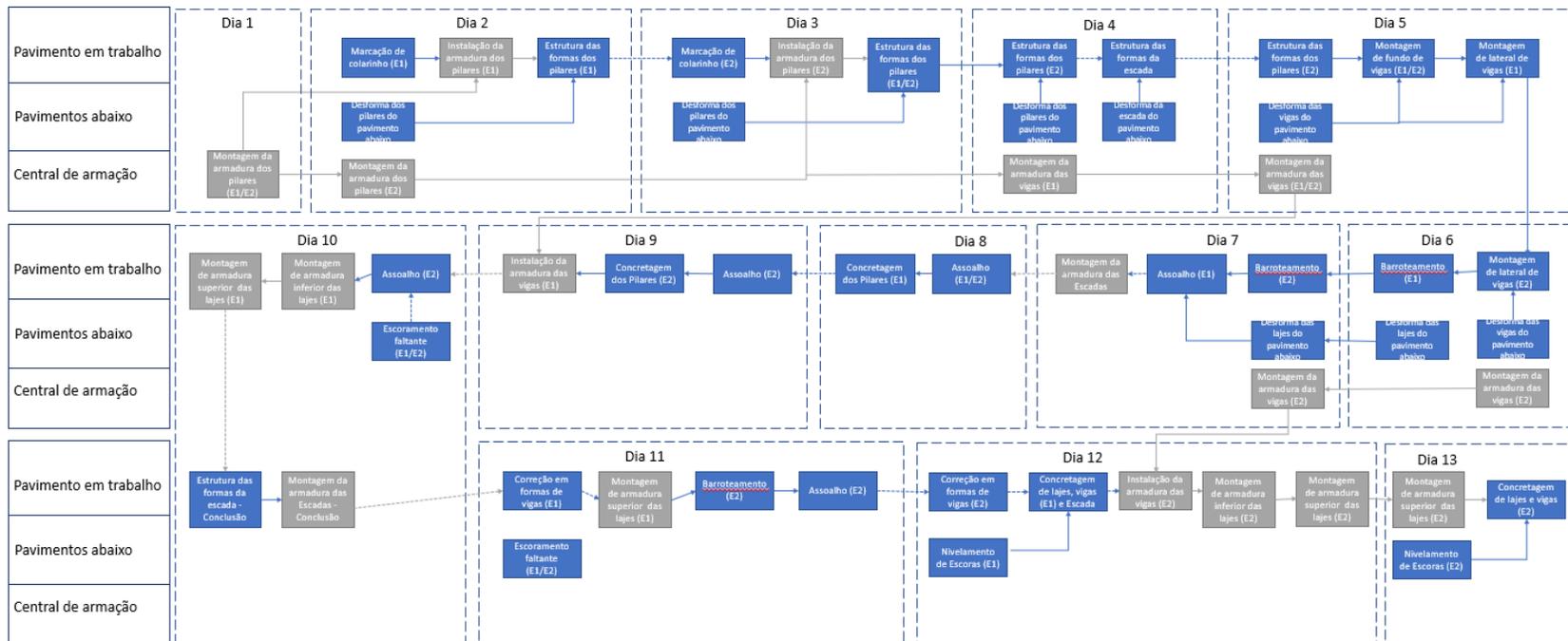


Figura 8: - Fluxo de atividades do processo de Supraestrutura de concreto armado

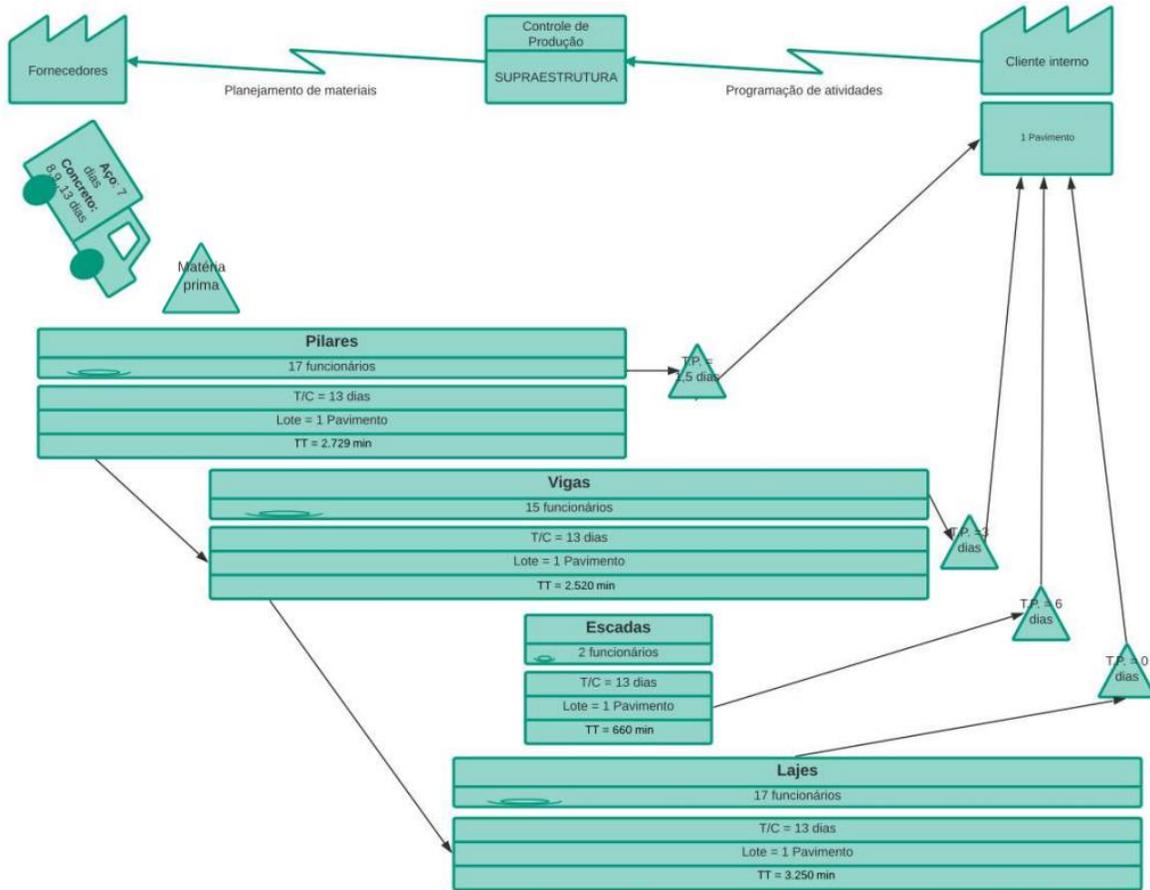


Figura 9: Mapa de fluxo de valor atual da superestrutura (geral)

A partir do MFV geral do processo da superestrutura apresentado na Figura 9, foram feitos MFV específico de cada elemento, para cada atividade presente no processo, com as respectivas informações, representadas nas Figuras 11 a 14. Nestas figuras são expostas as informações através do tempo cronológico, que aconteceram da esquerda para a direita. As conexões são representadas por setas indicando a relação de precedência entre atividades. Pela observação da Figuras 11, 12 e 13 ressalta-se que as duas primeiras linhas indicam as atividades ocorrendo no pavimento de trabalho, a terceira linha, na central de armação e a quarta linha, em outros pavimentos. Porém, na Figura 14 as quatro primeiras linhas indicam as atividades ocorrendo no pavimento de trabalho e a quinta linha, ocorrendo em outros pavimentos. Devido a execução de atividades paralelas, foi representado na linha do tempo a atividade com maior duração, conforme dados observados na Figura 14.

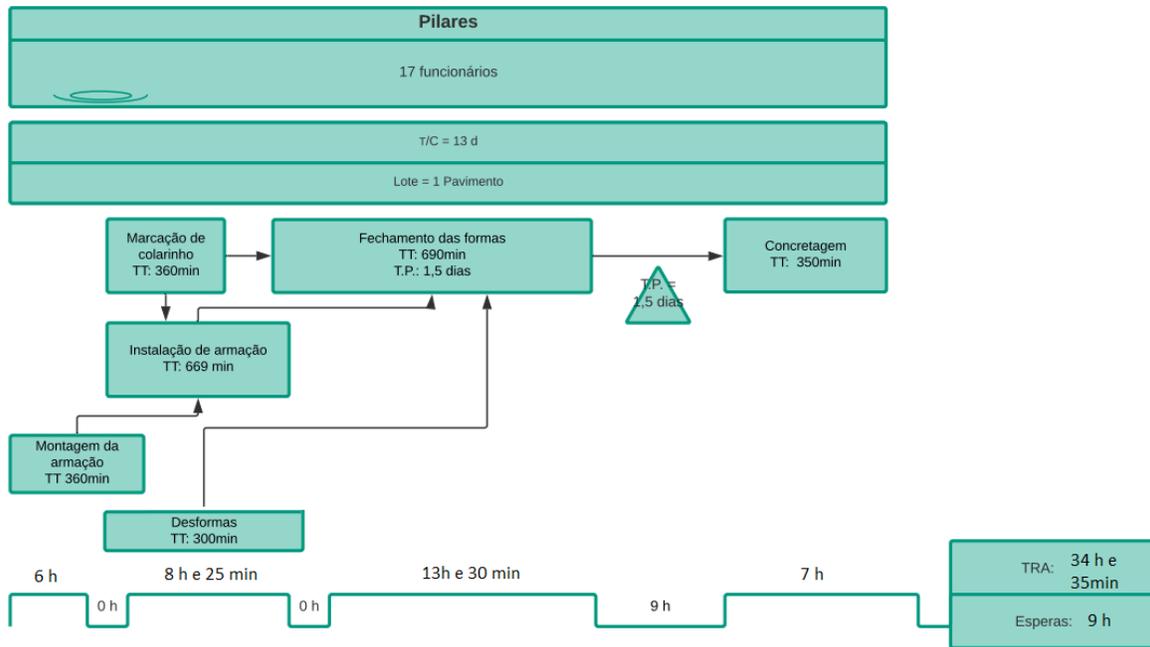


Figura 11: Mapa de fluxo de valor atual dos pilares

As tarefas de processamento dos pilares iniciaram no dia 1 pela equipe de armação e foram concluídas no dia 9, com a concretagem (Figura 11). As atividades foram executadas em fluxo contínuo até o fechamento das formas, porém após esse fechamento pode-se observar uma espera de 1,5 dias, caracterizada como trabalho em progresso. Isso ocorreu devido a necessidade de execução do assoalho de laje, para realizar a concretagem, além de outras atividades precedentes do elemento viga, que são explicitadas na Figura 11. Por fim observa-se um tempo de realização da atividade (TRA) de 34 horas e 35min, uma espera de 9 hora e um *Leadtime* de 43 horas e 35 min.

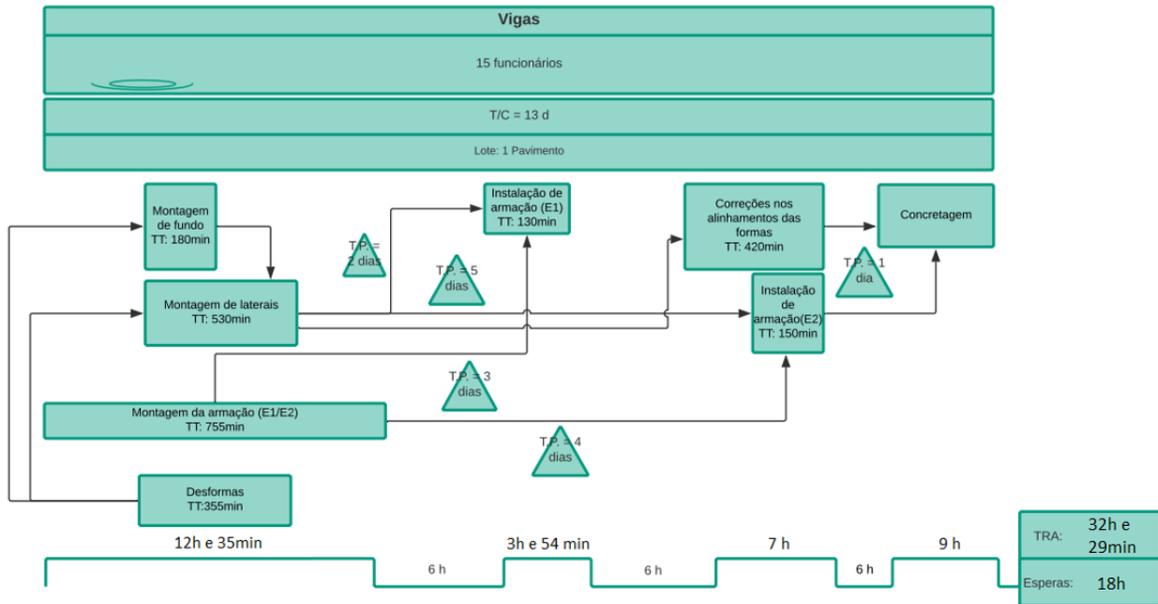


Figura 12: Mapa de fluxo de valor atual das vigas

Com relação a execução das vigas, observa-se na Figura 12 que as tarefas de processamento iniciaram no dia 4, com a montagem das armações e finalizaram no dia 13 com a concretagem dos elementos. O MFV (Figura 12) mostra 3 dias de espera da equipe de armação devido a necessidade de atuarem em outras atividades das lajes. A falta de alinhamento da estrutura fez com que a equipe de carpintaria voltasse para correções no serviço já executado. De forma semelhante ao feito MFV dos pilares, foi calculado a linha do tempo, apontado para um tempo de realização da atividade (TRA) de 32 horas e 29 minutos, uma espera de 18 horas e um *Leadtime* de 50 horas e 29 minutos.

Em paralelo aos demais processos, foi executada a escada, conforme pode ser observado na Figura 13.

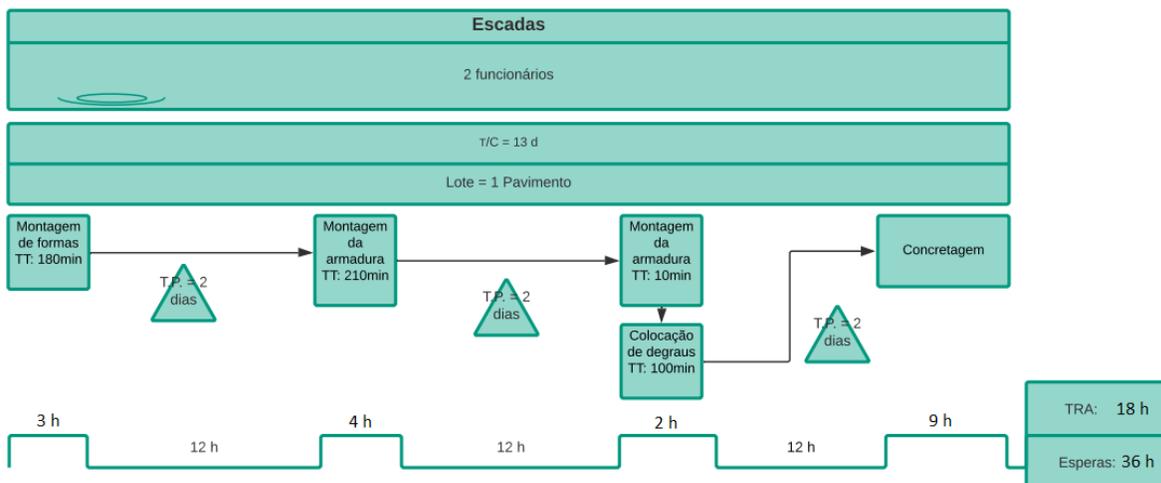


Figura 13: Mapa de fluxo de valor atual da escada

A execução da escada ocorreu do dia 4 ao dia 13, em paralelo com as atividades dos outros três elementos (pilares, vigas e lajes). As equipes que trabalharam nesta atividade foram redirecionadas nos momentos em que havia uma folga nas atividades de execução dos pilares, vigas e lajes. Em função disso, pode-se observar na Figura 13 uma grande espera indicando que a atividade ficou inacabada por um longo período. Com relação à linha do tempo, pode-se observar um tempo de realização da atividade (TRA) de 18 horas, uma espera de 36 hora e um *Leadtime* de 54 horas.

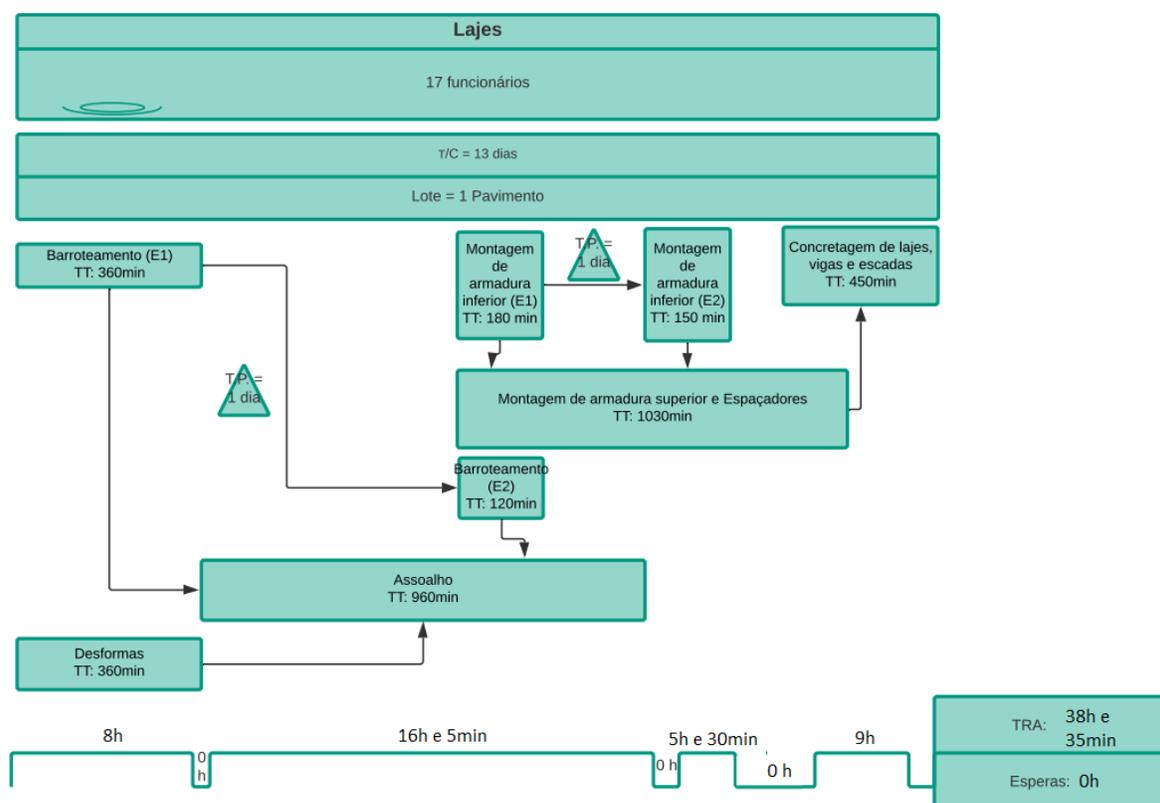


Figura 14: Mapa de fluxo de valor atual da laje

As tarefas de processamento das atividades que envolvem a laje tiveram seu ciclo entre os dias 6 e 13, tendo seguido em fluxo contínuo, respeitando a logística de execução apresentada na Figura 8, não tendo observado nenhuma espera, como pode ser observado na Figura 14. Com relação à linha do tempo, pode-se observar um tempo de realização da atividade (TRA) de 38 horas e 35 minutos, sem esperas na representação e um *Leadtime* de 38 horas e 35 minutos. Ao se analisar o mapa da Figura 8 juntamente aos mapas de fluxo de valor de estado atual, observou-se problemas no sequenciamento das atividades da supraestrutura, conforme pode ser observado na Tabela 1, que geraram desperdícios ao longo da execução.

Situação	Descrição do problema	Classificação
Concretagem de pilares	A concretagem atrasa a entrada da equipe de armação nas vigas, fazendo com que os mesmos fiquem sem frente de trabalho no oitavo dia do ciclo	Ausência de planejamento de atividades
Correções nas formas de vigas	Problema de alinhamento das vigas causando retrabalho e redirecionamento de mão de obra, diminuindo o ritmo de produção nos dias 10 e 11 do ciclo	Falta de atendimento ao cliente interno e aos requisitos de qualidade do elemento
Direcionamento de mão de obra para atividades fora do ciclo da estrutura	Direcionamento de mão de obra para demais trabalhos de responsabilidade do empreiteiro gerando diminuição do número médio de funcionários representados na figura 9.	Falta de organização e dimensionamento de equipe
Falta de sincronização entre atividades	Falta de sincronização entre atividades, gerando conflitos no fluxo de produção.	Ausência de planejamento de atividades
Falta de frente de trabalho	A equipe de armação ficou sem frente de trabalho no oitavo dia do ciclo.	Falta de planejamento entre atividades das equipes da armação e carpintaria

Tabela 1: Problemas identificados na coleta de dados

A partir da constatação dos problemas que ocorrem no fluxo de valor discutidos acima, fez-se uma análise das atividades de cada elemento. Devido a algumas limitações observadas no MFV elaborado, buscou-se complementar as informações através da apresentação do estudo do processo (Figura 10). Essas limitações eram relacionadas com a impossibilidade de se representar na linha do tempo todas as suas atividades de fluxo. O estudo dos processos apontou as atividades realizadas, os elementos de trabalho, os tempos coletados e a sua classificação quanto a agregação ou não de valor ao produto. A partir dos dados coletados se relacionou as atividades que agregam e as que não agregam valor e sua representação dentro do processo explicitado na Figura 15.

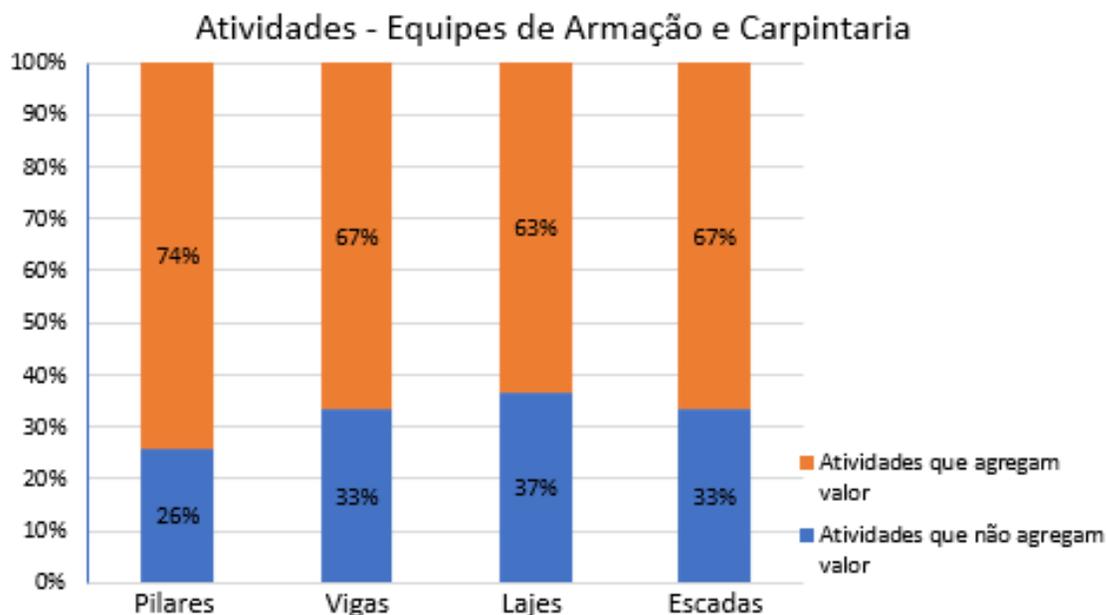


Figura 15: Média de atividades que agregam ou não valor ao serviço

Observando a Figura 15 percebe-se que as atividades de fluxo representam um valor alto dentro do processo da supraestrutura e se mantem em um valor equilibrado na relação entre os elementos. Pode-se destacar nos pilares o mais baixo índice de atividades que não agregam valor, influenciados pela mais rápida desforma e pelo baixo tempo de transporte, devido a menor quantidade de material necessário para sua execução. Enquanto isso, para as lajes, nota-se um maior índice de atividades que não agregam valor, impulsionado pelo tempo de transporte de material para montagem de armação superior e inferior, devido a baixa potência da minigrua, a qual é responsável pelo transporte. Acrescenta-se a isso a alta quantidade de material necessário para o assoalho, proveniente da desforma de pavimento abaixo. A execução das vigas se mostrou um sistema com menores relações de perdas em comparação das atividades de fluxo e de conversão, entretanto, teve necessidade de correções devido ao não atendimento das condições de entrega para a etapa seguinte, o que gerou um aumento no índice das atividades que não agregam valor.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a análise dos resultados, foram identificadas oportunidades de melhorias no sentido de buscar o ciclo planejado inicialmente pela obra. Foram feitos dois cenários, o cenário 1 para o período de pandemia e posteriormente projetando esses dados até o fim do ciclo da estrutura dos pavimentos tipo, no intervalo de tempo com funcionamento em horários reduzidos. O cenário 2 seria para o período em que a obra funcionaria em horários normais.

Foi identificado na Tabela 1 que a falta de sequenciamento entre atividades e o redirecionamento da mão de obra para outras atividades realizadas no canteiro geram os

demais problemas citados. Em função disso buscou-se incorporar algumas melhorias que afetam o planejamento de longo prazo existente na obra, tais como:

- a) Planejamento através da linha de balanço antes da elaboração do mapa de fluxo de valor de estado futuro para definir ritmos de produção de atividades dentro do processo;
- b) Padronização das atividades através do sequenciamento de atividades e seus respectivos dias de execução, respeitando seus clientes internos e projetando implementação de fluxo contínuo;
- c) Redução e /ou eliminação das atividades que não agregam valor;
- d) Elaboração de mapas de fluxo de valor de estado atual e futuro para correto entendimento e melhorias do fluxo de informação presente no processo.

Foi elaborado a linha de balanço, apresentada nas figuras 28 e 29. Para sua elaboração foi utilizado o dimensionamento proposto por Mattos (2010), com os dados coletados para a produtividade, o número de funcionários conforme disponibilidade de canteiro, considerando que não haverá redirecionamento dos mesmos, e período de trabalho, para os cenários 1 e 2.

Através dos dados coletados na obra, foi dimensionado a produtividade da equipe de estrutura, conforme fórmula abaixo.

$$Produtividade = \frac{\text{número de funcionários} * \text{horas na semana por funcionário}}{\text{ritmo semanal}}$$

$$Produtividade = \frac{17 \text{ funcionários} * \frac{36h}{\text{funcionário}}}{0,46 \frac{\text{pavimento}}{\text{semana}}} = 1330,4hh/\text{pavimento}$$

Sendo assim, foi recalculada a duração do ciclo da estrutura, utilizando a equipe completa do processo que soma um total de 20 funcionários para os cenários 1 e 2 e arredondando o resultado para um número imediatamente acima do encontrado.

$$t \text{ (duração)} = \frac{\text{produtividade}}{\text{número de funcionários} * \text{horas disponíveis no dia}}$$

$$t \text{ (duração)} = \frac{1330,4 \text{ hh/pavimento}}{20 \text{ funcionários} * 6 \text{ horas}} = 11 \text{ dias}$$

$$t \text{ (duração)} = \frac{1330,4 \text{ hh/pavimento}}{20 \text{ funcionários} * 10 \text{ horas}} = 7 \text{ dias}$$

Com base no dimensionamento da LB o autor propõe a realização do mapa de fluxo de valor de estado futuro para os cenários 1 e 2 representando nas Figuras 16 a 25, desde as atividades iniciais de cada elemento da estrutura, a partir da montagem dos pilares até a concretagem das lajes e vigas.

Visando dados para complementar a análise do MFV de estado futuro, calculou-se o tempo takt da obra conforme apresentado abaixo.

$$tempo\ takt = \frac{(26semanas * 6dias)}{16\ pavimentos} = \frac{9,75\ dias}{pav}$$

Através de sugestões de Rother e Shook (2003) foram propostas melhorias no processo como criação de supermercados para puxar a produção, proposta de fluxo contínuo através da análise do tempo *takt* e sua proximidade do tempo de ciclo, redução do tempo em processamento, redimensionamento da equipe de trabalho para a execução de cada elemento e eliminação de algumas atividades que não agregam valor ao processo.

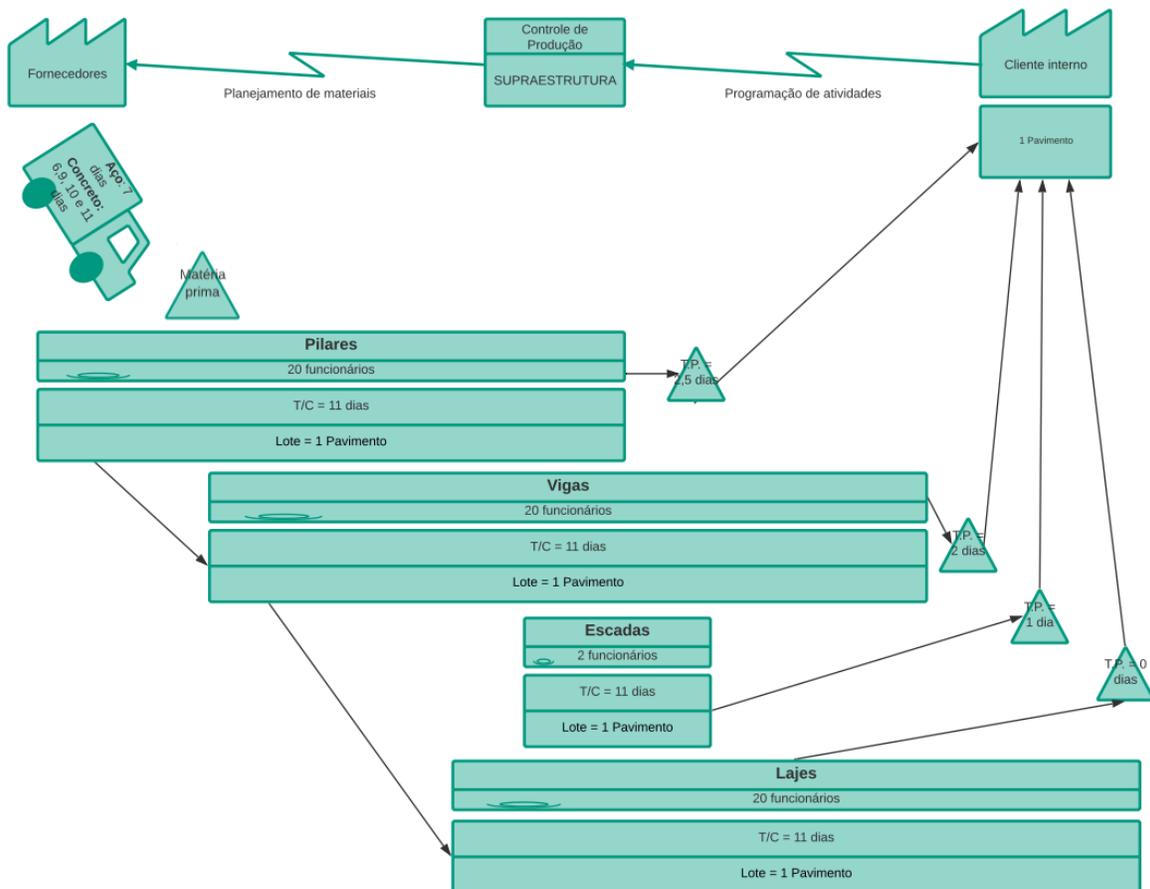


Figura 16: Mapa de fluxo de valor de estado futuro - Cenário 1

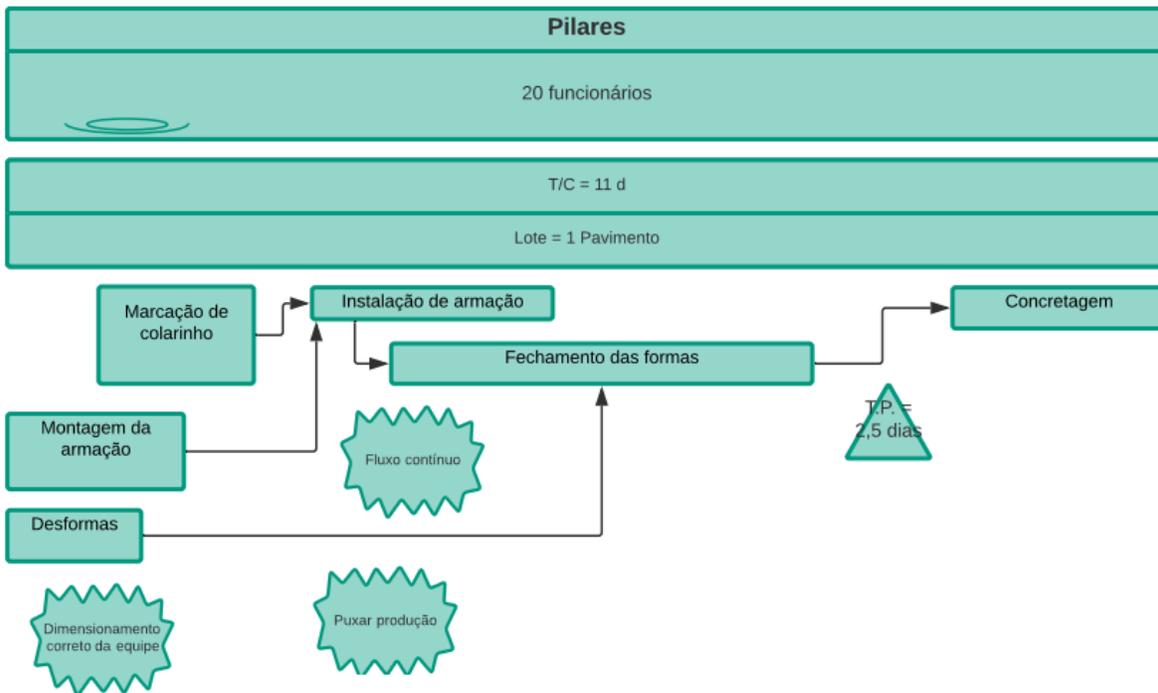


Figura 17: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de pilares - Cenário 1

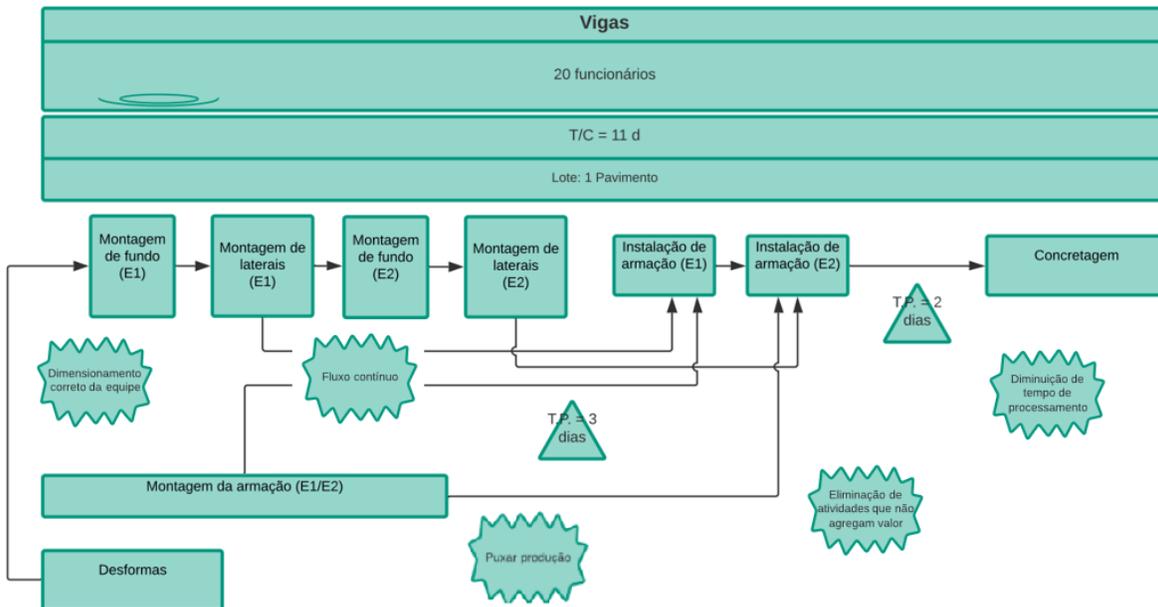


Figura 18: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de vigas - Cenário 1

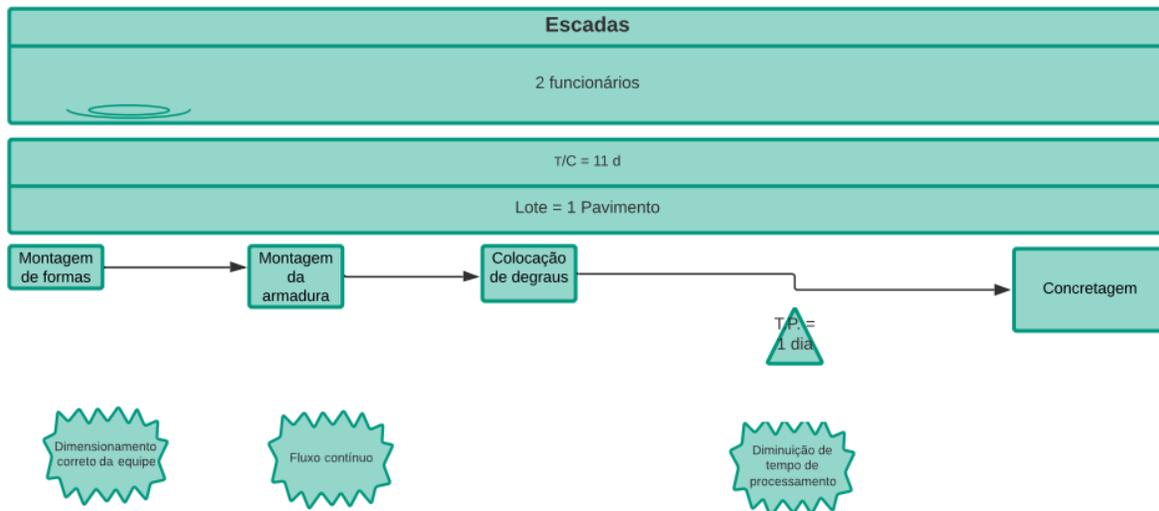


Figura 19: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de escadas - Cenário 1

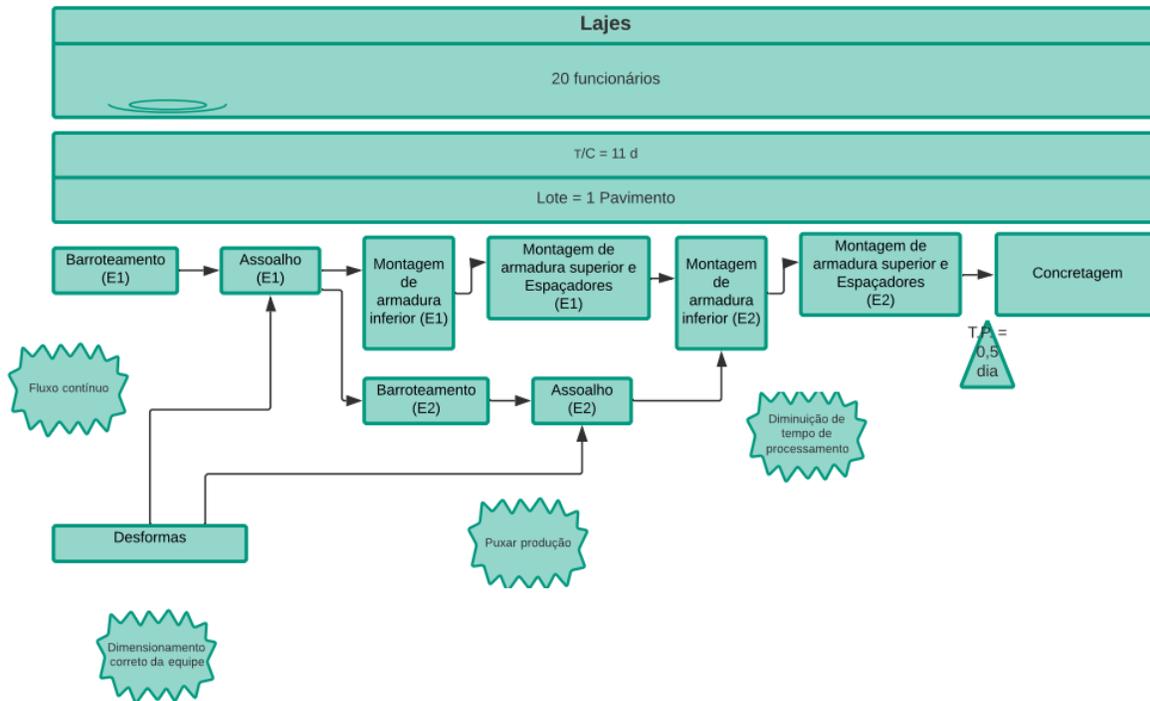


Figura 20: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de lajes - Cenário 1

O cenário 2 representado nas figuras 21 a 25 mantém a mesma logística de atividades do cenário 1 contanto existem tempos de ciclo e processamento diferentes.

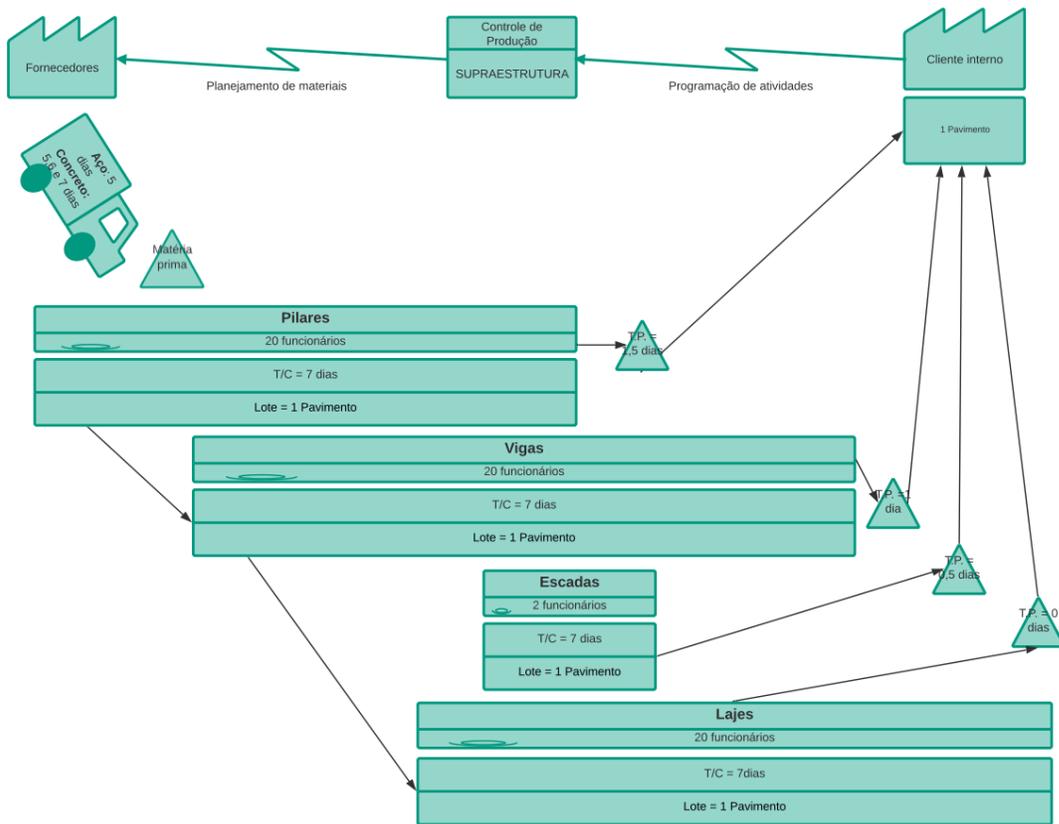


Figura 21: Mapa de fluxo de valor de estado futuro - Cenário 2

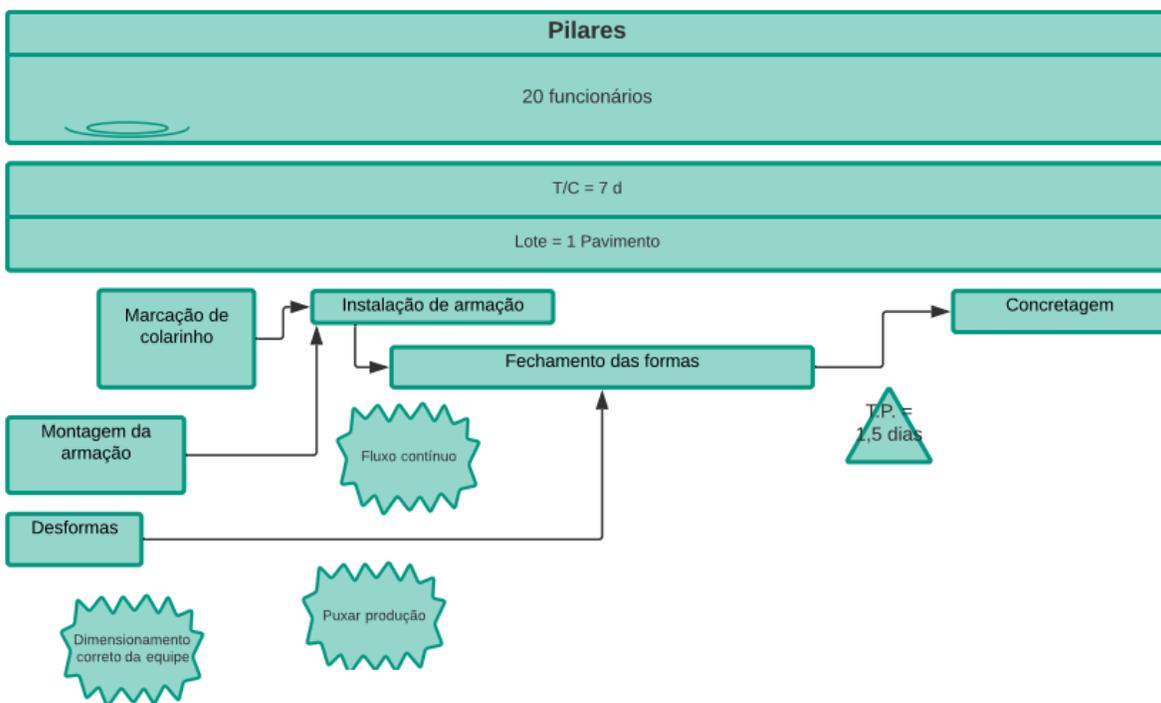


Figura 22: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de pilares - Cenário 2

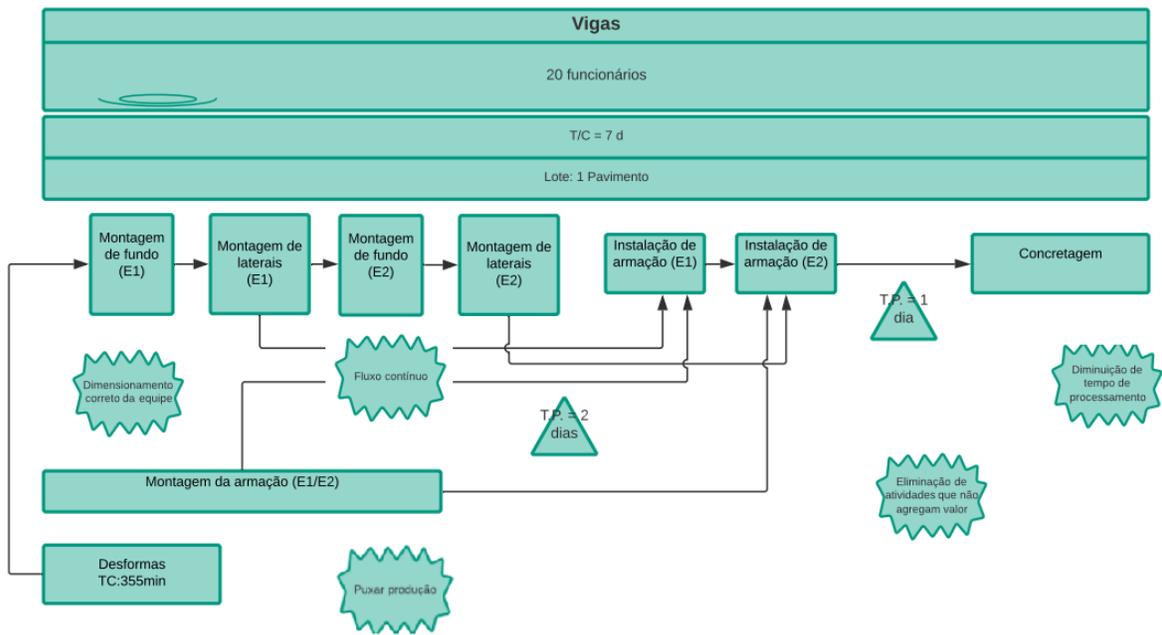


Figura 23: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de vigas - Cenário 2

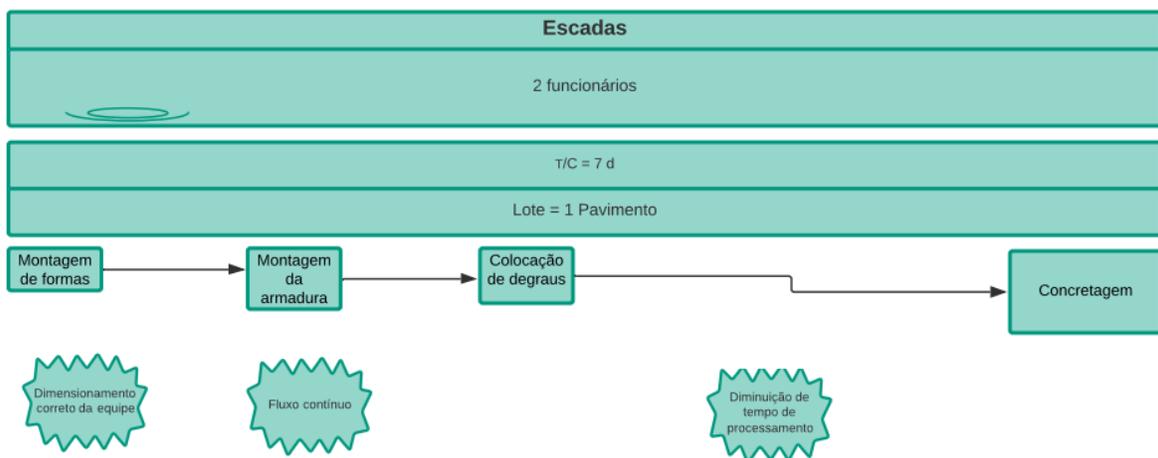


Figura 24: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de escadas - Cenário 2

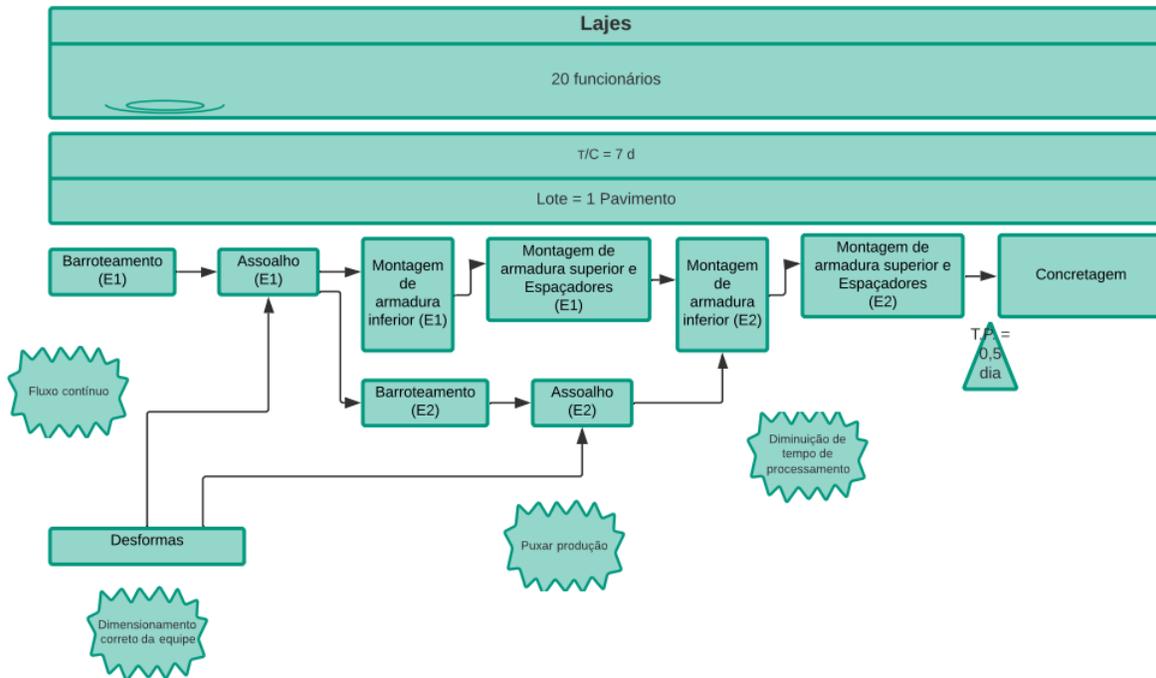


Figura 25: Mapa de fluxo de valor de estado futuro de escadas - Cenário 2

A partir dos mapas de fluxo de valor de estado futuro, o autor propõe a padronização no fluxo de atividades, representado nas figuras 26 e 27, para os cenários 1 e 2 respectivamente, em que se busca um correto sequenciamento de atividades e a projeção de um fluxo contínuo. A sua implementação deve seguir as diretrizes propostas por Bulhões (2011) já citada anteriormente no trabalho.

A correta utilização ajudará na redução e/ou eliminação de atividades que não agregam valor e diminuição de variabilidades conforme a aprendizagem do funcionário.

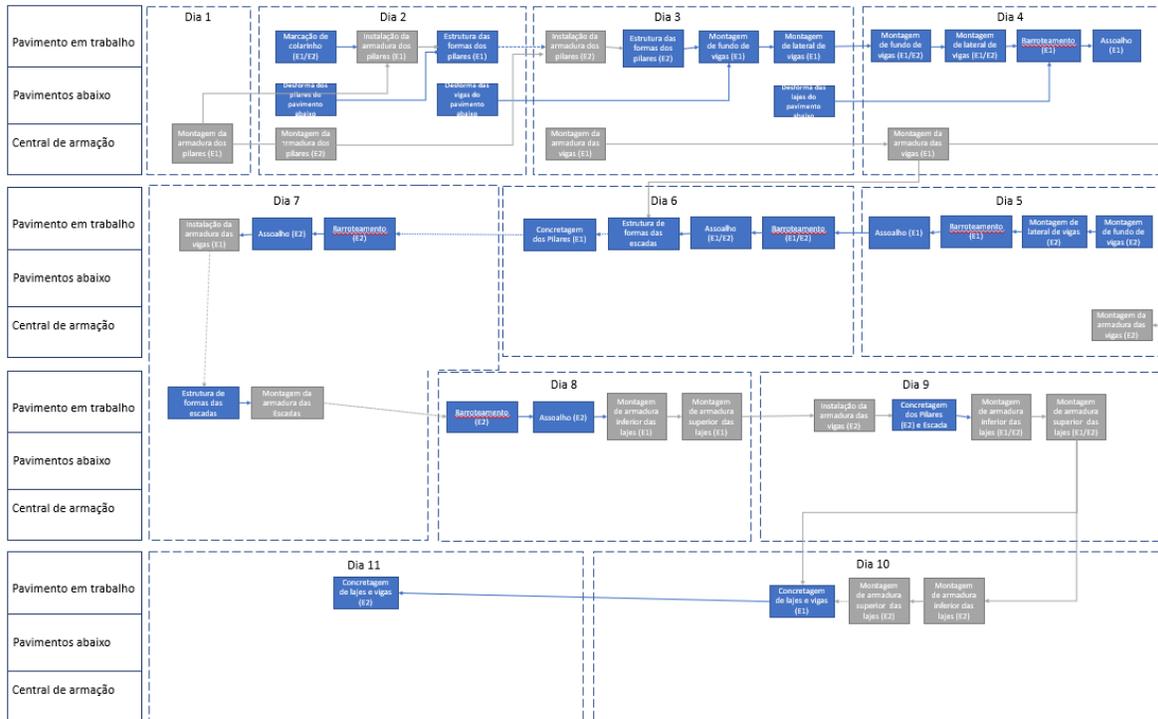


Figura 26: Padronização de atividades – Cenário 1

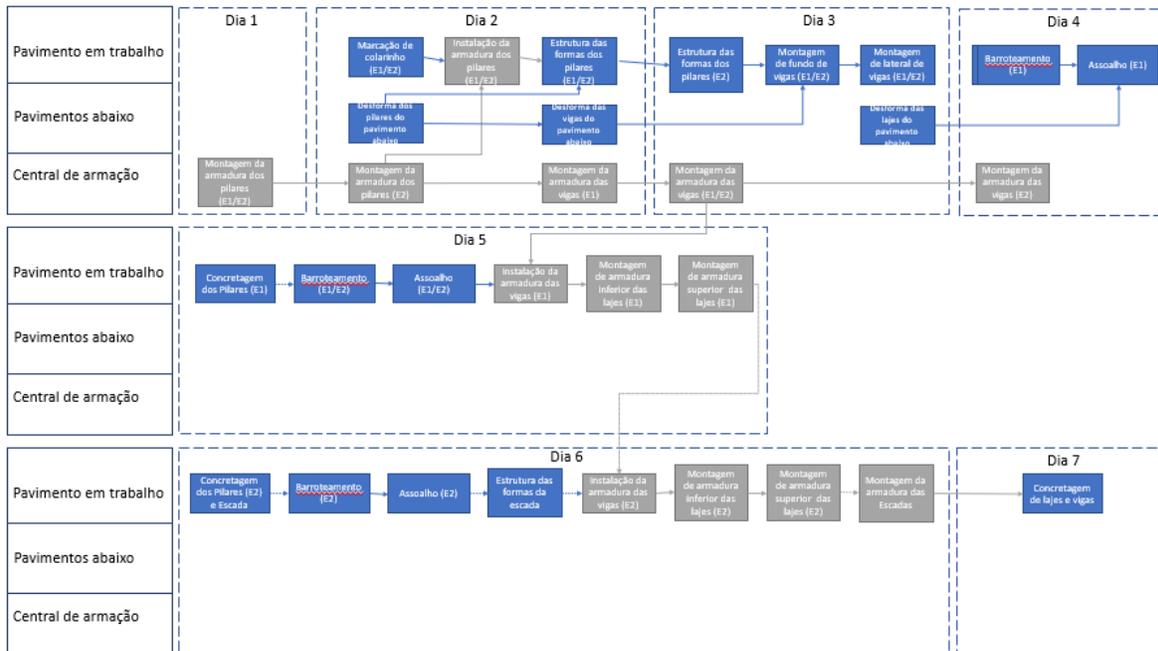


Figura 27: Padronização de atividades – Cenário 2

A partir da identificação dos problemas e das oportunidades de melhorias o autor definiu a utilização da linha de balanço para uma análise geral de planejamento a longo prazo para entender os impactos das mudanças propostas no prazo da obra. A análise ocorreu

considerando dezessete serviços, os quais estão dentro de uma sequência de planejamento com o mesmo ciclo definido para a supraestrutura.

Inicialmente, usou-se para a elaboração da LB representada nas figuras 28 e 29, os dados fornecidos do setor de planejamento da obra para as atividades de: supraestrutura, alvenaria, reboco, encunhamento, instalações hidrossanitárias, gás e ar condicionado, gesso liso, contrapiso interno, impermeabilização, montagem de CD's e enfição, forro de gesso, cerâmica de piso e parede, pintura, fachadas frentes e fundos, fachadas laterais e bases e tomadas. Foram analisadas dezessete atividades, nas quais, quatorze mantinham o mesmo ciclo da estrutura de treze dias durante o cenário 1, e oito dias para o cenário 2. Com base nesses dados, a LB indicava o término do último serviço ocorrendo na semana 111.

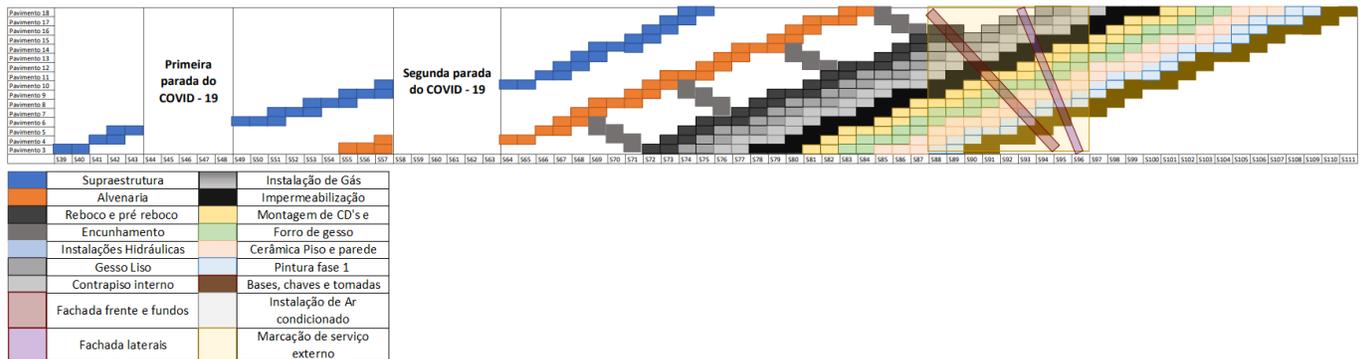


Figura 28: Linha de balanço para serviços internos e externos fornecida pela obra

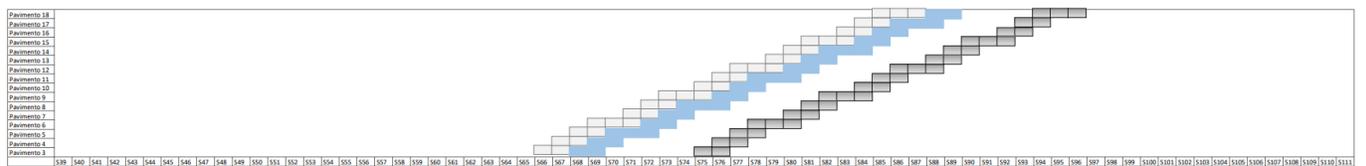


Figura 29: Linha de balanço para serviços de instalações fornecida pela obra

Então, o autor elaborou a linha de balanço apresentada nas Figuras 30 e 31, utilizando os novos dados, através das projeções dos novos ciclos, para os cenários 1 e 2 de supraestrutura, propondo os mesmos para os quatorze serviços subsequentes, respeitando os cenários chegando no término da última atividade na semana 104.

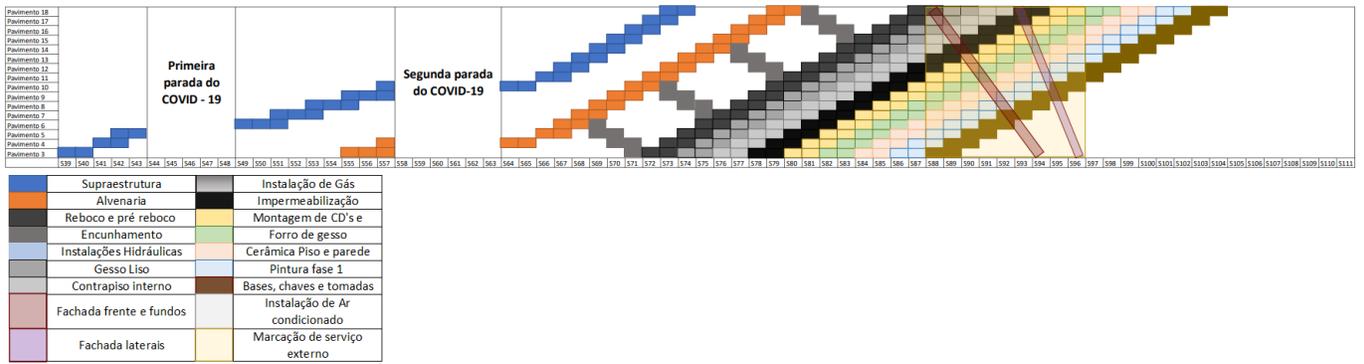


Figura 30: Linha de balanço para serviços internos e externos através de projeções realizadas pelo autor

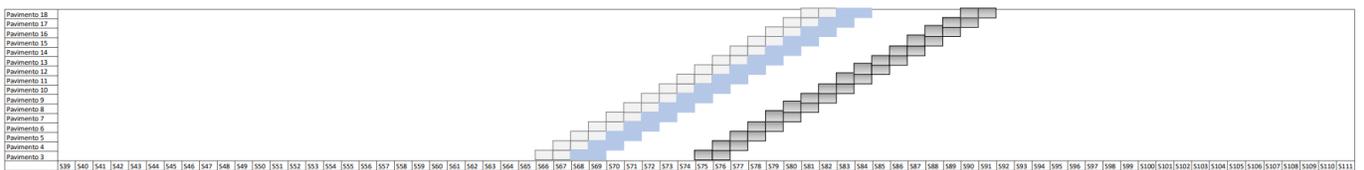


Figura 31: Linha de balanço para serviços de instalações através de projeções realizadas pelo autor

O planejamento com linha de balanço assume que o ritmo de cada serviço é constante ao longo da obra, simplificando, pois conforme Mattos (2010) existe uma curva de aprendizado, fenômeno em que a produtividade aumenta ao longo do tempo devido a um maior conhecimento do serviço.

6 CONCLUSÕES

O trabalho teve como objetivo identificar oportunidades de melhorias em relação ao prazo do processo de produção da supraestrutura de concreto armado em uma obra em Porto Alegre/RS. Esse objetivo foi atingido através do uso de quatro ferramentas de análise: do estudo do fluxo de atividades do processo que mapeou a sequência de execução do processo em que se pode alimentar os mapas de fluxo de valor; os mapas de fluxo de valor apontaram os problemas nos fluxos de informação e suas relações com seus tempos; os estudos dos processos que serviram como base de dados para a utilização das demais ferramentas; e as linhas de balanço que serviram como ferramenta de análise e comparação do cronograma da obra e cronograma propostos. A partir da análise, o estudo apontou para a implementação de melhorias no processo visando melhorar o fluxo de informação obtendo ganhos de prazo em relação ao cronograma inicial de obra.

Além disso, foram identificadas as atividades que não agregam valor e que podem ser reduzidas ou eliminadas do processo. O percentual dessas atividades esteve na faixa entre 26

a 37% impulsionados majoritariamente por tempos de transportes de materiais, correções em processos executados de forma incorretas e um mal sequenciamento entre atividades.

O estudo identificou problemas de sequenciamento e redirecionamento de mão de obra ao longo do processo, com grandes tempos de processamento, o que gerou atrasos na entrega de atividades e falta de frente de serviço para uma equipe. Soma-se a isso, a comprovação de um alto índice de atividades que não agregam valor, apontando para a ineficiência do sistema utilizado.

No estudo aplicou-se conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta contrapondo ao sistema de gestão tradicional, utilizado no canteiro de obras com intuito de padronizar atividades e implementar o fluxo contínuo para apoiar a eliminação e/ou redução de atividades que não agregam valor. Através de análises realizadas pode-se propor projeções de novos tempos de ciclo, e replanejou-se dezessete atividades através da linha de balanço, possibilitando um adiantamento de prazo em sete semanas.

A partir do trabalho realizado identificou-se uma oportunidade de desenvolvimento de novos estudos voltados a implementação do conceito da construção enxuta em processos de execução no setor da construção civil, em que se pode refinar e remodelar conceitos consolidados em outros setores.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. et al. Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BERNARDES, M. M. S. Desenvolvimento de Um Modelo de Planejamento e Controle da Produção Para Micro e Pequenas Empresas de Construção. Porto Alegre, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BULHÕES, I. R. Diretrizes Para Implementação de Fluxo Contínuo na Construção Civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta. 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009

BULHÕES; I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes Paraa Implementação de Fluxo Contínuo em Obras de Edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 205-223, out./dez. 2011.

COSTA, E. J. S. C Avaliação de Desempenho Logístico de Cadeias Produtivas Agroindustriais: um Modelo com Base no Tempo de Ciclo. 2002. 182fl. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2002.

- DE OLIVEIRA, Marcos Lucas et al. Proposta de ações baseadas nos 11 princípios leanconstruction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria–RS.Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 21) Ano 2016, 2016.
- DENNIS, P. Produção lean simplificada. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- ICHIHARA, J. A. Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
- ISATTO, E.L.; et al. Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE construção civil, Vol 5. KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford: Stanford University, 1992. (Technical Report, 72).
- LIKER, J. K.; MEIER, D. O Modelo Toyota: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e Controle de Obra. São Paulo, SP: Pini, 2010.
- MENDES JR., R; VARGAS, C. L. S. Programação de Obras com a Técnica de Linha de Balanço. Curitiba, 1999. Apostila do Curso de Programação de Obras. Curso de Especialização de Engenharia Civil - Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.
- MENEZES, Luís César de Moura. Gestão de projetos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MONDEN, Y. Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- PRADO, R. L. Aplicação e Acompanhamento da Programação de Obras em Edifícios de Múltiplos Pavimentos Utilizando a Técnica da Linha de Balanço. 140 f. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- PICCHI, Flávio Augusto. Oportunidades de aplicação do Lean Thinking na Construção. Ambiente Construído. Porto Alegre, 2003.
- REZENDE, J. S.; DOMINGUES, S. M. P.; MANO, A. P. Identificação das práticas da filosofia Lean Construction em Construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). Engevista, Niterói (RJ), v. 14, n. 3, p. 281-292, 2012.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1.3 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SAMANIEGO, C. A. Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização e Padronização Básica de Elementos de Trabalho: subsídios para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricados. 115 f. 2007. Tese (Mestrado em

Engenharia Civil) Escola de Engenharia, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

TARDIN, G. G. O Sistema Puxado e o Nivelamento da Produção. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

TUBINO, D.F. Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES K. T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine os desperdícios e crie riqueza. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.