

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PIETRA CAROLINA WAGNER

**INFLUÊNCIA DO PLANEJAMENTO NA EXECUÇÃO DE OBRAS RODOVIÁRIAS –
ESTUDO DE CASO NA AVENIDA SETEMBRINO EM URUGUAIANA/RS**

Porto Alegre

2022

PIETRA CAROLINA WAGNER

**INFLUÊNCIA DO PLANEJAMENTO NA EXECUÇÃO DE OBRAS RODOVIÁRIAS –
ESTUDO DE CASO NA AVENIDA SETEMBRINO EM URUGUAIANA/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador(a): Prof.^a M^a. Danielle de Souza Clerman Bruxel

Porto Alegre

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Maira e Eduardo, primeiramente, pelo privilégio de poder realizar e concluir um curso de graduação como a Engenharia Civil, e por todo carinho, e suporte que tive durante a execução deste trabalho, assim como em todos os outros momentos da minha vida.

Aos meus avós e meu irmão, que não medem esforços para me apoiar no que for preciso.

Ao meu namorado, Ricardo, que foi meu maior incentivador ao longo dessa jornada.

À minha orientadora, professora Danielle, que foi fundamental para que eu conseguisse concluir este trabalho com êxito.

Ao meu supervisor e orientador de fora da faculdade, Tiago, que foi quem me ensinou tudo que sei sobre planejamento de obras rodoviárias.

RESUMO

Obras rodoviárias são as que mais sofrem com atrasos para sua conclusão. Muito se discute sobre o planejamento em canteiro de obras para edificações, mas muito pouco se fala sobre planejamento rodoviário. Constatando esta falha, procurou-se adaptar os conceitos de planejamento já utilizados na construção civil, para que possam ser aplicados também ao setor rodoviário. O modelo de construção enxuta atualmente é o mais utilizado, que visa uma produção mais minimalista, com redução de insumos e, conseqüentemente, de desperdícios, muito gerados pelo setor da construção civil. Baseando-se nestes conceitos, este projeto propôs um planejamento de longo prazo para uma obra de implantação rodoviária, a ser executada na cidade de Uruguaiana/RS, utilizando o mínimo de recursos e otimizando a produção ao máximo. Dessa forma, equipes foram programadas para realizarem mais de um serviço, não havendo folga entre um serviço e outro, mantendo a produção constante durante todo o processo. Com isso, foi possível cumprir todos os prazos estabelecidos pelo contratante, reduzir gastos e obter maior lucro em menor tempo, reduzindo bruscamente o tempo de conclusão da obra, através de uma simples mudança de lógica de planejamento.

Palavras-chave: Construção Civil; Construção Enxuta; Obras Rodoviárias; Planejamento; Produção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Gantt.....	21
Figura 2 – Linha de Balanço.....	22
Figura 3 – Fluxograma da Metodologia de Pesquisa	29
Figura 4 – Localização da Avenida Setembrino em Uruguaiana/RS.....	30
Figura 5 – Local da Obra na Avenida Setembrino.....	31
Figura 6 – Projeto Geométrico da Avenida	31
Figura 7 – Perfil Transversal da Avenida	32
Figura 8 – Projeto Arquitetônico da Avenida	32
Figura 9 – Detalhe Estrutural do Pavimento da Avenida.....	32
Figura 10 – Detalhe da Drenagem do Pavimento da Avenida.....	33
Figura 11 – Planta das Formas – Projeção da Rótula.....	33
Figura 12 – Detalhamento do Pavimento da Rótula.....	34
Figura 13 – Estruturas do Planejamento	35
Figura 14 – Novo Planejamento de Tarefas (novembro/2021 a janeiro/2022)	46
Figura 15 – Novo Planejamento de Tarefas (fevereiro/2022 a março/2022)	46
Figura 16 – Novo Planejamento de Tarefas (abril/2022 a maio/2022)	47
Figura 17 – Novo Planejamento de Equipes (novembro/2021 a janeiro/2022)	48
Figura 18 – Novo Planejamento de Equipes (fevereiro/2022 a março/2022)	48
Figura 19 – Novo Planejamento de Equipes (abril/2022 a maio/2022)	49
Figura 20 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (novembro/2021 a janeiro/2022)	50
Figura 21 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (fevereiro/2022 a março/2022)	50
Figura 22 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (abril/2022 a junho/2022)	50
Figura 23 – Planejamento de Equipes da Empresa Executora (novembro/2021 a janeiro/2022)	52
Figura 24 – Planejamento de Equipes da Empresa Executora (fevereiro/2022 a março/2022)	52
Figura 25 – Planejamento de Equipes da Empresa Executora (abril/2022 a junho/2022)	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantidade por Estrutura	37
Quadro 2 – Duração das Atividades.....	37
Quadro 3 – Produtividade por Tarefa	38
Quadro 4 – Prazos de Conclusão da Obra	41
Quadro 5 – Comparação com o Cronograma Executivo	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estruturas do Planejamento	35
Tabela 2 – Tarefas do Planejamento	36
Tabela 3 – Cronograma Executivo da Obra (Parte 1/2)	39
Tabela 4 – Cronograma Executivo da Obra (Parte 2/2)	40
Tabela 5 – Tempo de Execução.....	42
Tabela 6 – Equipes de Produção	44

LISTA DE SIGLAS

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LoB	Linha de Balanço
LPS	Last Planner System
LSM	Linear Scheduling Model
PPC	Porcentagem do Planejamento Concluído
RS	Rio Grande do Sul
RSM	Repetitive Scheduling Method
STP	Sistema Toyota de Produção
TOC	Teoria das Restrições

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Delimitação do tema	11
1.2 Problema	11
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo geral	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Justificativa	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 A Importância do Planejamento	13
2.2 Planejamento e Controle da Produção	15
2.3 Modelos de Planejamento	17
2.3.1 Sistema Toyota de Produção	18
2.3.2 Lean Construction	18
2.3.3 Last Planner System	20
2.3.4 Diagrama de Gantt	20
2.3.5 Linha de Balanço.....	21
2.4 Lógicas de Gestão da Produção	23
2.4.1 Planejamento de Longo Prazo	24
2.4.2 Planejamento de Médio Prazo	25
2.4.3 Planejamento de Curto Prazo	26
2.5 Causas de Atrasos em Obras Rodoviárias	26
3 METODOLOGIA	29
3.1 Caracterização da Pesquisa	29
3.2 Coleta de Dados	30
3.2.1 Estruturas	34
3.2.2 Tarefas	36
3.2.3 Quantidades	36
3.2.4 Produtividade	37
3.2.5 Cronograma Executivo	38
3.2.6 Tempo	41
3.3 Análise de Dados	42
3.3.1 Caminho Crítico.....	43

3.3.2 Equipes de Produção	43
4 RESULTADOS.....	45
4.1 Novo Planejamento	45
4.2 Planejamento Realizado pela Empresa Executora	49
4.3 Comparativo com o Cronograma Executivo	54
5 CONCLUSÃO	57
5.1 Sugestões para Pesquisas Futuras	58
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo aprimoramento nos processos de planejamento de obras civis se torna necessária à medida que se constata uma demora excessiva em tais processos, além de significativos impactos gerados por este setor. O setor da construção civil é conhecido por gerar elevado desperdício de insumos e produção exacerbada, que geram impactos ambientais consideráveis. Somado a isto, os empreendimentos que mais demoram a ser concluídos são obras rodoviárias, devido a diversos fatores, como situação política, licenças ambientais, clima desfavorável, desapropriações, entre outros.

Visando resolver tais problemas, buscou-se aperfeiçoar sistemas de planejamento, de forma que viessem a reduzir desperdício de insumos, de custos e de lucro, tanto para o contratado, como para o contratante. O Sistema Toyota de Produção foi pioneiro na elaboração de um sistema que buscava produzir somente o necessário, sem grandes estoques, a fim de gerar menor desperdício.

Anos depois, Koskela (1992) utilizou o Sistema Toyota de Produção como base para desenvolver os princípios do *Lean Construction* ou Construção Enxuta. Este modelo é especialmente dedicado ao setor da construção civil e tem como objetivo eliminar processos desnecessários na execução de serviços.

A aplicação deste sistema em obras rodoviárias ainda é muito escassa e pouco explorada, isto porque existem diferenças significativas entre a execução de um edifício e de um empreendimento rodoviário. A ordem de execução de um edifício será sempre de baixo para cima, enquanto uma rodovia não precisa necessariamente seguir este curso.

Esta divergência abre portas para diversas possibilidades dentro do setor de planejamento de obras rodoviárias. É possível utilizar os sistemas já conhecidos, como a Construção Enxuta, a fim de reduzir o período de conclusão de uma obra rodoviária, assim como reduzir custos relacionados a esta.

A comparação de um planejamento usual com um planejamento de obras rodoviárias utilizando conceitos da Construção Enxuta promove a visualização do tempo de conclusão reduzido. Também promove a redução de insumos e de funcionários necessários em obra, o que, conseqüentemente, pode reduzir custos e aumentar lucro, através da produtividade aprimorada.

1.1 Delimitação do tema

As delimitações do tema são as seguintes:

- Este projeto delimita-se à análise de projetos e processos executivos, não considerando os custos relacionados à obra.
- Este projeto não leva em consideração o tempo gasto com transporte de pessoal ou de insumos.
- Delimita-se ao planejamento de longo prazo, não referindo-se aos planejamentos de médio e curto prazo.
- Os dados utilizados como parâmetro delimitam-se a informações de uma obra rodoviária urbana na cidade de Uruguaiana/RS referente ao período de novembro de 2021 a junho de 2022.

1.2 Problema

Como prover um planejamento mais eficaz e com máximo aproveitamento de recursos em uma obra rodoviária?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este projeto tem como objetivo propor um novo modelo de planejamento para obras rodoviárias, com máxima otimização de recursos, a fim de reduzir significativamente o tempo de execução.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) Identificar quais as principais causas de atrasos e problemas em obras rodoviárias;
- b) Propor, utilizando o conceito da construção enxuta, um planejamento eficaz que reduza ou elimine estes problemas.
- c) Analisar os impactos do planejamento proposto em um estudo de caso.

1.4 Justificativa

O setor da construção civil já possui diversos estudos tratando-se de planejamento de obras, principalmente abordando modelos de atividades repetitivas, como é o caso das edificações. Porém, muito pouco se encontra, na literatura atual, sobre modelos de planejamento para obras rodoviárias, apesar de serem os empreendimentos que mais sofrem com atrasos para sua conclusão.

A maioria dos modelos conhecidos sugerem um planejamento usual, seguindo do 1º pavimento de uma edificação até o último, porém em obras rodoviárias o planejamento funciona de forma diferenciada pois não existe a necessidade de seguir uma ordem pré-estabelecida similar às construções verticais comuns. O clima é algo também pouco levado em consideração nos demais trabalhos, sendo que em obras rodoviárias ele é um fator decisivo para a produção.

Desta forma, verifica-se a necessidade de um aprofundamento na área da construção civil, mais especificamente no setor rodoviário, visando a mais rápida e eficiente conclusão dos serviços, considerando diversos aspectos como volume de terras e influência de chuvas. Analisando os fatos, busca-se propor um planejamento que otimize recursos e adiante os processos na área de obras rodoviárias, visando a mais rápida e eficiente conclusão do empreendimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir são apresentadas as principais referências teóricas que serviram de base para os resultados apresentados no projeto.

2.1 A Importância do Planejamento

Uma infraestrutura rodoviária de qualidade é essencial para a economia de um país. No Brasil, o transporte rodoviário é responsável pela movimentação de mais de 60% das mercadorias e mais de 90% dos passageiros (CNT, 2018).

Segundo López (2021), a América Latina é composta pelos países subdesenvolvidos com os maiores níveis de urbanização e clara predominância do transporte rodoviário - cerca de 90% - em comparação com o ferroviário. Em contrapartida, apenas 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada. A frota de veículos, por sua vez, aumentou 63,6% no período de 2009 a 2017 (CNT, 2018).

Atualmente, os investimentos no setor rodoviário na América Latina chegam a US\$ 28,5 bilhões anuais, o que representa uma parcela de aproximadamente 1% do PIB. Porém, para atingir as médias mundiais até 2040, a região precisaria do triplo deste valor, cerca de US\$ 100 bilhões anualmente (LÓPEZ, 2021).

O ano de 2021 já se caracteriza como o período com menor investimento público em infraestrutura de transportes das últimas duas décadas. Dessa forma, 55 mil quilômetros de estradas federais terão capital apenas para realizar pequenas manutenções (BORGES, 2021).

De acordo com López (2021),

Ao se analisar o setor em particular, fica claro que há déficits muito acentuados na identificação, priorização e desenho dos projetos rodoviários. Da mesma forma, a eficiência da construção é baixa. Estima-se, por exemplo, que a construção de um quilômetro de estrada na América Latina pode ser até cinco vezes mais cara do que na União Europeia.

O maior retorno econômico para o país é gerado através de projetos rodoviários, pois contribuem até três vezes mais para o crescimento do que o investimento em outros modos, como portos, aeroportos ou ferrovias. Ainda assim, o setor rodoviário recebe mínimo investimento dos órgãos públicos. Diante destes dados, verifica-se a necessidade de buscar alternativas que gerem menos desperdício e otimizem a produção nesta área (LÓPEZ, 2021).

Nesse contexto, tem-se procurado adaptar conceitos, métodos e técnicas de planejamento, inicialmente desenvolvidos para ambientes de produção industrial, ao setor da construção civil (BERNARDES, 2003).

Laufer (1990) apontou motivos pelos quais é necessário realizar o planejamento de obras:

- Obter uma melhor compreensão dos objetivos e, assim, maximizar a probabilidade de alcançá-los;
- Definir todo o trabalho necessário para que cada participante do projeto possa identificar e planejar sua parcela de trabalho, ou seja, o planejamento atual facilita o planejamento eficaz no futuro;
- Desenvolver uma base para um orçamento e cronograma precisos, facilitando a aprovação do projeto em diferentes marcos;
- Permitir uma melhor coordenação e integração vertical e horizontal (multifuncional), além de produzir informações para a tomada de decisão mais consistente;
- Evitar decisões erradas futuramente, ao investigar as consequências das decisões atuais;
- Melhorar o desempenho ao considerar e analisar processos alternativos;
- Acelerar a resposta para mudanças futuras;
- Fornecer um parâmetro para monitorar, revisar e controlar a execução do projeto;
- Explorar a experiência adquirida na gestão e execução de projetos em um processo de aprendizagem sistemático.

Além destes motivos, são inúmeros os benefícios gerados pela implementação do sistema de planejamento e controle da produção, tais como (BERNARDES, 2003):

- Estabelecer um referencial teórico para discussões entre pesquisadores da área de planejamento e controle da produção, contribuindo, assim, para o desenvolvimento dessa área de conhecimento;
- Orientar empresas para o desenvolvimento de seus sistemas de planejamento e controle da produção;
- Estabelecer uma visão clara de como o planejamento pode ser hierarquizado entre diferentes níveis gerenciais;

- Definir o papel dos setores que devem participar do processo de planejamento e controle da produção;
- Facilitar a identificação de fatores que contribuam para um processo de implementação bem sucedido.

2.2 Planejamento e Controle da Produção

Dentre as diversas definições da palavra “planejamento”, no caso em questão, este pode ser descrito como um processo de tomada de decisão que resulta em um conjunto de ações necessárias a fim de levar a etapa inicial de um empreendimento a um resultado desejado (SYAL et al, 1992). Formoso (1991) apresenta ênfase ao controle da produção simultâneo ao planejamento, e define este como ‘o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle’. Ballard e Howell (1996) afirmam que o controle é necessário para garantir o cumprimento das metas estabelecidas no processo de planejamento, facilitando a preparação de planos futuros.

A elaboração de um planejamento pode ser dividido nas seguintes etapas ou processos (LAUFER et al, 1994):

1. A tomada de decisão – para decidir o quê e quando executar ações futuramente;
2. Integração de decisões interdependentes – configurando assim um sistema que busca cumprir os objetivos do empreendimento;
3. Processo hierárquico – envolvendo a formulação de diretrizes e objetivos, através da consideração dos meios e restrições que levam a um detalhado curso de ações;
4. Processo que inclui diversas atividades compreendendo a busca de informações e sua análise, desenvolvimento de alternativas, análise e avaliação das mesmas e escolha da solução;
5. Análise do emprego sistemático de recursos, em seus vários níveis de desenvolvimento;
6. Apresentação documentada, em forma de planos.

A ineficácia verificada frequentemente em processos de planejamento, levou à reformulação destes, que se apresentaram ultrapassados. Bernardes (2003), pontua as principais causas da ineficácia, exploradas por diversos autores:

- O planejamento da produção não é encarado como processo gerencial e utiliza informações pouco consistentes ou baseadas somente na experiência e intuição de gerentes (LAUFER e TUCKER, 1987). Porém, o mais efetivo seria basear-se em fatos, como índice de produtividade e problemas já ocorridos anteriormente;
- O controle, geralmente, é baseado na troca de informações verbais do engenheiro com o mestre de obras, visando a um curto prazo de execução e sem vínculo com o plano de longo prazo, resultando, muitas vezes, na utilização ineficiente de recursos (FORMOSO, 1991). Ao utilizar um sistema interno de controle, todos os funcionários envolvidos com o empreendimento receberiam a informação em tempo real, evitando desperdício;
- O controle direcionado para o empreendimento busca acompanhar apenas o desempenho global e o cumprimento de contratos, não se preocupando nas análises específicas de cada unidade produtiva. Como efeito, tornam-se difíceis a identificação de problemas no sistema de produção e a definição de ações corretivas (BALLARD e HOWELL, 1997). Ao dividir-se os serviços em diferentes equipes de execução, facilita-se a identificação de problemas;
- A incerteza, inerente ao processo de construção, é frequentemente negligenciada, não sendo realizadas ações no sentido de reduzi-la ou de eliminar seus efeitos nocivos (COHENCA et al, 1989). Isso pode ser evidenciado, principalmente, em situações nas quais os planos de longo prazo são muito detalhados. Nesses planos, a não-consideração da incerteza e o excessivo detalhamento podem resultar em constantes atualizações dos mesmos (LAUFER e TUCKER, 1988). Ao realizar o planejamento de médio e curto prazo, é necessário considerar fatores extrínsecos à execução, como o clima, que pode atrasar o cronograma.
- Com frequência, existem falhas na implementação de sistemas computacionais para planejamento, por vezes adquiridos e inseridos em um ambiente organizacional, sem antes haver a identificação das necessidades de informações de seus usuários (LAUFER e TUCKER, 1987). Em geral, sem essa identificação, os sistemas produzem um grande número de dados irrelevantes ou desnecessários (LAUFER e TUCKER, 1987), que normalmente indicam, apenas, desvios nas metas planejadas em relação às executadas e não as causas que provocaram tais desvios (SANVIDO e PAULSON, 1992). A implementação de sistemas de controle de produção específicos para a área de construção civil é fundamental para a correção dos problemas;
- Existem dificuldades de se mudar as práticas profissionais dos funcionários envolvidos com o planejamento, pois sua formação abordou apenas técnicas de preparação de planos, negligenciando as demais etapas do processo, como a coleta de informações e a difusão dos planos (LAUFER e TUCKER, 1987; OGLESBY, 1989). Além disso, parte desses funcionários obtém experiência prática em empresas com profissionais que assumem a postura

de tomar decisões rapidamente, tendo por base apenas suas experiências e intuições, sem desenvolver um planejamento adequado (FORMOSO et al, 1999). Reforça-se a importância do planejamento prévio, baseado em dados formais da empresa.

Dessa forma, verifica-se que o conceito de planejamento ainda pode ser amplamente explorado no setor da construção civil, a fim de reduzir o excessivo desperdício de recursos apresentado por esta indústria.

2.3 Modelos de Planejamento

Diversas teorias e modelos de planejamento foram desenvolvidos para a área da construção civil ao longo dos anos, porém poucas foram aplicadas a obras rodoviárias, sendo o uso mais comum para canteiro de obras e edificações.

As obras rodoviárias se enquadram em modelos de planejamento com atividades repetitivas ou lineares. Alguns exemplos de modelos desenvolvidos dentro deste conceito são a Linha de Balanço (Line of Balance – LoB), Repetitive Scheduling Method (RSM) e o Linear Scheduling Model (LSM) (WAGNER, 2019). A Teoria das Restrições (TOC) também foi utilizada como um meio para reduzir o “lead time” ou tempo de atravessamento no setor da construção civil (WAGNER, 2019 apud COX III & SCHLEIER JR, 2013).

A crescente ascensão de estudos sobre modelos de planejamento vêm exigindo mudanças estruturais e de comportamento dentro das empresas, tanto nos processos de produção como nos procedimentos administrativos e gerenciais, a fim de se alcançar soluções para modernizar processos, melhorar a qualidade e reduzir o preço dos produtos (BERNARDES, 2003). Baseando-se em tais estudos, foi possível verificar que os ganhos de prazos gerados por estas teorias não estão relacionados ao aumento de quantidade ou de capacidade dos recursos utilizados nas atividades, mas à alteração na lógica de programação dos sistemas de produção (WAGNER, 2019).

A seguir, são apresentados alguns dos principais modelos de planejamento e controle da produção que auxiliaram na elaboração deste trabalho.

2.3.1 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu no final da década de 1970, no Japão, ao final da Segunda Guerra Mundial, através da necessidade de tornar a produção mais eficiente, pois muitos setores industriais estavam experimentando profundas modificações na organização de suas atividades produtivas (BERNARDES, 2003; FORMOSO, 2000). Este foi responsável por uma significativa redução no tempo de produção de automóveis, sendo, posteriormente, adaptado a diversas áreas da indústria, estabelecendo, assim, um novo paradigma de gestão da produção (FORMOSO, 2000; WAGNER, 2019).

Ohno (1997) cita estes como os princípios básicos do STP (WAGNER, 2019):

- Redução da variabilidade dos processos, mantendo-se um ritmo constante de entrega, chamado de takt-time.
- Redução dos lotes de transferência e dos tempos de setup para flexibilizar a produção;
- Redução dos estoques em processo e, conseqüentemente, redução do tempo de atravessamento.

2.3.2 Lean Construction

A Lean Construction ou Construção Enxuta é um movimento que foi adaptado para o setor da construção civil, a partir dos princípios do STP. Koskela (1992) foi o pioneiro desta teoria (WAGNER, 2019). Womack et al (1992) explica que

A produção enxuta é 'enxuta' por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.

Este movimento tem como principal objetivo eliminar qualquer tipo de trabalho que seja considerado desnecessário na produção de um determinado bem ou serviço, sendo assim denominado perda. A perda pode ser definida como qualquer elemento (atividade ou não atividade) que gera custos mas que não agrega ou adiciona valor ao produto/serviço (BERNARDES, 2003; ANTUNES JUNIOR, 1999).

Segundo Koskela (1992), atividades que agregam valor – denominadas atividades de conversão ou processamento – são aquelas que convertem material e/ou informação direcionada a atender aos requisitos dos clientes; já aquelas que não agregam valor consomem tempo, recursos ou espaço, mas não contribuem para atender aos requisitos dos clientes. Verificou-se que as atividades que não agregam valor têm dominado a maioria dos processos produtivos, e que apenas 3 a 20% das etapas envolvidas nos processos agregam valor ao produto (KOSKELA, 1992 apud CIAMPA, 1991).

Dessa forma, definiu-se os princípios básicos da Lean Construction (KOSKELA, 1992):

1. Reduzir a proporção de atividades que não agregam valor;
2. Aumentar a receita pela avaliação sistemática dos requisitos dos clientes;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar reduzindo o número de passos e peças;
6. Aumentar a flexibilidade das saídas;
7. Aumentar a transparência dos processos;
8. Concentrar os controles no processo como um todo;
9. Melhoria contínua dos processos;
10. Balancear as melhorias de fluxo com as melhorias nas conversões;
11. Benchmark – busca de melhorias práticas de gestão.

A partir de tais princípios, Koskela (1992) explica que o ambiente produtivo é composto por atividades de conversão e de fluxo. Enquanto as primeiras agregam valor ao processo, o gerenciamento das atividades de fluxo – de transporte, movimentação ou espera – é essencial na busca do aumento dos índices de desempenho dos processos produtivos (KOSKELA, 1992). Sem a compreensão dos efeitos das atividades de fluxo na produção, torna-se difícil tomar decisões que venham a minimizar ou eliminar causas de desvios nos planos (BERNARDES, 2003 apud BALLARD e HOWELL, 1996).

O processo de planejamento e controle da produção com o foco na Lean Construction, visando reduzir atividades de movimentação, inspeção e espera, bem como aquelas que consomem tempo mas não agregam valor ao cliente final, e uma proposta de desenvolvimento e implementação de sistemas de planejamento e

controle da produção dentro das empresas é essencial para a redução do desperdício existente na indústria da construção (BERNARDES, 2003).

2.3.3 Last Planner System

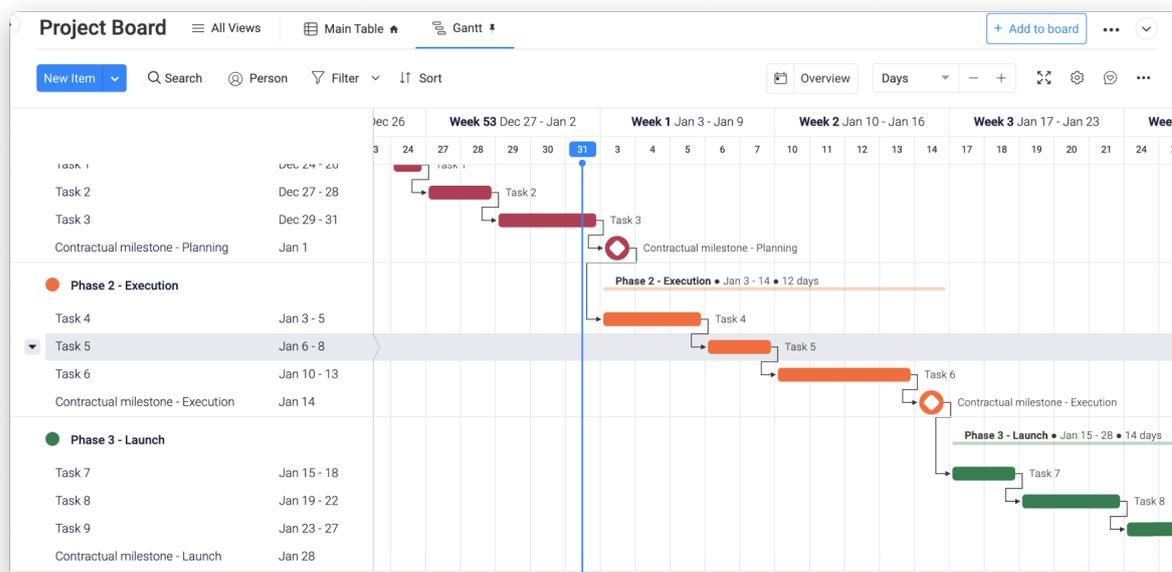
O Last Planner System (LPS) é um modelo de planejamento desenvolvido por Ballard (2000) com o objetivo de melhorar a programação e o controle na construção civil, baseado nos princípios da Lean Construction, e refere-se à cadeia hierárquica de planejamento – longo, médio e curto prazo (WAGNER, 2019). De acordo com este, as atuais sistemáticas de planejamento são normalmente baseadas na decomposição das principais atividade e tratadas de forma independente, enquanto que, na prática, elas possuem relação uma com a outra (WAGNER, 2019).

2.3.4 Diagrama de Gantt

O cronograma de barras, ou Diagrama de Gantt, foi desenvolvido por Henry L. Gantt em 1917, e é comumente utilizado para o planejamento de obras rodoviárias (ABRAM, 2001; MUBARAK, 2010). Ele tornou-se popular devido à representação gráfica das atividades em uma escala de tempo (MUBARAK, 2010).

Para traçar o gráfico, o projeto deve ser subdividido em um número de atividades que possam ser facilmente medidas e controladas sem ser excessivamente detalhado. Com a duração estimada de cada atividade, desenham-se as barras para representar durações e datas de início e fim (figura 1). Porém, neste gráfico, normalmente não são representadas as ligações entre as atividades (MUBARAK, 2010).

Figura 1 – Diagrama de Gantt

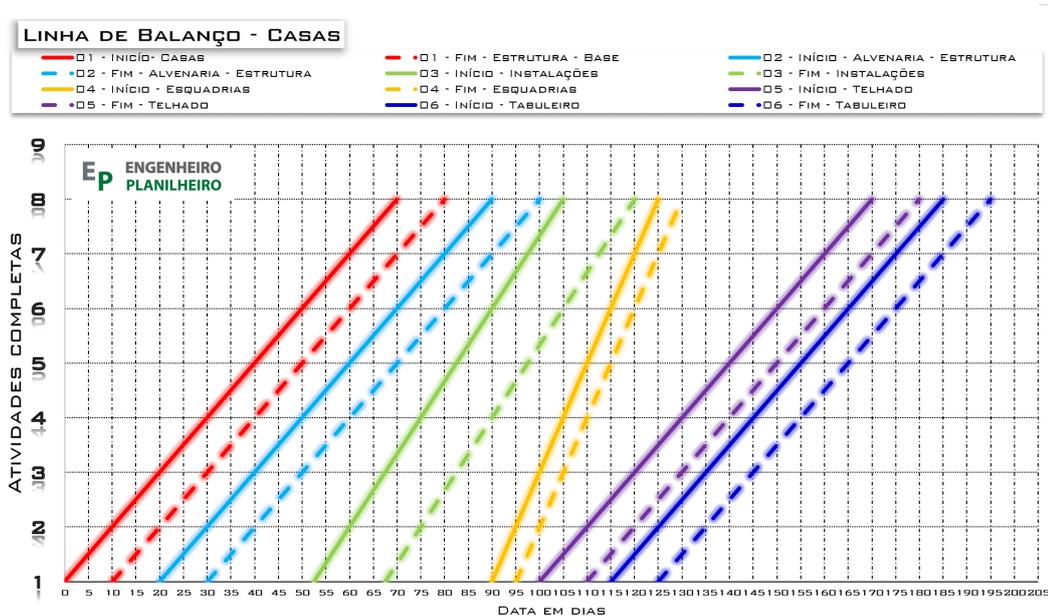


Fonte: Monday.com (2021)

2.3.5 Linha de Balanço

Criado em 1942 pelo Departamento da Marinha Americana, o modelo de planejamento da Linha de Balanço (LoB) é o mais utilizado nos dias atuais (SUHAIL & NEALE, 1994). Esta técnica é recomendada para obras com atividades repetitivas, como é o caso de obras rodoviárias, e consiste em um gráfico cujo eixo vertical representa as unidades acumuladas do produto a serem executadas e o eixo horizontal representa o tempo (período de execução) (WAGNER, 2019). Cada atividade é representada por uma linha horizontal posicionada na altura da unidade a ser executada, iniciando na projeção da data de início e terminando na projeção da data estimada para seu final (figura 2) (WAGNER, 2019). Para aplicação da técnica, deve-se conhecer a quantidade de serviços que serão executados e a produtividade das equipes. Essas informações são necessárias para dimensionar as equipes executoras. A simulação das linhas de produção de todo o processo permite a análise das interferências entre as atividades e seu balanceamento, de forma a se poder executar todas as atividades continuamente (MENDES, 1999).

Figura 2 – Linha de Balanço



Fonte: Engenheiro Planilheiro

Dentre as vantagens do uso da LoB, pode-se citar: a capacidade de visualização geral da programação das atividades, apontando de maneira intuitiva a localização e o período de execução e o grau de produtividade de cada atividade, facilitando a identificação de atrasos ou desbalanceamentos na produção (WAGNER, 2019 apud SUHAIL & NEALE, 1994). Em contrapartida, uma desvantagem verificada por Arditi & Albulak (1986) foi a dificuldade de interpretação em projetos com muitas atividades, o que torna os gráficos muito complexos (WAGNER, 2019).

Arditi e Albulak (1986) realizaram um estudo de aplicação da LoB a obras rodoviárias, e chegaram às seguintes conclusões (WAGNER, 2019):

- Imprecisões nas taxas de produtividade geram grandes desvios nas projeções, devido ao efeito da repetição;
- Naquele estudo foram necessárias 58 atividades para a execução de 1 km do projeto, o que demandaria 5.800 atividades para o planejamento de 100 km daquele tipo de obra em diagramas de rede, tornando impraticável o seu uso neste tipo de projetos;
- O grau de detalhamento da Linha de Balanço precisa ser cuidadosamente avaliado para não tornar o gráfico ilegível nem pobre demais, principalmente com atividades com produtividades similares;

- As linhas das atividades estão intimamente ligadas ao uso dos recursos nos projetos;
- Melhora a análise do uso das folgas entre as atividades;
- Ao contrário do Diagrama de rede, é fácil de mostrar o progresso do projeto no gráfico da Linha de Balanço.

2.4 Lógicas de Gestão da Produção

Como já constatado anteriormente, para obter um planejamento eficiente é necessário mudar as lógicas de gestão. Um planejamento usual andaria pela ordem crescente de execução, por exemplo, do Km 1 ao Km 10, porém, para obter o melhor uso dos recursos, deve-se desconstruir esta lógica, pois, para obras rodoviárias, não é necessário que os lotes sejam executados em ordem, como um edifício, por exemplo. Diante disso, coleta-se algumas informações já constatadas por engenheiros experientes, para realizar a melhor estratégia de planejamento para a obra.

Obras rodoviárias são empreendimentos denominados como repetitivos. Isto porque existem tarefas que se repetem em diversos locais, como a terraplenagem, base de brita, asfalto, etc. A informação do local onde cada atividade deve ser executada é de suma importância pois todas as atividades antecessoras a ela precisam estar finalizadas no mesmo local, a fim de que se obtenha um cronograma sem ociosidade de equipes. Esta deve ser definida no planejamento de longo prazo e confirmada no curto prazo (WAGNER, 2019).

As rodovias são formadas por camadas de materiais que vão sendo espalhadas e compactadas, uma sobre a outra, sucessivamente, ao longo do trajeto, até alcançar a cota projetada. A medida que a camada se aproxima da superfície final da rodovia, os requisitos de resistência do material utilizado crescem até atingir as camadas selantes finais. De forma geral, estas camadas podem ser classificadas em 4 tipos, de acordo com o material e do processo envolvido: Terraplenagem, Sub-Base, Base e Pavimento. A terraplenagem é normalmente executada com solos locais, composta por um diferente número de camadas com o objetivo de conformar o terreno natural ao projeto da estrada. As atividades que se sobrepõem à terraplenagem (a sub-base, a base e o pavimento) são costumeiramente constituídas de pedras britadas, com espessuras constantes, e são chamadas de serviços de pavimentação. (WAGNER, 2019, p. 34)

Mobilizações constituem grande parte do tempo gasto em obras rodoviárias. Estas envolvem o transporte de equipamentos e insumos, locações topográficas e inspeções de controle de qualidade realizadas a cada nova camada da rodovia (WAGNER, 2019). Shingo (1996) aponta que os períodos de espera influenciam diretamente no tempo de conclusão, e são proporcionais ao tamanho dos lotes de trabalho, por isso salienta-se que os tamanhos dos lotes devem ser os menores possíveis para evitar longos períodos de espera, porém também evitando constantes mobilizações.

A identificação do caminho crítico é importante pois determina a tarefa que, caso tenha a execução atrasada, conseqüentemente, atrasará todos os serviços subsequentes. Na maioria das obras rodoviárias, o caminho identificado como crítico é a terraplenagem, por ser o de mais longa duração no planejamento.

A primeira característica apontada para o início dos serviços é que todas as licenças e entraves já estejam resolvidos, para evitar problemas futuros, além de que se realize a obra em períodos de menos chuvas, já que estas são grandes causadoras de atrasos na produção (ABRAM, 2001; WAGNER, 2019). Após toda burocracia resolvida, aponta-se que o início dos serviços de terraplenagem deve ser determinado pelos locais com menor densidade de serviço, pela disponibilidade de materiais de compensação, ou próximo de jazidas (WAGNER, 2019).

Devido às diversas incertezas presentes no processo construtivo, salienta-se que os planos devem ser preparados em diferentes níveis, com grau de detalhe apropriado (LAUFER e TUCKER, 1988; FORMOSO, 1991). Segundo Laufer e Tucker (1988), o grau de detalhe deve variar de acordo com o horizonte de planejamento, crescendo conforme a proximidade de execução. Planos que contêm muitos detalhes não são recomendados, pois podem se tornar inexecutáveis na prática, devido à constante necessidade de adaptação destes (LAUFER e TUCKER, 1988).

2.4.1 Planejamento de Longo Prazo

O plano de longo prazo é denominado de Plano Mestre. Este é destinado à alta gerência, de forma a mantê-la informada sobre as atividades que estão sendo realizadas, e deve apresentar um baixo grau de detalhes, a fim de facilitar a identificação dos objetivos principais do empreendimento (BERNARDES, 2003; LAUFER, 1997; TOMMELEIN e BALLARD, 1997).

O objetivo deste plano é orientar o administrador da obra sobre aspectos como projeções de gastos, recursos necessários, encomenda de materiais ou equipamentos que possuem longos prazos de entrega, além de apresentar o primeiro possível dimensionamento dos ritmos de execução (WAGNER, 2019 apud BALLARD, 1997). Oglesby et al (1989) afirma que poucos construtores se aventuram a iniciar a obra sem preparar este plano, mesmo que de maneira informal.

2.4.2 Planejamento de Médio Prazo

O plano de médio prazo apresenta um horizonte de análise que varia de 2 semanas a 3 meses, dependendo da complexidade da obra, e tem como objetivo principal identificar e eliminar as restrições que podem estar impedindo o fluxo contínuo de serviço (BERNARDES, 2003; TOMMELEIN, 1998). Neste plano, as atividades são decompostas em pacotes de trabalho, definindo a ordem de produção e adequando com a capacidade de cada equipe, métodos de trabalho são detalhados e a aquisição de materiais programada (BERNARDES, 2003).

Este é considerado um segundo nível de planejamento tático, que busca vincular as metas programadas no plano mestre com as do curto prazo, além de ser um elemento fundamental para a melhoria da eficácia do planejamento a curto prazo e, conseqüentemente, para a redução de custos e durações (BALLARD, 1997; FORMOSO et al, 1999). É através deste que os fluxos de trabalho são analisados, visando uma ordem que reduza ou elimine a parcela de atividades que não agregam valor (BERNARDES, 2003).

Além de tais atribuições, o planejamento de médio prazo pode servir para outras funções, como (BALLARD, 1997):

- Adequar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho proposto;
- Auxiliar na identificação de tarefas que podem ser executadas de maneira conjunta entre mais de uma equipe de produção;
- Identificar um estoque de pacotes de trabalho que poderão ser executados caso haja algum problema com os pacotes previamente designados às equipes de produção.

2.4.3 Planejamento de Curto Prazo

O monitoramento de curto prazo pode ser diário, semanal ou quinzenal, e deve ser desenvolvido com o intuito de proteger a produção contra os efeitos da incerteza, por exemplo, traçando metas passíveis de serem atingidas (BALLARD e HOWELL, 1997).

No final do ciclo adotado (diário, semanal ou quinzenal), deve ser realizado o monitoramento das metas executadas e o registro das causas pelas quais as mesmas não foram cumpridas conforme o planejado. A Percentagem do Planejamento Concluído (PPC) é um indicador de produtividade, calculado através da razão dos pacotes de trabalhos completados pelos totais planejados, e também deve ser calculado, a fim de garantir o comprometimento das equipes com a conclusão das tarefas (BERNARDES, 2003; WAGNER, 2019).

Tais demandas do plano de curto prazo são necessárias para criar objetivos que possam ser cumpridos, como especificado a seguir (BALLARD e HOWELL, 1997):

- Definição: os pacotes de trabalho devem estar suficientemente especificados para definição do tipo e da quantidade de material a ser utilizado, sendo possível identificar claramente, ao término da semana, aqueles que foram completados;
- Disponibilidade: os recursos necessários devem estar disponíveis quando forem solicitados;
- Sequenciamento: os pacotes de trabalho devem ser selecionados, observando um sequenciamento necessário para garantir a continuidade dos serviços desenvolvidos por outras equipes de produção;
- Tamanho: o tamanho dos pacotes designados para a semana deve corresponder à capacidade produtiva de cada equipe de produção;
- Aprendizagem: os pacotes que não foram completados nas semanas anteriores e as reais causas do atraso devem ser analisados, de forma a se definir as ações corretivas necessárias, assim como identificar os pacotes passíveis de serem atingidos.

2.5 Causas de Atrasos em Obras Rodoviárias

A grande maioria das obras rodoviárias costuma apresentar atrasos no prazo de execução. Este é um fator recorrente e envolve tanto aspectos relacionados à execução dos serviços quanto aspectos imprevisíveis, como o clima do local. A

seguir, são apresentadas algumas das causas mais comuns de atrasos em obras do setor rodoviário.

Entre os problemas relacionados à engenharia e gestão da obra estão (WAGNER, 2019):

- Atraso na mobilização;
- Baixa performance dos sub-contratados;
- Baixa produtividade;
- Deficiências de planejamento;
- Deficiências no controle dos recursos;
- Equipamentos impróprios;
- Falha no gerenciamento e supervisão da obra;
- Falta de equipamentos;
- Falta de habilidade dos operadores;
- Inexperiência do executor;
- Materiais inadequados ou de baixa qualidade;
- Problemas de comunicação entre os envolvidos;
- Retrabalhos.

Muitos dos problemas relatados podem ser resolvidos através de um sistema eficiente de planejamento, como a agilidade de mobilização, controle de recursos e problemas de comunicação. Em contrapartida, existem empecilhos que não dependem da gestão, mas ainda assim podem ser incluídos no planejamento, se considerada uma pequena “margem de erro” para possíveis imprevistos. Os principais aspectos extrínsecos à execução envolvem (WAGNER, 2019):

- Atividades de conferência topográfica e de laboratório, devido à utilização de métodos antigos e defasados;
- Burocracia dos agentes envolvidos;
- Atraso nas desapropriações;
- Atrasos no pagamento pelo patrocinador do projeto;
- Condições climáticas – como os serviços são realizados ao ar livre, necessita-se de um clima favorável, sem chuva ou extremo frio, que impossibilita a aplicação de asfalto;
- Contratação do projeto pelo menor preço – eventualmente pode levar à não conclusão do serviço por falta de recursos;

- Demora no licenciamento de jazidas;
- Erros na investigação do solo;
- Excesso de fiscalização – como supervisão técnica, ambiental, IBAMA, Iphan, Ministério do Trabalho, Auditoria Interna do DNIT, Controladoria Geral da União e Tribunal de Contas da União –, que contribui para a desconcentração das equipes e dificulta o andamento do serviço;
- Indisponibilidade de materiais – falta de matéria prima para a fabricação do asfalto, por exemplo;
- Projeto deficiente;
- Situação política.

3 METODOLOGIA

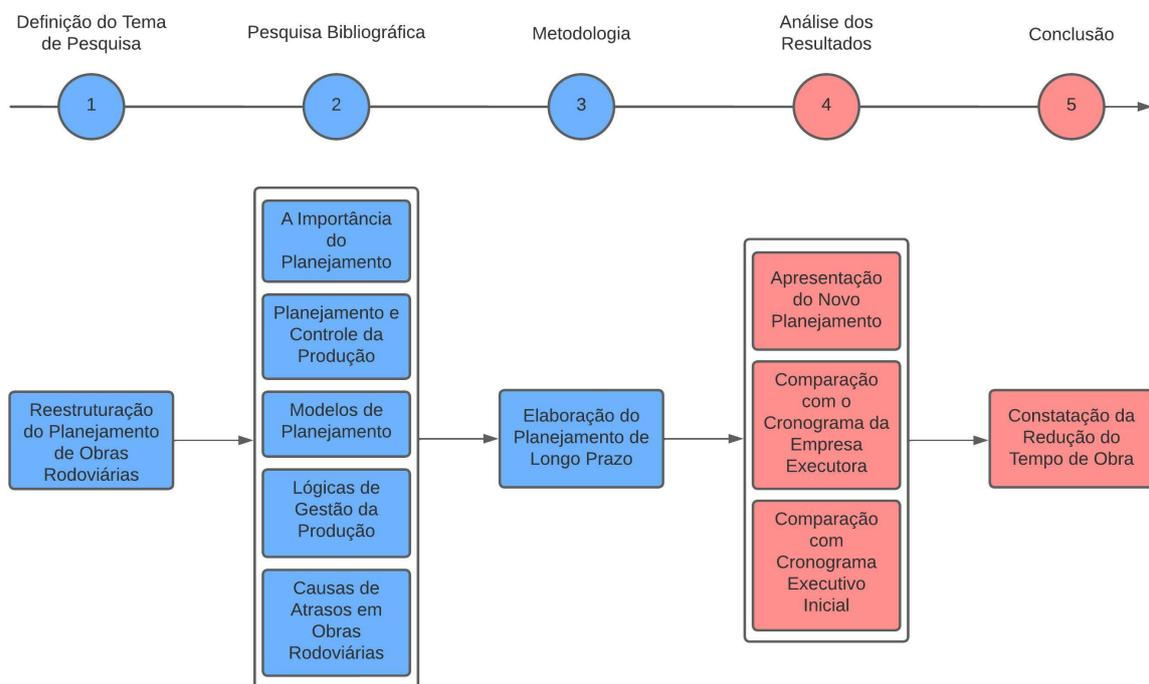
A partir das fundamentações teóricas apresentadas anteriormente, é possível elaborar uma proposta de planejamento adequado à construção civil, mais especificamente, ao setor rodoviário, visando o longo prazo de execução.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa tem como finalidade apresentar um modelo de planejamento de obras rodoviárias por uma ótica diferente da usual, propondo o total aproveitamento de recursos e um fluxo contínuo de serviço. Dessa forma, caracteriza-se como uma pesquisa descritiva de abordagem quali-quantitativa.

As atividades desta pesquisa desenvolvem-se de acordo com o fluxograma apresentado na figura 3.

Figura 3 – Fluxograma da Metodologia de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Coleta de Dados

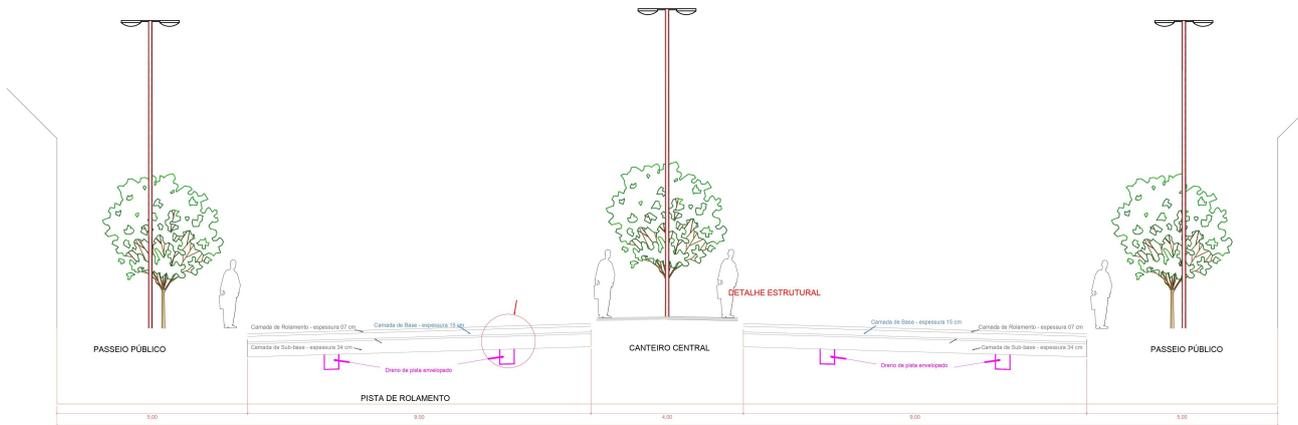
A fim de aplicar e verificar os modelos de planejamento, esta pesquisa analisa uma obra de referência como estudo de caso. A obra em questão trata-se de uma implantação rodoviária com pavimentação asfáltica. Este projeto localiza-se na cidade de Uruguaiana, no estado do Rio Grande do Sul, na Avenida Marechal Setembrino de Carvalho, importante avenida que fica na entrada da cidade, ligando a BR-472 ao centro da cidade e também ao aeroporto, como mostrado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 – Localização da Avenida Setembrino em Uruguaiana/RS



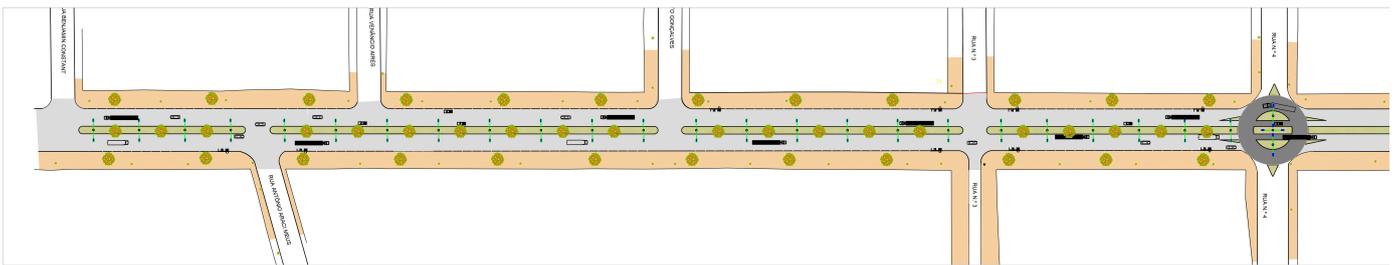
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Uruguaiana (2021)

Figura 7 – Perfil Transversal da Avenida



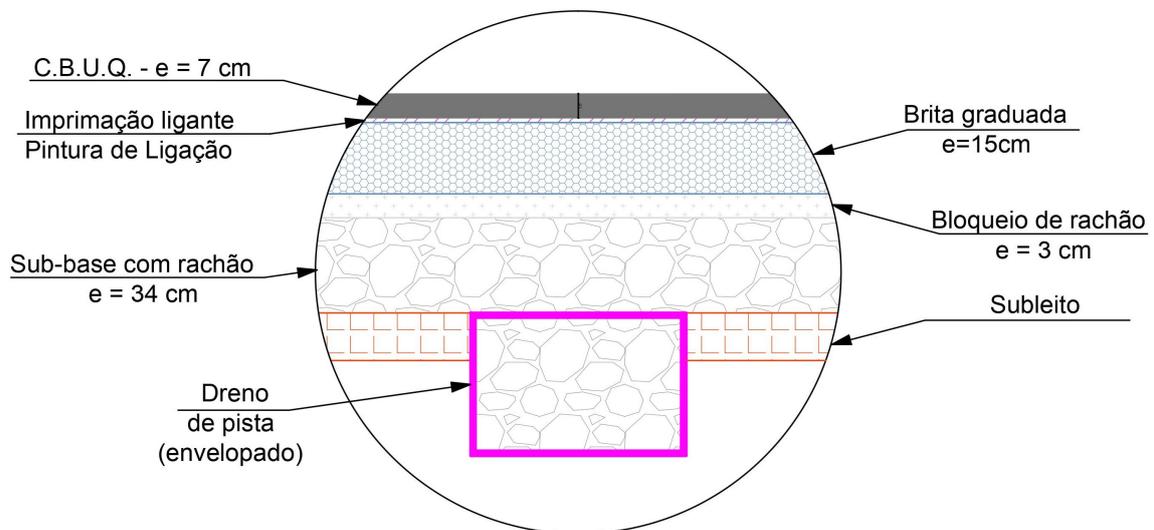
Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

Figura 8 – Projeto Arquitetônico da Avenida



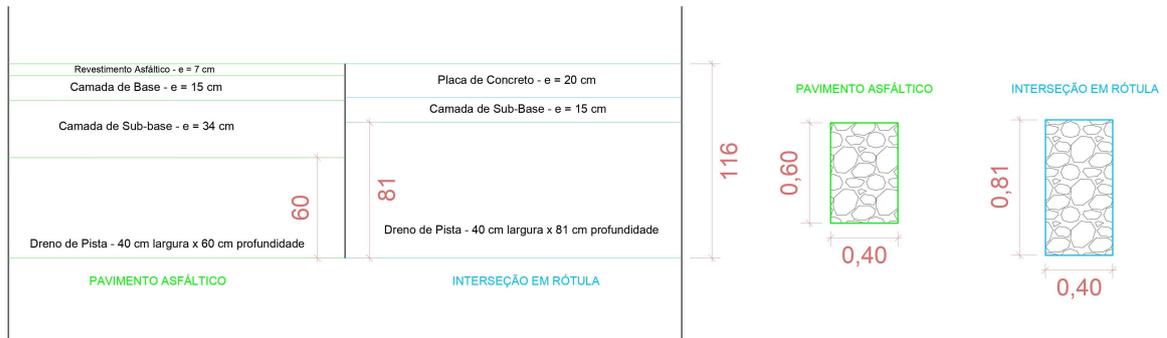
Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

Figura 9 – Detalhe Estrutural do Pavimento da Avenida



Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

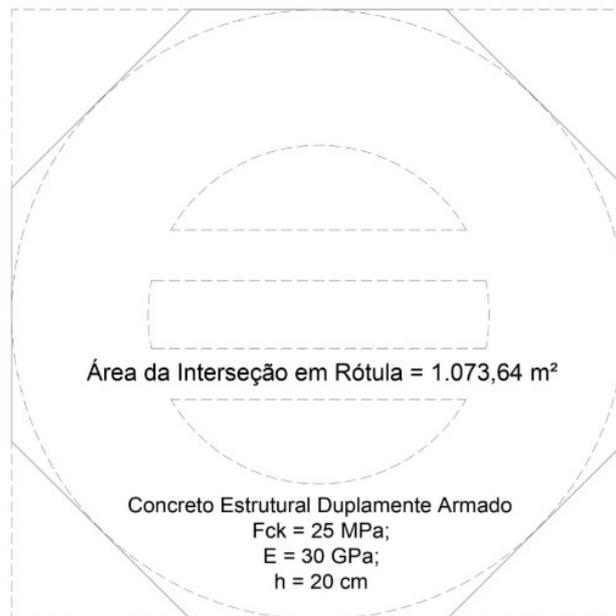
Figura 10 – Detalhe da Drenagem do Pavimento da Avenida



Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

As figuras 11 e 12 apresentam os detalhes do projeto da rótula de interseção.

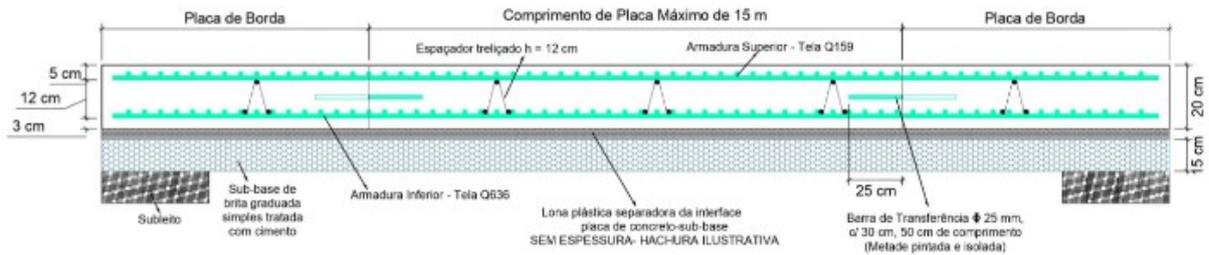
Figura 11 – Planta da Formas – Projeção da Rótula



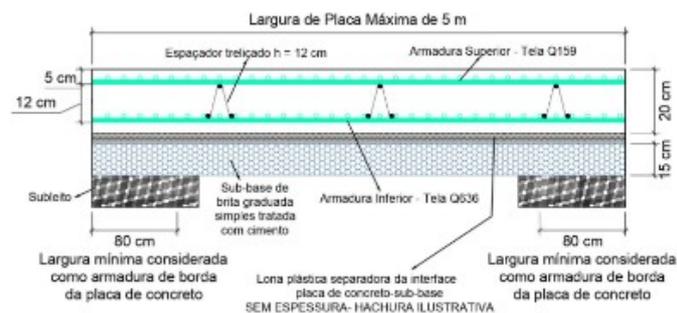
Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

Figura 12 – Detalhamento do Pavimento da Rótula

Corte A-A'



Corte B-B'

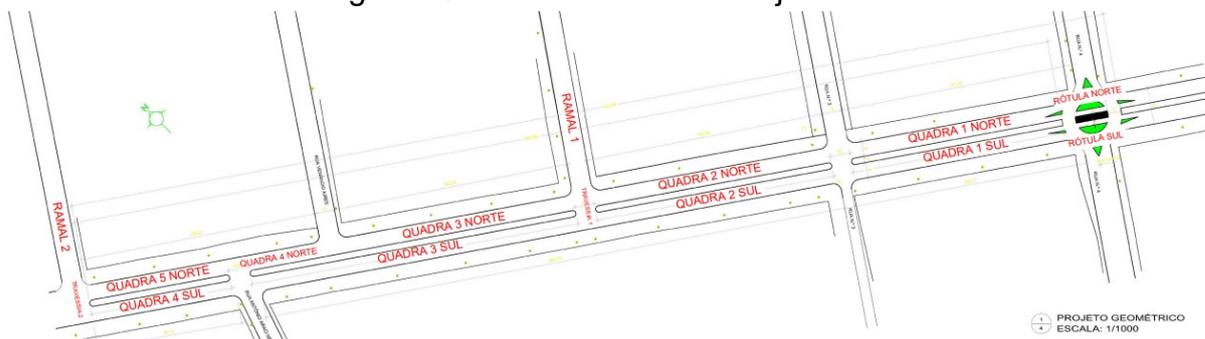


Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

3.2.1 Estruturas

Para facilitar a organização do cronograma, divide-se o trecho da via em lotes, pois, como visto anteriormente, o tamanho do lote é proporcional ao tempo de espera. Neste caso, os lotes de execução são denominados de estruturas. Optou-se por dividir o trecho em 15 estruturas, como apresentado na figura 13.

Figura 13 – Estruturas do Planejamento



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Uruguaiana (2021)

A ordenação das estruturas deu-se pela sua ordem de execução, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Estruturas do Planejamento

Código	Estruturas
1	Rótula Norte
2	Quadra 1 Norte
3	Quadra 2 Norte
4	Ramal 1
5	Rótula Sul
6	Ramal 2
7	Quadra 5 Norte
8	Quadra 4 Norte
9	Quadra 3 Norte
10	Travessia 1
11	Quadra 2 Sul
12	Quadra 1 Sul
13	Travessia 2
14	Quadra 4 Sul
15	Quadra 3 Sul

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2 Tarefas

As tarefas correspondem aos serviços a serem executados em cada estrutura. Neste caso, dividiu-se os serviços em 16 segmentos. A tabela 2 apresenta a divisão de tarefas e a quantidade total de cada serviço, com suas respectivas cores, que servem para identificação de cada tarefa no cronograma.

Tabela 2 – Tarefas do Planejamento

Código	Tarefas	Quantidade	Unidade	Cor
1	Escavação Valas	1956,55	m ³	Red
2	Tubos	1464,71	m	Amarelo
3	Reaterro de Valas	1547,47	m ³	Azul
4	Caixas	54	unidade	Verde
5	Escavação Pista	1467,77	m ³	Laranja
6	Regularização de Subleito	1073,64	m ²	Verde-oliva
7	Drenos	618,8	m	Púrpura
8	Sub-base	4666	m ³	Rosa
9	Meio-fio	2375,26	m	Azul-marinho
10	Base	1630,75	m ³	Ciano
11	Base com Cimento	161,05	m ³	Rosa-claro
12	CBUQ	1864,48	t	Preto
13	Armação	14144,02	kg	Marrão
14	Concreto	214,73	m ³	Cinza
15	Piso Intertravado	2238,08	m ²	Vermelho
16	Instalações Elétricas	27	unidade	Verde-escuro

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.3 Quantidades

O quadro 3 é chamado de quadro de quantidades, e demonstra quais tarefas devem ser realizadas em qual estrutura correspondente.

Quadro 1 – Quantidade por Estrutura

		TAREFAS															
		Escavação valas	Tubos	Reaterro de valas	Caixas	Escavação pista	Regularização de subleito	Drenos	Sub-base	Meio-fio	Base	Base com cimento	CBUQ	Armação	Concreto	Piso intertravado	Instalações elétricas
ESTRUTURAS	Rótula Norte	0	0	0	0	0	57,26	17,94	0	0	0	80,53	0	7072,01	107,37	101,73	1,59
	Quadra 1 Norte	155,28	112,67	119,04	4,91	163,09	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	0	0
	Quadra 2 Norte	155,28	112,67	119,04	4,91	163,09	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	0	0
	Ramal 1	155,28	112,67	119,04	4,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rótula Sul	0	0	0	0	0	57,26	17,94	0	0	0	80,53	0	7072,01	107,37	101,73	1,59
	Ramal 2	155,28	112,67	119,04	4,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quadra 5 Norte	155,28	112,67	119,04	4,91	163,09	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	0	0
	Quadra 4 Norte	155,28	112,67	119,04	4,91	163,09	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	0	0
	Quadra 3 Norte	155,28	112,67	119,04	4,91	163,09	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	0	0
	Travessia 1	124,23	112,67	119,04	0	54,36	28,63	8,97	233,3	0	81,54	0	169,50	0	0	0	0
	Quadra 2 Sul	155,28	112,67	119,04	4,91	135,90	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	508,65	7,94
	Quadra 1 Sul	155,28	112,67	119,04	4,91	135,90	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	508,65	7,94
	Travessia 2	124,23	112,67	119,04	0	54,36	28,63	8,97	233,3	0	81,54	0	169,50	0	0	0,00	0
	Quadra 4 Sul	155,28	112,67	119,04	4,91	135,90	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	508,65	7,94
	Quadra 3 Sul	155,28	112,67	119,04	4,91	135,90	100,21	62,78	466,6	263,92	163,08	0	169,50	0	0	508,65	0
			1956,55	1464,71	1547,47	54,0	1467,77	1073,64	618,80	4666	2375,26	1630,75	161,05	1864,48	14144,02	214,73	2238,08

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.4 Produtividade

A partir da tabela 3, de quantidade por estrutura, juntamente com os funcionários atuantes em obra, estimou-se o tempo, em horas, necessário para realização de cada tarefa no seu respectivo lote. A duração de cada atividade é apresentada no quadro 2.

Quadro 2 – Duração das Atividades

		TAREFAS															
		Escavação valas	Tubos	Reaterro de valas	Caixas	Escavação pista	Regularização de subleito	Drenos	Sub-base	Meio-fio	Base	Base com cimento	CBUQ	Armação	Concreto	Piso intertravado	Instalações elétricas
ESTRUTURAS	Rótula Norte	0	0	0	0	0	8	4	0	0	0	16	0	40	8	16	8
	Quadra 1 Norte	10	15	5	10	24	14	14	8	16	16	0	4	0	0	0	0
	Quadra 2 Norte	10	15	5	10	24	14	14	8	16	16	0	4	0	0	0	0
	Ramal 1	10	15	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rótula Sul	0	0	0	0	0	8	4	0	0	0	16	0	40	8	16	8
	Ramal 2	10	15	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quadra 5 Norte	10	15	5	10	24	14	14	8	16	16	0	4	0	0	0	0
	Quadra 4 Norte	10	15	5	10	24	14	14	8	16	16	0	4	0	0	0	0
	Quadra 3 Norte	10	15	5	10	24	14	14	8	16	16	0	4	0	0	0	0
	Travessia 1	8	15	5	0	8	4	2	4	0	8	0	4	0	0	0	0
	Quadra 2 Sul	10	15	5	10	20	14	14	8	16	16	0	4	0	0	80	40
	Quadra 1 Sul	10	15	5	10	20	14	14	8	16	16	0	4	0	0	80	40
	Travessia 2	8	15	5	0	8	4	2	4	0	8	0	4	0	0	0	0
	Quadra 4 Sul	10	15	5	10	20	14	14	8	16	16	0	4	0	0	80	40
	Quadra 3 Sul	10	15	5	10	20	14	14	8	16	16	0	4	0	0	80	0
			126	195	65	110	216	150	138	80	144	160	32	44	80	16	352

Fonte: Elaborado pelo autor

Após realizada esta estimativa, é possível calcular a produtividade de cada tarefa a ser executada, dividindo-se a quantidade total pelas horas totais de cada tarefa, conforme apresentado no quadro 3.

Quadro 3 – Produtividade por Tarefa

Código	Tarefas	Produtividade (unidade/h)
1	Escavação Valas	15,528
2	Tubos	7,511
3	Reaterro de Valas	23,807
4	Caixas	0,491
5	Escavação Pista	6,795
6	Regularização de Subleito	7,158
7	Drenos	4,484
8	Sub-base	58,325
9	Meio-fio	16,495
10	Base	10,192
11	Base com Cimento	5,033
12	CBUQ	42,375
13	Armação	176,8
14	Concreto	13,421
15	Piso Intertravado	6,358
16	Instalações Elétricas	0,199

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.5 Cronograma Executivo

A jornada de trabalho estabelecida para as equipes é de 8 horas diárias, sem incluir sábados, domingos e feriados. Conforme o cronograma executivo, apresentado nas tabelas 3 e 4, determina-se os prazos para a entrega de diversos trechos da rodovia. O cronograma foi dividido em duas tabelas, para melhor visualização. Para a obra em questão, foi previsto inicialmente um cronograma de execução com o total de 18 meses de obra.

Tabela 3 – Cronograma Executivo da Obra (Parte 1/2)

Item	Descrição do Serviço Executados	Cronograma Executivo								
		Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
1	Administração Local da Obra									
1.1	Canteiro de Obras - Escritório e Área de Vivência									
1.2	Canteiro de Obras - Vestiário/Sanitários									
1.3	Acompanhamento da Execução dos Serviços									
1.4	Segurança do Trabalho - Isolamento da Área de Obra									
2	Placa de Obra									
2.1	Instalação da Placa de Identificação da Obra									
3	Interseção em Rótula									
3.1	Serviços de Topografia									
3.2	Escavação Primária do Topo do Subleito									
3.3	Recomposição do Subleito - Renovação de Solo Inadequado									
3.4	Execução dos Drenos de Pista									
3.5	Execução da Camada de Sub-Base									
3.6	Execução do Pavimento em Concreto Armado									
4	Conformação do Subleito da Via de Rolamento									
4.1	Serviços de Topografia - Grade Pista Norte									
4.2	Serviços de Topografia - Grade Pista Sul									
4.3	Escavação Primária do Topo do Subleito - Pista Norte									
4.4	Recomposição do Subleito - Pista Norte									
4.5	Escavação Primária do Topo do Subleito - Pista Sul									
4.6	Recomposição do Subleito - Pista Sul									
5	Execução dos Drenos de Pista									
5.1	Drenos de Pista Envelopados com Geotextil - Pista Norte									
5.2	Drenos de Pista Envelopados com Geotextil - Pista Sul									
6	Execução das Camadas Granulares do Pavimento									
6.1	Execução Camada de Sub-Base em Pedra Rachão - Pista Norte									
6.2	Execução Camada de Bloqueio do Rachão - Pista Norte									
6.3	Execução Camada de Base em BGS - Pista Norte									
6.4	Execução Camada de Sub-Base em Pedra Rachão - Pista Sul									
6.5	Execução Camada de Bloqueio do Rachão - Pista Sul									
6.6	Execução Camada de Base em BGS - Pista Sul									
7	Execução do Revestimento Asfáltico									
7.1	Revestimento Asfáltico - Imprimação da Base - Pista Norte									
7.2	Revestimento Asfáltico - Execução 1ª Camada - Pista Norte									
7.3	Revestimento Asfáltico - Execução 2ª Camada - Pista Norte									
7.4	Revestimento Asfáltico - Imprimação da Base - Pista Sul									
7.5	Revestimento Asfáltico - Execução 1ª Camada - Pista Sul									
7.6	Revestimento Asfáltico - Execução 2ª Camada - Pista Sul									
8	Rede de Drenagem Pluvial									
8.1	Tubulação Drenagem Pluvial DN 400 mm									
8.2	Dispositivos de Drenagem - DN 400 mm - BL e PV									
8.3	Tubulação Drenagem Pluvial DN 600 mm									
8.4	Dispositivos de Drenagem - DN 600 mm - BL e PV									
8.5	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Galeria									
8.6	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - 1ª Travessa									
8.7	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Pista Sul									
8.8	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - 2ª Travessa									
8.9	Dispositivos de Drenagem - DN 800 mm - BL e PV									
8.10	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Envelopamento									
9	Conformação dos Bordos da Via de Rolamento									
9.1	Assentamento dos Mão-Fio									
10	Urbanização do Canteiro Central									
10.1	Execução do Piso de Concreto Intertravado									
10.2	Paisagismo do Canteiro Central - Plantio de Árvores									
10.3	Execução de Rampas de Acessibilidade									
11	Iluminação Pública									
11.1	Iluminação Pública - Interseção em Rótula									
11.2	Iluminação Pública - Canteiro Central									
11.3	Iluminação Pública - Readequação do Passeio Público									

Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiiana (2021)

Tabela 4 – Cronograma Executivo da Obra (Parte 2/2)

Item	Descrição do Serviço Executados	Cronograma Executivo								
		Mês 10	Mês 11	Mês 12	Mês 13	Mês 14	Mês 15	Mês 16	Mês 17	Mês 18
1	Administração Local da Obra									
1.1	Canteiro de Obras - Escritório e Área de Vivência									
1.2	Canteiro de Obras - Vestiário/Sanitários									
1.3	Acompanhamento da Execução dos Serviços									
1.4	Segurança do Trabalho - Isolamento da Área de Obra									
2	Placa de Obra									
2.1	Instalação da Placa de Identificação da Obra									
3	Interseção em Rótula									
3.1	Serviços de Topografia									
3.2	Escavação Primária do Topo do Subleito									
3.3	Recomposição do Subleito - Remoção de Solo Inadequado									
3.4	Execução dos Drenos de Pista									
3.5	Execução da Camada de Sub-Base									
3.6	Execução do Pavimento em Concreto Armado									
4	Conformação do Subleito da Via de Rolamento									
4.1	Serviços de Topografia - Grade Pista Norte									
4.2	Serviços de Topografia - Grade Pista Sul									
4.3	Escavação Primária do Topo do Subleito - Pista Norte									
4.4	Recomposição do Subleito - Pista Norte									
4.5	Escavação Primária do Topo do Subleito - Pista Sul									
4.6	Recomposição do Subleito - Pista Sul									
5	Execução dos Drenos de Pista									
5.1	Drenos de Pista Envolvidos com Geotêxtil - Pista Norte									
5.2	Drenos de Pista Envolvidos com Geotêxtil - Pista Sul									
6	Execução das Camadas Granulares do Pavimento									
6.1	Execução Camada de Sub-Base em Pedra Rachão - Pista Norte									
6.2	Execução Camada de Bloqueio do Rachão - Pista Norte									
6.3	Execução Camada de Base em B05 - Pista Norte									
6.4	Execução Camada de Sub-Base em Pedra Rachão - Pista Sul									
6.5	Execução Camada de Bloqueio do Rachão - Pista Sul									
6.6	Execução Camada de Base em B05 - Pista Sul									
7	Execução do Revestimento Asfáltico									
7.1	Revestimento Asfáltico - Imprimação da Base - Pista Norte									
7.2	Revestimento Asfáltico - Execução 1ª Camada - Pista Norte									
7.3	Revestimento Asfáltico - Execução 2ª Camada - Pista Norte									
7.4	Revestimento Asfáltico - Imprimação da Base - Pista Sul									
7.5	Revestimento Asfáltico - Execução 1ª Camada - Pista Sul									
7.6	Revestimento Asfáltico - Execução 2ª Camada - Pista Sul									
8	Rede de Drenagem Pluvial									
8.1	Tubulação Drenagem Pluvial DN 400 mm									
8.2	Dispositivos de Drenagem - DN 400 mm - B1, e PV									
8.3	Tubulação Drenagem Pluvial DN 600 mm									
8.4	Dispositivos de Drenagem - DN 600 mm - B1, e PV									
8.5	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Galerias									
8.6	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - 1ª Travessa									
8.7	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Pista Sul									
8.8	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - 2ª Travessa									
8.9	Dispositivos de Drenagem - DN 800 mm - B1, e PV									
8.10	Tubulação Drenagem Pluvial DN 800 mm - Envolvimento									
9	Conformação dos Bordos da Via de Rolamento									
9.1	Assentamento dos Meio-Fio									
10	Urbanização do Canteiro Central									
10.1	Execução do Piso de Concreto Intertravado									
10.2	Paisagismo do Canteiro Central - Plantio de Árvores									
10.3	Execução de Rampas de Acessibilidade									
11	Iluminação Pública									
11.1	Iluminação Pública - Interseção em Rótula									
11.2	Iluminação Pública - Canteiro Central									
11.3	Iluminação Pública - Readequação do Passeio Público									

Fonte: Prefeitura Municipal de Uruguaiana (2021)

O quadro 4 apresenta um resumo dos prazos de conclusão estabelecidos pelo contratante.

Quadro 4 – Prazos de Conclusão da Obra

Prazo Final	Tarefas	Estruturas
3º mês	Instalações Elétricas	Rótula
4º mês	Concreto	Rótula
8º mês	Drenos	Pista Norte
8º mês	Meio-fio	Pista Norte
9º mês	Subleito	Pista Norte
9º mês	Base	Pista Norte
15º mês	Drenos	Pista Sul
15º mês	Meio-fio	Pista Sul
16º mês	Subleito	Pista Sul
16º mês	Base	Pista Sul
18º mês	Piso Intertravado	Pistas Norte e Sul
18º mês	Instalações Elétricas	Pistas Norte e Sul

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.6 Tempo

Calcula-se o tempo – em dias e semanas – necessário para a execução de cada tarefa, considerando a jornada de trabalho diária das equipes, apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Tempo de Execução

Código	Tarefas	T (horas)	T (dias)	T (semanas)
1	Escavação Valas	126	15,75	3,15
2	Tubos	195	24,375	4,875
3	Reaterro de Valas	65	8,125	1,625
4	Caixas	110	13,75	2,75
5	Escavação Pista	216	27	5,4
6	Regularização de Subleito	150	18,75	3,75
7	Drenos	138	17,25	3,45
8	Sub-base	80	10	2
9	Meio-fio	144	18	3,6
10	Base	160	20	4
11	Base com Cimento	32	4	0,8
12	CBUQ	44	5,5	1,1
13	Armação	80	10	2
14	Concreto	16	2	0,4
15	Piso Intertravado	352	44	8,8
16	Instalações Elétricas	136	17	3,4

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 Análise de Dados

Com os devidos dados coletados, elaborou-se um novo planejamento de longo prazo para a obra mencionada. O cronograma executivo foi utilizado para estabelecer a ordem de execução das tarefas, a fim de entregar os segmentos dentro do prazo estabelecido. Como o cronograma executivo exige que a rótula seja o primeiro segmento a ser concluído, optou-se por iniciar somente pelos serviços a serem executados na rótula, e, após a conclusão desta, seguir com os demais serviços previstos nas estruturas. A pista norte é o segmento que deve ser entregue em seguida, sendo executada logo após a rótula, e, posteriormente, a pista sul.

O planejamento proposto tem como objetivo diminuir ao máximo o tempo de obra, otimizando recursos para que todas as equipes disponíveis possam estar trabalhando ao mesmo tempo e sem folgas entre tarefas.

Para a apresentação do cronograma, baseou-se no sistema do Diagrama de *Gantt*, em que o eixo X representa o tempo e o eixo Y representa as estruturas. Neste caso, tal cronograma será elaborado utilizando o *software Microsoft Excel 2013*.

3.3.1 Caminho Crítico

Analisando os dados de tempo apresentados anteriormente, conclui-se que o piso intertravado é a tarefa mais demorada a ser realizada. Porém, esta não pode ser considerada como caminho crítico, pois é a última tarefa do ciclo. Dessa forma, pode-se afirmar que o caminho crítico neste planejamento é a escavação de pista, levando 216 horas para ser concluída. É a tarefa mais demorada e uma das primeiras a ser executada, portanto, caso esta tarefa atrase alguns dias, todo o restante do planejamento ficará comprometido, pois atrasará todas as tarefas seguintes.

3.3.2 Equipes de Produção

As equipes de produção foram organizadas de forma a otimizar o serviço. Cada equipe pode fazer mais de uma tarefa, objetivando, assim, que não haja folga entre uma equipe e outra. Ou seja, quando uma equipe termina o seu serviço em determinada estrutura, esta segue diretamente para a próxima estrutura que estiver disponível, sem haver dias de folga de serviço. A tabela 6 apresenta as tarefas pelas quais cada equipe será responsável, e suas respectivas cores, que facilitam a identificação no cronograma.

Tabela 6 – Equipes de Produção

Código Equipe	Equipe	Código Tarefa	Tarefa	Cor
1	Drenagem Tubos	1	Escavação Valas	Red
		2	Tubos	
		3	Reaterro de Valas	
2	Drenagem Caixas	4	Caixas	Yellow
		9	Meio-fio	
3	Terraplenagem	5	Escavação Pista	Brown
		6	Regularização de Subleito	
		7	Drenos	
4	Pavimentação	8	Sub-base	Blue
		10	Base	
		11	Base com Cimento	
5	CBUQ	12	CBUQ	Black
6	Armação	13	Armação	Green
7	Concreto	14	Concreto	Grey
8	Piso Intertravado	15	Piso Intertravado	Pink
9	Instalações Elétricas	16	Instalações Elétricas	Purple

Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS

4.1 Novo Planejamento

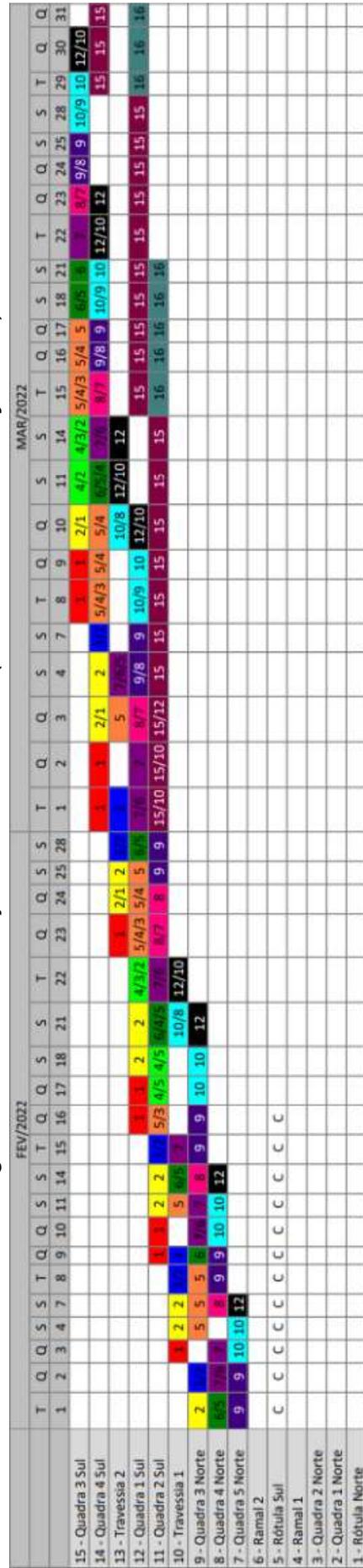
A partir da aplicação da metodologia descrita anteriormente, elaborou-se um novo cronograma de produção das equipes, propondo melhorias, conforme suas respectivas tarefas a serem realizadas, com o auxílio do *software Microsoft Excel 2013*. Considerou-se apenas os dias úteis de serviço, de segunda a sexta, e jornada de trabalho de 8 horas por dia. Como a obra iniciou no dia 15 de novembro de 2021, e teve sua conclusão estimada para maio do ano seguinte, foram desconsiderados também os dias de férias coletivas dos funcionários, sendo de 20 de dezembro de 2021 a 5 de janeiro de 2022. Para facilitar a visualização, dividiu-se o cronograma em três figuras (14, 15 e 16), apresentadas a seguir.

Figura 14 – Novo Planejamento de Tarefas (novembro/2021 a janeiro/2022)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Novo Planejamento de Tarefas (fevereiro/2022 a março/2022)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Novo Planejamento de Tarefas (abril/2022 a maio/2022)

	ABR/2022																				4/21	
	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S
	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	2
15 - Quadra 3 Sul								15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16
14 - Quadra 4 Sul	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16										
13 - Travessia 2																						
12 - Quadra 1 Sul	16	16																				
11 - Quadra 2 Sul																						
10 - Travessia 1																						
9 - Quadra 3 Norte																						
8 - Quadra 4 Norte																						
7 - Quadra 5 Norte																						
6 - Ramal 2																						
5 - Rótula Sul																						
4 - Ramal 1																						
3 - Quadra 2 Norte																						
2 - Quadra 1 Norte																						
1 - Rótula Norte																						

Fonte: Elaborado pelo autor

No cronograma proposto, o eixo X é representado pelo tempo, enquanto o eixo Y é representado pelas estruturas. Cada célula é colorida conforme a cor da tarefa a ser realizada naquele dia. Caso exista mais de uma tarefa sendo realizada no mesmo dia, os números das tarefas estarão separados por uma barra (/) e permanece a cor da tarefa que termina por último. A letra “C” significa cura, e aparece somente após a tarefa 14, que é o concreto moldado *in loco*, presente na rótula. O tempo determinado de cura foi de 672 horas, ou 28 dias.

Este novo planejamento visa a otimização do trabalho das equipes de produção, para que se reduza ao máximo a ociosidade entre uma tarefa e outra. Outros pontos importantes a serem salientados, para a mais objetiva escolha da ordem das tarefas, são:

- Iniciar pelo menor volume de terra a ser aterrado;
- Concluir a rótula o mais rápido possível, para liberar o fluxo de veículos nas outras vias.

Através do cronograma de equipes, apresentado a seguir, nas figuras 17, 18 e 19, é possível visualizar mais facilmente estes pontos determinantes.

Figura 17 – Novo Planejamento de Equipes (novembro/2021 a janeiro/2022)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 – Novo Planejamento de Equipes (fevereiro/2022 a março/2022)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 19 – Novo Planejamento de Equipes (abril/2022 a maio/2022)

	ABR/2022																				I/2	
	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q		S
	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	2
15 - Quadra 3 Sul								8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
14 - Quadra 4 Sul	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9									
13 - Travessia 2																						
12 - Quadra 1 Sul	9	9																				
11 - Quadra 2 Sul																						
10 - Travessia 1																						
9 - Quadra 3 Norte																						
8 - Quadra 4 Norte																						
7 - Quadra 5 Norte																						
6 - Ramal 2																						
5 - Rótula Sul																						
4 - Ramal 1																						
3 - Quadra 2 Norte																						
2 - Quadra 1 Norte																						
1 - Rótula Norte																						

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a divisão das equipes, considerou-se alguns pontos cruciais, como:

- Determinar uma equipe de execução para trabalhar exclusivamente nas tarefas mais demoradas, como o piso intertravado;
- Montar equipes que realizem mais de uma tarefa, sendo estas tarefas de curta duração;
- Montar equipes que realizem mais de uma tarefa, sendo tarefas independentes uma da outra.

4.2 Planejamento Realizado pela Empresa Executora

O planejamento realizado pela empresa executora foi o que serviu de base para a elaboração do novo planejamento. O cronograma deste foi feito com o auxílio de um sistema de planejamento de obras, nos mesmos padrões do novo planejamento, apresentado no item 4.1.

As estruturas adotadas pela empresa foram: Rótula (referente a Rótula Norte e Rótula Sul), Trecho 1 Norte (referente a Quadra 1 Norte, Quadra 2 Norte e Travessia 1), Trecho 2 Norte (referente a Quadra 3 Norte, Quadra 4 Norte, Quadra 5 Norte e Travessia 2), Trecho 1 Sul (referente a Quadra 1 Sul e Quadra 2 Sul), Trecho 2 Sul (referente a Quadra 3 Sul e Quadra 4 Sul), Ramal 1 e Ramal 2. A

seguir, é apresentado o cronograma elaborado pela empresa, nas figuras 20, 21 e 22, para melhor visualização.

Figura 20 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (novembro/2021 a janeiro/2022)



Fonte: Adaptado de Empresa Executora da Obra (2021)

Figura 21 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (fevereiro/2022 a março/2022)



Fonte: Adaptado de Empresa Executora da Obra (2021)

Figura 22 – Planejamento de Tarefas da Empresa Executora (abril/2022 a junho/2022)



Fonte: Adaptado de Empresa Executora da Obra (2021)

As divisão de tarefas estabelecida pela empresa para a elaboração do cronograma foram as mesmas utilizadas para a elaboração do novo planejamento, como apresentado no item 3.2.2, assim como as equipes, que permaneceram as mesmas, conforme apresentado anteriormente, no item 3.3.2. O cronograma de equipes é apresentado a seguir, nas figuras 23, 24 e 25.

Observando o planejamento da empresa executora, é possível perceber que, para a elaboração do novo planejamento, utilizou-se das mesmas tarefas e equipes estabelecidas pela empresa executora, assim como, também, seguiu-se a mesma ordem de execução. A única diferença entre um cronograma e outro, como pode-se perceber, é o tamanho dos lotes.

A empresa propôs um planejamento utilizando tamanhos de lotes demasiadamente grandes, que não proporcionam a conclusão eficaz dos serviços. Ao fazer uma pequena alteração no cronograma e reduzir o tamanho dos lotes, como foi apresentado no novo planejamento (item 4.1), foi possível diminuir mais de um mês em tempo de obra.

4.3 Comparativo com o Cronograma Executivo

O cronograma executivo apresentado anteriormente, no item 3.2.5, previa que o empreendimento em questão deveria ser finalizado em, no máximo, 18 meses. Ao observar a nova proposta de planejamento apresentada, pode-se observar que o tempo para finalização foi significativamente menor, permitindo que a obra fosse concluída em 6 meses. Porém, o cronograma executivo estabelecia prazos diferentes para a finalização de cada estrutura, a serem verificadas a seguir.

As instalações elétricas da rótula deveriam ser entregues em até 3 meses após o início desta. Conforme o novo planejamento, estas foram entregues com pouco mais de 2 meses de serviço, sendo concluídas no dia 24 de janeiro de 2022.

Outro prazo a ser cumprido era a cura do concreto na rótula até o 4º mês de execução, que por fim foi finalizado em 3 meses, estando com a sua cura completa no dia 17 de fevereiro de 2022.

Já os drenos de toda a pista norte tinham seu prazo de conclusão estimado para o 8º mês de obra. Entretanto, estes foram concluídos em menos de 3 meses de serviço, sendo finalizados no dia 11 de fevereiro de 2022. O meio-fio da pista norte também estava com seu prazo de conclusão estimado para 8 meses a partir do início da obra, e foi concluído em 3 meses, sendo o último dia de serviço o dia 16 de fevereiro de 2022.

O subleito e a base da pista norte tinham seu prazo de conclusão estimado para 9 meses. Sendo o subleito concluído em 3 meses, com finalização no dia 10 de

fevereiro de 2022, e a base, também com 3 meses, finalizada no dia 18 de fevereiro de 2022.

Os drenos da pista sul tiveram seu prazo estimado para o 15º mês de obra, e foram concluídos com pouco mais de 4 meses de obra, no dia 23 de março de 2022. O meio-fio da pista sul também tinha prazo estimado para o 15º mês, e foi concluído com pouco mais de 4 meses de obra, sendo finalizado no dia 28 de março de 2022.

O subleito e a base da pista sul estavam programados para ter sua finalização no 16º mês. O subleito foi finalizado com 4 meses de obra, no dia 21 de março de 2022, e a base com pouco mais de 4 meses, no dia 30 de março de 2022.

Por fim, o piso intertravado e as instalações elétricas, tanto na pista norte quanto sul, deveriam ser entregues até o 18º mês de obra, e foram as últimas tarefas a serem finalizadas, com pouco mais de 5 meses de obra, no dia 2 de maio de 2022.

Dessa forma, verificou-se que todas as estruturas foram finalizadas dentro do prazo estabelecido. Elaborou-se a tabela 10, a seguir, para demonstrar como o planejamento correto permitiu a conclusão da obra reduzindo o tempo de execução previsto e com folga no prazo, além de gerar muito mais lucratividade para a empresa executora.

Quadro 5 – Comparação com o Cronograma Executivo

Tarefa	Estrutura	Prazo	Novo Planejamento
Instalações Elétricas	Rótula	3º mês	3º mês
Concreto	Rótula	4º mês	4º mês
Drenos	Pista Norte	8º mês	3º mês
Meio-fio	Pista Norte	8º mês	4º mês
Subleito	Pista Norte	9º mês	3º mês
Base	Pista Norte	9º mês	4º mês
Drenos	Pista Sul	15º mês	5º mês
Meio-fio	Pista Sul	15º mês	5º mês
Subleito	Pista Sul	16º mês	5º mês
Base	Pista Sul	16º mês	5º mês
Piso Intertravado	Pistas Norte e Sul	18º mês	6º mês
Instalações Elétricas	Pistas Norte e Sul	18º mês	6º mês

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

A pesquisa abordada tinha como objetivo propor um novo planejamento a um estudo de caso, a fim de proporcionar melhorias na produtividade, assim como identificar as principais causas de atrasos em obras rodoviárias. Portanto, elaborou-se o planejamento de uma obra, com dados fornecidos pela empresa executora, e realizou-se o estudo de caso através da comparação do novo planejamento com o cronograma da empresa. Os resultados obtidos sugerem uma maior eficiência com o novo planejamento em relação ao cronograma da empresa, sendo analisados a seguir.

Conforme os resultados obtidos na pesquisa, conclui-se que os problemas que mais causam atrasos em obras rodoviárias com características urbanas são: as chuvas, tamanhos de lotes muito grandes e início da obra pela estrutura com maior quantidade de serviço. Constatou-se que tais problemas podem ser facilmente resolvidos ou minimizados através de pequenas mudanças no planejamento executivo.

No novo planejamento, buscou-se aplicar algumas das mudanças propostas, a fim de otimizar o tempo de execução. Para o problema das chuvas, sugere-se que o serviço se inicie pelas estruturas mais próximas a valas ou áreas que proporcionem a drenagem eficaz da chuva, evitando que a água empoçada impeça a continuação dos serviços. A redução do tamanho dos lotes de serviço também reduz o tempo de obra, pois proporciona uma produtividade muito maior para as equipes, com menor intervalo entre serviços. Já o início do serviço pela estrutura com menor volume de solo a ser movimentado, permite que a equipe comece a trabalhar mais rapidamente nas demais estruturas, também reduzindo o tempo de execução.

No comparativo com o cronograma da empresa, assim como com o cronograma executivo, percebe-se que o novo planejamento proporcionou uma redução de até 21% no tempo de execução, através de pequenas mudanças na lógica de planejamento, possibilitando a obtenção do melhor aproveitamento de recursos e otimização de serviços no empreendimento.

5.1 Sugestões para Pesquisas Futuras

A fim de promover a exploração do tema de planejamento de obras rodoviárias, sugere-se para pesquisas futuras:

Avaliação dos resultados obtidos na prática, seguindo o modelo de planejamento proposto.

Avaliação da viabilidade econômica de uma obra realizada em tempo extremamente menor do que o estimado inicialmente.

Avaliação do planejamento a médio prazo, considerando atrasos por situações climáticas e burocráticas.

REFERÊNCIAS

- ABRAM, I. **Planejamento de Obras Rodoviárias**. ABEOR, Salvador, 2001.
- AGÊNCIA CNT TRANSPORTE ATUAL. **Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada**. Confederação Nacional do Transporte, Agosto 2018.
- ANTUNES JUNIOR, J. **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo de Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- ARDITI, D.; ALBULAK, M. Z. **Line-of-Balance Scheduling in Pavement Construction**. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 112, 1986.
- BALLARD, G. **Last Planner System of Production Control**. Tese de doutorado, Universidade de Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **PARC: A Case Study**. Annual Conference on the International Group for Lean Construction, Birmingham, UK, Agosto 1996.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production from Uncertainty: First Step in an Improvement Strategy**. Encontro Nacional de Profesionales de Project Management, Santiago, 1996.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: An Essential Step in Production Control**. Technical Report No. 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., Rio de Janeiro, 2003.
- BORGES, A. **Investimento do governo federal em infraestrutura de transportes é o menor em 20 anos**. O Estado de S. Paulo, Maio 2021.
- CANUSO, F. **Lean Construction: Conceito, Aplicações e Vantagens**. Ambar, Fevereiro 2020.

COHENCA, D.; LAUFER, A.; LEDBETTER, F. **Factors Affecting Construction Planning Efforts**. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 115, n. 1, Março 1989.

COX III, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. **Handbook da Teoria das Restrições**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2013.

FORMOSO, C. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. Tese de doutorado, Salford: University of Salford, Department of Quantity and Building Surveying, 1991.

FORMOSO, C. **The New Operations Management Paradigm**. Berkeley: University of California, 2000.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Technical Report #72, Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

LAUFER, A. **Essentials of Project Planning: Owner's Perspective**. Journal of Management in Engineering, Vol. 6, No. 2, Abril 1990.

LAUFER, A. **Simultaneous Management**. AMACOM, United States, 1997.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Competence and Timing Dilemma in Construction Planning**. Construction Management and Economics, London, n. 6, 1988.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing Its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process**. Construction Management and Economics, London, n. 5, 1987.

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

LÓPEZ, M. **Propostas para a retomada econômica do setor rodoviário**. Banco de Desenvolvimento da América Latina, Janeiro 2021.

MENDES JUNIOR, R. **Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. Tese de doutorado, Departamento de

Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MUBARAK, S. **Construction Project Scheduling and Control**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2010.

OGLESBY, C.; PARKER, H.; HOWELL, G. **Productivity Improvement in Construction**. United States: McGraw-Hill Inc., 1989.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1997.

SANVIDO, V.; PAULSON, B. **Site-Level Construction Information System**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 118, n. 4, pp, Dezembro 1992.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1996.

SUHAIL, S. A.; NEALE, R. H. **CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and Line-of-Balance**. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 120, 1994.

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

TOMMELEIN, I. **Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique**. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 124, n. 4, 1998.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. **Look-Ahead Planning: Screening and Pulling**. Seminário Internacional sobre Lean Construction, São Paulo, 1997.

WAGNER, A. **Diretrizes para a redução do tempo de atravessamento em obras rodoviárias: estudo de caso na duplicação da BR-116**. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019.

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