

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NÍCOLAS VICTOR DA SILVA CAVALCANTE

**GERAÇÃO AUTOMATIZADA DE LINHAS DE BALANÇO ATRAVÉS DE
PLANILHAS ELETRÔNICAS**

MACEIÓ - AL
2025

NÍCOLAS VICTOR DA SILVA CAVALCANTE

**GERAÇÃO AUTOMATIZADA DE LINHAS DE BALANÇO ATRAVÉS DE
PLANILHAS ELETRÔNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Roberto Barbosa
dos Santos.

MACEIÓ - AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237a Cavalcante, Nicolas Victor da Silva.
Geração automatizada de linhas de balanço através de planilhas eletrônicas /
Nicolas Victor da Silva Cavalcante. - 2025.
37 f. : il.

Orientador: Roberto Barbosa dos Santos.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2025.

Bibliografia: 37.

1. Nivelamento de recursos (Administração). 2. Cronogramas. 3.
Planejamento. 4. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da
Construção Civil. 5. Excel. I. Título.

CDU: 624:004

Folha de Aprovação

AUTOR: NICOLAS VICTOR DA SILVA CAVALCANTE

GERAÇÃO AUTOMATIZADA DE LINHAS DE BALANÇO ATRAVÉS DE PLANILHAS ELETRÔNICAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

**ROBERTO BARBOSA DOS
SANTOS:02324746484**

Assinado digitalmente por ROBERTO BARBOSA DOS SANTOS:02324746484
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=presencial, OU=00489828000317, OU=Secretaria da Receita
Federal do Brasil - RFB, OU=ARMPDG, OU=RFB e-CPF A3, CN=ROBERTO BARBOSA DOS
SANTOS:02324746484
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2025.03.04 19:13:07-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 2024.4.0

Prof. Dr. Roberto Barbosa dos Santos
(Orientador)

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
ADRIANA DE OLIVEIRA SANTOS WEBER
Data: 07/03/2025 18:02:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Adriana de Oliveira Santos Weber – Universidade Federal de Alagoas



Documento assinado digitalmente
EDUARDO SETTON SAMPAIO DA SILVEIRA
Data: 28/02/2025 23:29:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Setton Sampaio da Silveira – Universidade Federal de Alagoas

CAVALCANTE, N. V. S. **Geração automatizada de linhas de balanço através de planilhas eletrônicas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia. Maceió, 2025.

RESUMO

Nas últimas décadas, a metodologia da Linha de Balanço tem sido amplamente utilizada no planejamento de obras lineares, como rodovias e edifícios de múltiplos pavimentos, devido à sua eficiência em projetos com atividades repetitivas. No entanto, construtoras de pequeno e médio porte, assim como engenheiros que atuam com planejamento e enfrentam restrições financeiras, encontram desafios para acessar ferramentas avançadas de planejamento devido aos altos custos e complexidade de softwares especializados. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma planilha eletrônica no Microsoft Excel, oferecendo uma alternativa acessível e funcional. A planilha automatiza a criação de cronogramas e o dimensionamento de mão de obra através de fórmulas avançadas, incorporando as composições de produtividade do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Diferentemente de softwares tradicionais, a solução é econômica, de fácil uso e atende às demandas de empresas que não podem investir em ferramentas robustas. Os principais resultados incluem a geração automatizada de cronogramas detalhados, a integração com dados do SINAPI e a possibilidade de aplicação prática para pequenos e médios projetos da construção civil, tudo em uma interface simplificada.

Palavras-chave: Linha de balanço. Cronograma. Planejamento. SINAPI. Excel.

ABSTRACT

In recent decades, the Line of Balance methodology has been widely used in the planning of linear works, such as highways and multi-story buildings, due to its efficiency in projects with repetitive activities. However, small and medium-sized construction companies, as well as engineers involved in planning and facing financial constraints, encounter challenges in accessing advanced planning tools due to the high costs and complexity of specialized software. This work proposes the development of an electronic spreadsheet in Microsoft Excel, offering an accessible and functional alternative. The spreadsheet automates the creation of schedules and workforce allocation using advanced formulas, incorporating productivity compositions from the National System of Construction Costs and Indexes (SINAPI). Unlike traditional software, the solution is cost-effective, easy to use, and meets the needs of companies unable to invest in robust tools. The main results include the automated generation of detailed schedules, integration with SINAPI data and practical application for small and medium-sized construction projects, all within a simplified interface.

Keywords: Line of Balance. Schedule. Planning. SINAPI. Excel.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Informações do diagrama da Linha de Balanço	6
Figura 2 - Inclinação da reta.....	7
Figura 3 - Síntese do método empregado para construção da ferramenta	14
Figura 4 - Limitação na quantidade de atividades simultâneas	15
Figura 5 - Botões de navegação da planilha.....	16
Figura 6 - Aba de cadastro das tarefas	16
Figura 7 - Aba de cadastro das unidades básicas	17
Figura 8 - Aba de cadastro das funções	17
Figura 9 - Aba de cadastro dos feriados	18
Figura 10 - Planilha de composições do SINAPI	19
Figura 11 - Aba de consulta da produtividade com base no SINAPI	20
Figura 12 - Aba de cadastro das equipes que vincula as funções aos pacotes de trabalho	21
Figura 13 - Aba de balanceamento do cronograma.....	22
Figura 14 - Matriz de controle para organizar os dados.....	25
Figura 15 - Tabela auxiliar que verifica o número da linha a ser plotada.....	26
Figura 16 - Três linhas de um lote de repetição.....	27
Figura 17 - Configuração da formatação condicional para cada atividade	28
Figura 18 - Linha de balanço de uma edificação fictícia	28
Figura 19 - Linha de balanço de um empreendimento real elaborada pelo engenheiro com planilha própria	31
Figura 20 - Linha de balanço de um empreendimento teste elaborada pelo engenheiro usando a planilha desenvolvida neste trabalho	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO	3
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1.	PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	4
3.2.	LINHA DE BALANÇO: CONCEITOS FUNDAMENTAIS	4
3.2.1.	SURGIMENTO DA TÉCNICA	5
3.2.2.	DEFINIÇÃO DA UNIDADE BÁSICA	5
3.2.3.	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	5
3.2.4.	RITMO DE EXECUÇÃO	6
3.2.5.	EQUIPE ESPECIALIZADA	7
3.3.	BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES DA LINHA DE BALANÇO	7
3.3.1.	BENEFÍCIOS	8
3.3.2.	LIMITAÇÕES	8
3.4.	FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO NO PLANEJAMENTO	9
3.4.1.	USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS	9
3.4.2.	SINAPI COMO REFERÊNCIA	9
4.	METODOLOGIA	10
4.1.	TIPO DE PESQUISA	10
4.2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	10
4.2.1.	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL	10
4.2.2.	ESTUDO DE CASO	10
4.3.	ABORDAGEM METODOLÓGICA	11
4.4.	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA	11
4.4.1.	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO	11
4.5.	FERRAMENTAS UTILIZADAS	12
4.5.1.	MICROSOFT EXCEL	12
4.5.2.	SISTEMA SINAPI	12
4.6.	VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA	12
4.6.1.	PROCEDIMENTOS DA VALIDAÇÃO	12
4.6.2.	CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO	13
4.7.	ANÁLISE DE SOFTWARES EXISTENTES	13
4.8.	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA METODOLOGIA	14
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
5.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
5.2.	DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA E LIMITAÇÕES	15
5.3.	BOTÕES DE NAVEGAÇÃO E FUNCIONALIDADES	16
5.3.1.	ABA CADASTRO	16

5.3.2.	ABA PLANEJAMENTO	18
5.3.3.	ABA RELATÓRIOS	23
5.4.	VALIDAÇÃO DO ESPECIALISTA	29
5.5.	ANÁLISE DE SOFTWARES EXISTENTES	31
5.6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	33
6.	CONCLUSÃO	35
7.	REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

A construção civil enfrenta desafios crescentes em termos de eficiência e produtividade, especialmente em projetos que demandam organização detalhada e planejamento rigoroso. O planejamento de obras tem como objetivo principal garantir a execução das atividades dentro do prazo, custo e qualidade estipulados. Em obras com características repetitivas, como rodovias, túneis ou edifícios de múltiplos pavimentos, a necessidade de coordenação eficiente se intensifica, tornando essencial o uso de metodologias que favoreçam o controle e a previsibilidade. As técnicas de planejamento tradicionais como o PERT/CPM e o Diagrama de Gantt não são adequadas pois as atividades repetidas em ciclos geralmente têm diferentes produtividades (ARDITI; OKDEMIR; SUH, 2002).

Entre essas metodologias que favorecem a previsibilidade, destaca-se a Linha de Balanço (LDB), uma técnica desenvolvida originalmente pela Goodyear Tire & Rubber Company em 1941. No entanto, a aplicação prática dessa técnica ainda enfrenta barreiras em empresas de pequeno e médio porte devido à alta complexidade e custo dos softwares especializados que implementam a metodologia.

Apesar de ter sido criada pela indústria, a Linha de Balanço foi adaptada para o setor da construção civil por sua capacidade de sincronizar atividades repetitivas e identificar conflitos de cronograma. Com o uso de representações gráficas, a técnica facilita o acompanhamento visual do progresso das atividades ao longo do tempo e do espaço. No entanto, sua aplicação prática ainda encontra barreiras em empresas de pequeno e médio porte, assim como profissionais autônomos de planejamento, devido à alta complexidade e custo dos softwares especializados que implementam essa metodologia.

Embora existam soluções de software avançadas no mercado, como o Prevision e Primavera, que integram a Linha de Balanço a outros métodos de controle, esses programas possuem altos custos de aquisição e demanda por profissionais capacitados para sua utilização. Pequenas e médias construtoras frequentemente não dispõem de recursos financeiros ou de equipes treinadas para implementar essas soluções, dependendo de ferramentas mais acessíveis, como planilhas eletrônicas, para gerenciar seus projetos.

Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento de uma planilha eletrônica automatizada no Microsoft Excel, projetada para aplicar a técnica da Linha de Balanço de maneira simplificada e acessível. Diferentemente de softwares robustos, a planilha foi concebida para atender empresas que buscam uma solução prática e econômica para o planejamento de suas obras. Por meio da integração com o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), a ferramenta permite o dimensionamento automático de mão de obra e a geração das linhas de balanço.

Ao longo deste estudo, serão detalhados o processo de desenvolvimento da ferramenta, as funcionalidades incorporadas e as contribuições oferecidas ao setor da construção civil. A proposta busca não apenas ampliar o acesso à metodologia da Linha de Balanço, mas também demonstrar sua viabilidade técnica e econômica para empresas que tradicionalmente enfrentam limitações financeiras e operacionais no uso de tecnologias avançadas. Além disso, será realizada uma análise crítica das principais limitações da ferramenta e sugestões para aprimoramentos futuros.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma planilha eletrônica automatizada no Microsoft Excel para que o usuário possa elaborar e acompanhar cronogramas de obras utilizando a metodologia da Linha de Balanço.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a funcionalidade da planilha com softwares tradicionais para evidenciar sua viabilidade econômica e técnica;
- Implementar a funcionalidade de dimensionamento de mão de obra, utilizando os coeficientes de produtividade do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI);
- Realizar uma validação prática da planilha eletrônica junto a um engenheiro de planejamento de obras, com o objetivo de identificar possíveis melhorias e verificar sua viabilidade técnica para aplicação no mercado.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Gerenciar a produção na construção civil exige um planejamento cuidadoso para assegurar o cumprimento de prazos, controle de custos e qualidade esperada. Segundo Meredith apud Mantel (2009), o planejamento envolve a definição de um conjunto de diretrizes para a execução de um projeto, a alocação de recursos e o estabelecimento de cronogramas.

Entre as principais vantagens do planejamento da produção na construção civil estão a melhoria na gestão de recursos, a redução de custos e o aumento da previsibilidade dos prazos. Estudos apontam que projetos com um planejamento robusto tendem a apresentar menores índices de desperdício de materiais e horas de trabalho, resultando em uma maior eficiência operacional (MEREDITH; MANTEL, 2009).

Em obras de natureza repetitiva, como edifícios de múltiplos pavimentos ou rodovias, torna-se essencial a aplicação de metodologias que representem adequadamente esse tipo de atividade. Um dos desafios mais críticos nesse contexto é a complexidade das atividades interdependentes, que exigem uma sincronização eficiente entre diversas equipes. Esses fatores tornam a metodologia da Linha de Balanço uma escolha justificável, devido à sua capacidade de lidar com tais demandas de forma estruturada.

3.2. LINHA DE BALANÇO: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A Linha de Balanço é uma metodologia visual e analítica que organiza o planejamento de obras em um gráfico bidimensional, onde o eixo X representa o tempo e o eixo Y as unidades básicas do projeto, como andares de um edifício. Já em obras de rodovia, os eixos podem se inverter - as unidades básicas são representadas no X e o tempo no Y.

Segundo Mattos (2019) ela é também conhecida por outros nomes em diferentes contextos, refletindo sua aplicação prática e origem histórica. Termos como "Diagrama Tempo-Caminho" ou "Diagrama Espaço-Tempo" são frequentemente utilizados, especialmente em projetos que envolvem deslocamento linear, como

rodovias, túneis e ferrovias, onde a relação entre tempo e espaço é essencial para a sincronização das atividades. Em alguns casos, ela é denominada "Método do Fluxo Linear" ou "Método de Programação Repetitiva (RSM)", enfatizando seu foco na continuidade e no ritmo de execução das atividades. Independentemente do nome, o objetivo principal da metodologia permanece o mesmo: representar graficamente a progressão das atividades ao longo do tempo e das unidades básicas.

3.2.1. SURGIMENTO DA TÉCNICA

A metodologia da Linha de Balanço (LDB) foi originalmente desenvolvida pela Goodyear Tire & Rubber Company, nos Estados Unidos, durante a década de 1940, com o objetivo de otimizar processos industriais (MATTOS, 2019).

Posteriormente, durante a Segunda Guerra Mundial, a técnica foi adaptada pela Marinha Americana para gerenciar projetos de grande escala e alta complexidade, como a construção de habitações militares e infraestrutura logística. O uso da técnica foi expandido para a construção civil a partir de estudos e aplicações voltadas para obras repetitivas, como rodovias, pontes e edifícios de múltiplos pavimentos.

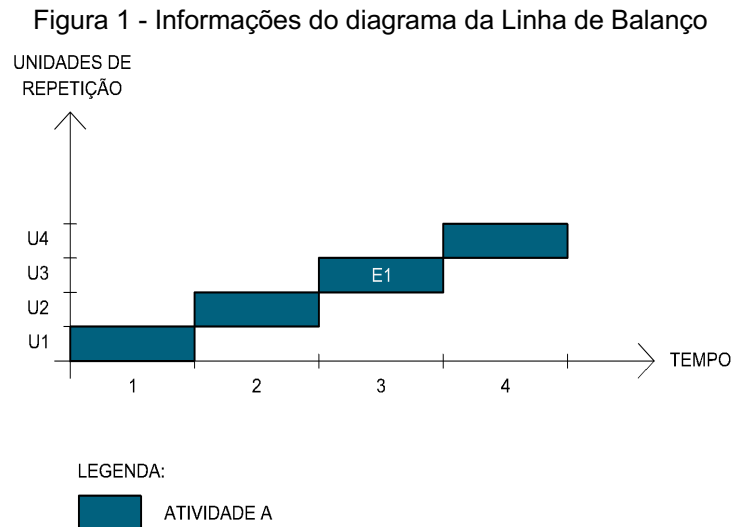
3.2.2. DEFINIÇÃO DA UNIDADE BÁSICA

Conforme mencionado por Maziero (1990), refere-se a um elemento-chave que representa a menor subdivisão repetitiva no processo construtivo. Essa unidade encapsula uma série de tarefas semelhantes que são executadas de maneira sequencial e recorrente ao longo do tempo, até a conclusão do projeto. Tomando como exemplo um condomínio residencial com diversos edifícios, a unidade básica pode ser cada torre, cada pavimento, cada apartamento ou cada ambiente – fica a critério do planejador.

3.2.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Um cronograma com Linha de Balanço é representado num gráfico de objetivos, em que um eixo representa o tempo e o outro a unidade básica (MENDES JÚNIOR, 1999). Para construções verticais, como casas, apartamentos, e edifícios de múltiplos pavimentos as unidades básicas são representadas no eixo Y, enquanto o tempo é representado em X, conforme a Figura 2. Já em construções horizontais, os

eixos podem se inverter; o eixo das coordenadas é representado pelo tempo e o eixo das abscissas é representado pelas unidades básicas.



Fonte: Autor (2024).

Com o gráfico elaborado é fácil analisar a produtividade, pois a técnica permite avaliar se as atividades estão ocorrendo dentro do ritmo planejado e se os recursos estão sendo utilizados de forma adequada. Ao ajustar as inclinações das linhas no gráfico, os gestores podem simular diferentes cenários e reprogramar as atividades para otimizar o uso dos recursos e minimizar atrasos.

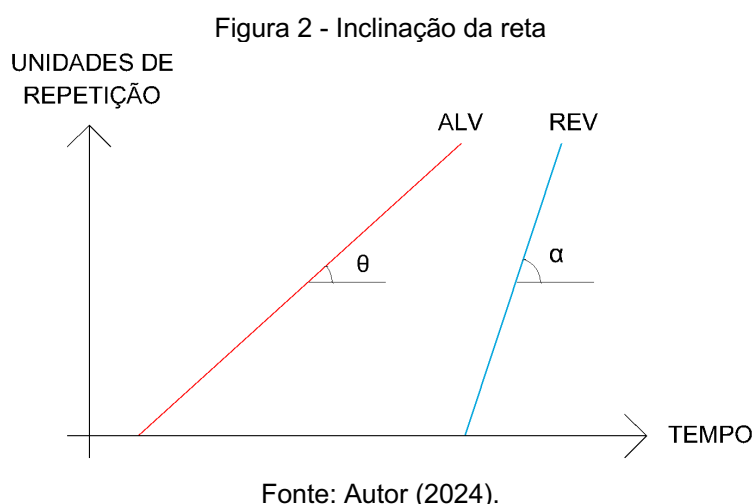
3.2.4. RITMO DE EXECUÇÃO

O conceito de ritmo é essencial na técnica da Linha de Balanço, pois se refere à velocidade com que as unidades básicas são concluídas ao longo do tempo. O ritmo de execução é representado graficamente pela inclinação das linhas no diagrama da Linha de Balanço, onde uma linha mais inclinada indica um ritmo mais acelerado e uma linha menos inclinada indica um ritmo mais lento. A coordenação do ritmo entre diferentes atividades é fundamental para evitar problemas, como a superposição de equipes em um mesmo espaço físico ou recursos parados.

O ritmo adequado deve ser ajustado de acordo com a capacidade das equipes, a disponibilidade de recursos e as condições do local de trabalho. A análise do ritmo ajuda a identificar gargalos e permite ajustar a programação para sincronizar as atividades, minimizando interrupções e maximizando a produtividade. Dessa forma, manter um ritmo constante e sincronizado é um dos principais objetivos da Linha de

Balanço, promovendo um fluxo de trabalho equilibrado e eficiente (MENDES JUNIOR, 1999).

Fazendo a comparação entre os serviços de alvenaria e execução de revestimento de gesso, percebe-se que o ritmo da alvenaria é menor devido a inclinação da reta— isso implica numa atividade com maior duração conforme ilustrado na Figura 2.



3.2.5. EQUIPE ESPECIALIZADA

A execução dos serviços depende significativamente da atuação de equipes especializadas. Essas equipes são as responsáveis por realizar atividades repetitivas dentro de suas áreas de especialização, o que aumenta a eficiência e a qualidade do trabalho. A especialização permite que as equipes se tornem altamente proficientes nas tarefas que executam, reduzindo o tempo de execução e os erros, e facilitando a manutenção de um ritmo constante no cronograma. Segundo Mattos (2019), a produtividade de uma equipe especializada não é linear, é exponencial.

3.3. BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES DA LINHA DE BALANÇO

Como toda metodologia, ela apresenta tanto vantagens quanto desafios que devem ser considerados para sua aplicação efetiva. Nesta seção, serão apresentados quatro benefícios principais, que reforçam sua utilidade no planejamento de projetos, e três limitações, intrínsecas à sua metodologia, que podem ser superadas com o uso de ferramentas automatizadas.

3.3.1. BENEFÍCIOS

Os benefícios estão associados principalmente à sua eficiência no planejamento de obras com atividades repetitivas. Entre os principais destaques estão:

- Clareza na representação do cronograma: A metodologia utiliza gráficos diretos que possibilitam programação para aquisição de recursos ao longo da obra (MAZIERO, 1990);
- Facilidade na análise: Em processos de repetição, a linha de balanço permite uma facilidade na previsão e análise do ritmo de execução (MENDES JÚNIOR, 1999);
- Especialização da mão de obra: A mão de obra consegue dominar as técnicas de execução e aumenta de forma exponencial a produtividade no canteiro de obra (MAZIERO, 1990);
- Percepção imediata de desvios: A técnica permite uma comparação visual imediata entre o planejado e o progresso real das atividades, facilitando a identificação de desvios (MAZIERO, 1990).

3.3.2. LIMITAÇÕES

Apesar de seus benefícios, a Linha de Balanço apresenta algumas limitações que podem impactar sua aplicação. Entre as principais limitações estão:

- Dependência de dados precisos: Exige integração entre o projeto e a construção (MAZIERO, 1990);
- Erro na hipótese da produção linear: Devido a especialização da mão de obra, a hipótese da linha de balanço em ter um ritmo de produção linear pode ser errada (MENDES JÚNIOR, 1999);
- Dificuldade na implementação manual: Quando feita manualmente, a elaboração do gráfico pode ser demorada e sujeita a erros, especialmente em projetos de grande porte.

3.4. FERRAMENTAS DE AUTOMAÇÃO NO PLANEJAMENTO

Para gerenciar cronogramas e recursos de forma mais eficiente, a automação tem desempenhado um papel fundamental na construção civil. No contexto da metodologia estudada neste trabalho - Linha de Balanço -, a utilização de ferramentas como planilhas eletrônicas e softwares especializados pode ser uma alternativa ao planejamento manual, que exige muito trabalho e está sujeito a falhas.

3.4.1. USO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS

O Microsoft Excel, uma das ferramentas mais amplamente utilizadas na construção civil, destaca-se por sua flexibilidade e acessibilidade. Entre as principais vantagens estão:

- Cálculos automatizados: A integração de fórmulas permite automatizar tarefas como o cálculo da produtividade e dimensionamento da mão de obra;
- Adaptação: O Excel permite customizar soluções para diferentes ritmos de execução e unidades básicas;
- Custo: Em comparação com outras ferramentas robustas no planejamento de obras, o Excel é uma alternativa econômica e amplamente disponível.

Apesar das vantagens apresentadas, quanto maior for o nível de complexidade do projeto a ser planejado, maiores serão as limitações que o Excel começa a apresentar. No entanto, para o foco deste trabalho suas funcionalidades são suficientes para implementar a Linha de Balanço.

3.4.2. SINAPI COMO REFERÊNCIA

O SINAPI é reconhecido nacionalmente como uma referência confiável para coleta de dados no planejamento de obras. Suas composições de produtividade e custos oferecem uma base sólida para o cálculo de equipes e prazos, garantindo que os cronogramas sejam alinhados à realidade do setor. No contexto deste trabalho, o SINAPI é integrado à planilha eletrônica para proporcionar maior precisão no dimensionamento de recursos e na organização das atividades.

4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida com base em um conjunto de estratégias que visam atender aos objetivos propostos e garantir a viabilidade da ferramenta a ser desenvolvida. A seguir, são descritos os aspectos relacionados ao tipo de pesquisa, os procedimentos adotados, a abordagem utilizada e as etapas de desenvolvimento da planilha.

4.1. TIPO DE PESQUISA

Do ponto de vista dos objetivos, este trabalho se classifica como descritivo e explicativo. A pesquisa descritiva tem como propósito detalhar as características da ferramenta desenvolvida, incluindo suas funcionalidades e integrações, como o uso da técnica da Linha de Balanço e a incorporação de dados do SINAPI. Já a abordagem explicativa busca analisar a relação entre o uso da planilha automatizada e os benefícios no planejamento de obras repetitivas, como a redução de erros e o aumento da eficiência.

4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

A pesquisa bibliográfica foi realizada para embasar teoricamente o trabalho, explorando conceitos sobre a Linha de Balanço, planejamento de obras e automação de processos. As fontes incluem livros, artigos científicos e normas técnicas relacionadas ao setor da construção civil. A pesquisa documental complementou essa etapa, utilizando dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para fundamentar o dimensionamento de mão de obra e a estimativa de prazos.

4.2.2. ESTUDO DE CASO

Para validar a funcionalidade da planilha, foi conduzido um estudo de caso aplicado a uma obra fictícia com características reais, baseada em dados típicos de construções de múltiplos pavimentos. Esse estudo de caso permitiu testar as funcionalidades desenvolvidas e analisar sua aplicabilidade prática.

4.3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica deste trabalho é predominantemente qualitativa, focando na análise interpretativa dos dados coletados e no entendimento aprofundado do contexto de aplicação da ferramenta. Essa abordagem foi escolhida devido à natureza do objeto de estudo, que requer uma avaliação subjetiva de aspectos como usabilidade, funcionalidade e adaptabilidade da planilha ao planejamento de obras repetitivas.

O desenvolvimento e a validação da ferramenta envolveram a coleta de opiniões e feedbacks de um especialista em planejamento de obras, que forneceu informações sobre o desempenho da planilha em situações práticas. Essa perspectiva qualitativa permitiu identificar pontos fortes, limitações e sugestões de melhoria, valorizando as experiências reais dos profissionais do setor.

4.4. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

4.4.1. ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO

O processo de desenvolvimento da planilha foi estruturado em quatro etapas principais:

1 - LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Identificar as funcionalidades necessárias para atender às demandas do planejamento de obras repetitivas;

Integrar dados do SINAPI para o cálculo de mão de obra e ritmo de execução;

2 - MODELAGEM DA PLANILHA

Definir a estrutura lógica e funcional da ferramenta no Microsoft Excel, incluindo: fórmulas para cálculos automáticos de cronogramas e representação gráfica da Linha de Balanço;

Desenvolver um protótipo inicial para teste;

3 - VALIDAÇÃO COM ESPECIALISTA

Apresentar a planilha a um engenheiro de planejamento de obras para avaliação.

Coletar feedback sobre funcionalidades, usabilidade e possíveis melhorias.

4 - AJUSTES E VERSÃO FINAL

Implementar as melhorias sugeridas durante a validação.

Gerar a versão final da planilha, pronta para aplicação prática.

4.5. FERRAMENTAS UTILIZADAS

4.5.1. MICROSOFT EXCEL

O Microsoft Excel foi escolhido como plataforma principal para o desenvolvimento da ferramenta devido à sua flexibilidade, acessibilidade e facilidade de uso. As principais funcionalidades utilizadas incluem:

- Fórmulas para cálculos automatizados.
- Criação de gráficos representando a Linha de Balanço.
- Integração com dados externos, como o SINAPI.

4.5.2. SISTEMA SINAPI

O SINAPI foi integrado à planilha para fornecer coeficientes de produtividade confiáveis, garantindo precisão no dimensionamento de equipes e na estimativa de prazos.

4.6. VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Para validar a eficácia da ferramenta, foi realizada uma aplicação prática com a participação de um engenheiro especialista em planejamento de obras. Esse profissional utilizou a planilha para planejar uma obra real com base em dados reais e fornecer feedback sobre sua funcionalidade e usabilidade.

4.6.1. PROCEDIMENTOS DA VALIDAÇÃO

A validação da ferramenta foi estruturada em duas etapas principais, com a participação de um engenheiro especialista em planejamento de obras repetitivas. Esse processo teve como objetivo avaliar a funcionalidade e a aplicação prática da planilha no contexto real de obras.

Na primeira etapa, o engenheiro foi introduzido à ferramenta por meio de uma apresentação detalhada. Essa etapa incluiu uma explicação sobre a estrutura da planilha, os passos necessários para seu preenchimento e as funcionalidades automatizadas, como cálculos de cronogramas e dimensionamento de recursos. Também foram demonstrados os gráficos gerados pela ferramenta, que representam a Linha de Balanço. Durante essa apresentação, o especialista teve a oportunidade de esclarecer dúvidas e compreender como a ferramenta poderia ser utilizada no planejamento de obras repetitivas.

Na segunda etapa, o especialista realizou testes práticos, utilizando dados reais de uma obra previamente planejada por ele. Foram inseridas informações sobre atividades, produtividades e ritmos de execução para simular o planejamento no contexto da planilha. Durante essa fase, o especialista utilizou a ferramenta de forma independente, enquanto o processo foi acompanhado para registrar suas observações.

Ao longo dessa validação, foram registradas anotações qualitativas sobre o desempenho da planilha, que incluíram feedbacks sobre sua usabilidade e sugestões de melhorias. Essas observações foram fundamentais para a etapa seguinte de ajustes e refinamento da ferramenta.

4.6.2. CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO

Foram definidos critérios qualitativos para orientar a validação da ferramenta. Em cada um dos tópicos abaixo listados, o engenheiro de planejamento precisou avaliar com uma nota de zero a dez:

- Precisão dos cálculos.
- Facilidade de uso.
- Relevância das funcionalidades.

4.7. ANÁLISE DE SOFTWARES EXISTENTES

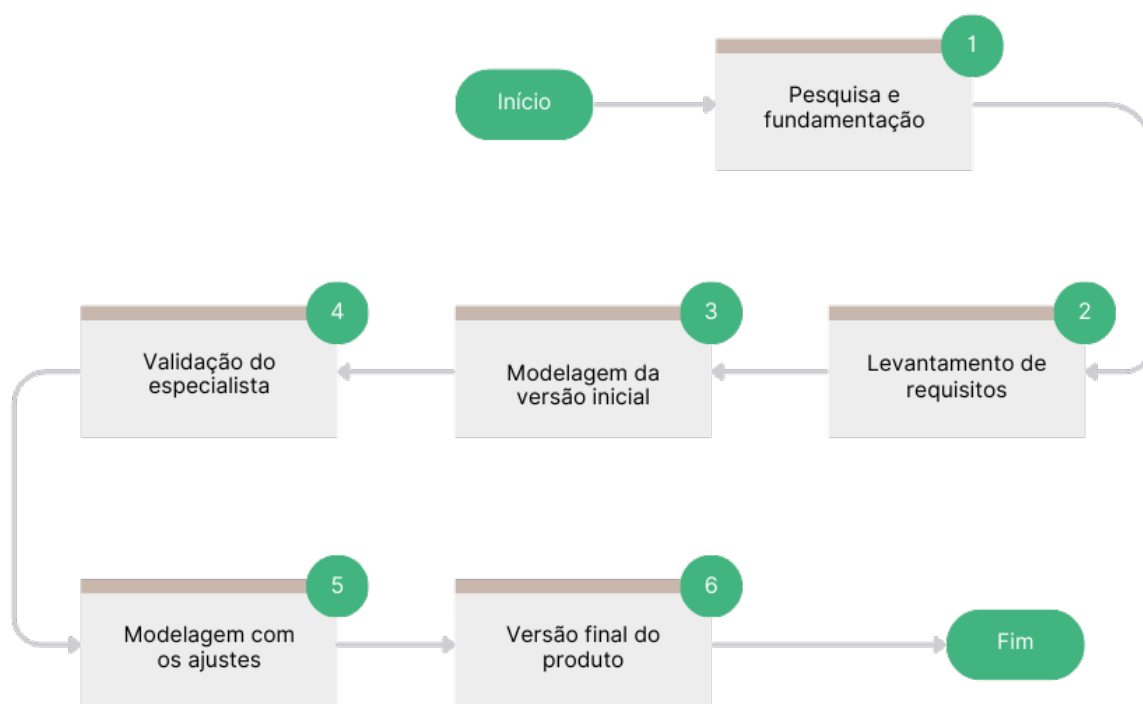
Para avaliar a viabilidade técnica e econômica da planilha desenvolvida, foi realizada uma análise comparativa com dois softwares amplamente utilizados no planejamento de obras: Prevision e Agilean. Essa análise teve como objetivo

identificar como as funcionalidades da planilha se posicionam em relação a essas ferramentas, destacando suas similaridades, diferenças e potenciais vantagens no contexto de obras repetitivas. O especialista realizou simulações nos dois softwares, explorando suas capacidades em cronogramas automatizados, integração de dados, representação gráfica e gerenciamento de recursos. Durante os testes, o engenheiro especialista registrou observações qualitativas sobre a experiência de uso, as limitações e os diferenciais técnicos de cada ferramenta.

4.8. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA METODOLOGIA

A seguir, apresenta-se um fluxograma ilustrando as etapas do desenvolvimento e validação da ferramenta:

Figura 3 - Síntese do método empregado para construção da ferramenta



Fonte: Autor (2024).

A metodologia descrita neste capítulo combina pesquisa teórica, desenvolvimento prático e validação com especialistas, garantindo que a ferramenta proposta seja funcional, precisa e aplicável no planejamento de obras repetitivas. A abordagem integrada permite que o trabalho contribua tanto para a prática profissional quanto para a pesquisa acadêmica no setor da construção civil.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

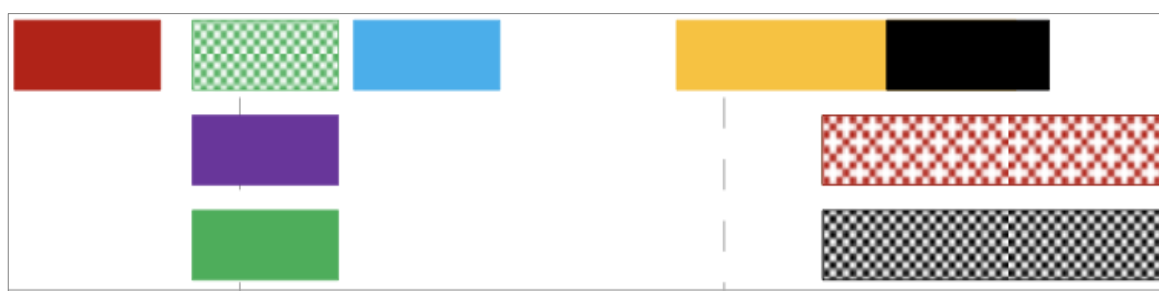
Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento e validação da ferramenta proposta, bem como uma discussão sobre os achados e seu impacto no planejamento de obras repetitivas.

5.2. DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA E LIMITAÇÕES

Para elaborar a planilha, faz-se necessário destacar que ela possui uma aparência de software, então no produto algumas funcionalidades estarão ocultas para alcançar o pressuposto, tais como: guias da planilha, exibição dos títulos e linhas de grade. Além disso, células que não necessitam de entrada de dados por parte do usuário precisam estar bloqueadas.

A proposta da planilha é utilizar apenas os recursos básicos do programa, e isso desencadeia em limitações no desenvolvimento. Uma dessas limitações é a quantidade de atividades simultâneas para uma determinada unidade. A figura 4 é o recorte de uma unidade básica. Foi estabelecido o padrão de até 3 atividades simultâneas, isso implica em 3 linhas da planilha para cada unidade básica. Caso haja uma quarta atividade simultânea ela será desconsiderada. A preferência será sempre em relação à sequência que foram cadastradas as atividades, ou seja, as atividades que foram cadastradas primeiro têm preferência no sequenciamento.

Figura 4 - Limitação na quantidade de atividades simultâneas



Fonte: Autor (2024).

Paralela a esta limitação, deve-se adotar um número máximo de unidades para que a planilha não seja infinita. Com isso, foi adotado o número trinta como sendo o limite de unidades, enquanto os pacotes de trabalho foram limitados em quarenta.

como pavimentos ou blocos específicos. Esse detalhamento é essencial para que a técnica de Linha de Balanço organize a execução conforme o ritmo das unidades.

Figura 7 - Aba de cadastro das unidades básicas

CADASTRO

PLANEJAMENTO

RELATÓRIOS

IMPRESSÃO

INFORMAÇÕES

TAREFAS

UNIDADES

FUNÇÕES

FERIADOS

ITEM	LOTES DE REPETIÇÃO
1	1º PAVIMENTO
2	2º PAVIMENTO
3	3º PAVIMENTO
4	4º PAVIMENTO
5	5º PAVIMENTO
6	6º PAVIMENTO
7	7º PAVIMENTO

Fonte: Autor (2024).

Para complementar o cadastro inicial, o usuário deve acessar a aba Funções e listar as funções da mão de obra direta, ou seja, os profissionais que atuarão nas atividades planejadas. Essa definição possibilita uma alocação mais precisa dos recursos humanos necessários para cada etapa do projeto.

Figura 8 - Aba de cadastro das funções

CADASTRO

PLANEJAMENTO

RELATÓRIOS

IMPRESSÃO

INFORMAÇÕES

TAREFAS

UNIDADES

FUNÇÕES

FERIADOS

ITEM	FUNÇÕES
1	PEDREIRO
2	SERVENTE
3	ELETRICISTA
4	ENCANADOR
5	GESSEIRO
6	ARMADOR

Fonte: Autor (2024).

Finalmente, na aba Feriados, o usuário deve registrar os dias não trabalhados, uma vez que esses dias impactam diretamente a duração das atividades e o prazo de execução do projeto. Essa informação é fundamental para que o cronograma considere corretamente os dias úteis.

Figura 9 - Aba de cadastro dos feriados

CADASTRO

PLANEJAMENTO

RELATÓRIOS

IMPRESSÃO

INFORMAÇÕES

TAREFAS

UNIDADES

FUNÇÕES

FERIADOS

ITEM	DESCRIÇÃO	DATA
1	NATAL	25/12/2024
2	ANO NOVO	01/01/2025
3	FINADOS	02/11/2024
4	PROCLAMAÇÃO DA REPÚBLICA	15/11/2024
5	CONSCIÊNCIA NEGRA	20/11/2024
6	IMACULADA CONCEIÇÃO	08/12/2024

Fonte: Autor (2024).

5.3.2. ABA PLANEJAMENTO

Após a entrada de dados na aba Cadastro, devemos entrar no planejamento e utilizar as informações cadastradas para gerar as linhas de balanço. Em geral, a linha de balanço conta com estimativas de homem-hora e com o tamanho ótimo da equipe.

No planejamento de obras, a determinação e organização das equipes de trabalho são fatores cruciais para assegurar o cumprimento dos prazos estabelecidos. Para tal, a planilha proposta neste estudo aborda dois conceitos fundamentais: equipe dimensionada e equipe mínima. A equipe dimensionada corresponde à definição inicial do número ideal de trabalhadores para realizar as atividades dentro do prazo desejado, considerando as demandas específicas de produtividade e cronograma. Em contrapartida, a equipe mínima representa a menor quantidade de trabalhadores necessária para manter o avanço contínuo da obra, mesmo que em um ritmo reduzido.

As informações de produtividade em geral são obtidas a partir de dados históricos. Neste trabalho, a planilha conta com uma aba que consulta às

produtividades médias do SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Para realizar esse procedimento, foi necessário acessar o site da CAIXA que disponibiliza mensalmente os relatórios de custos por Estado. Para este estudo, foi adotada, por padrão, a localidade São Paulo. Com a planilha de composições SINAPI aberta, foi realizada a importação aba correspondente para a planilha desenvolvida neste trabalho.

Figura 10 - Planilha de composições do SINAPI

A		B	C	D	E	F	G
PCI.618.01 - CUSTOS DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICO			DATA DE EMISSÃO:20/03/2024 02:07:54		DATA DE RT: 19/03/2024		
ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 115,54%(HORA)		71,46%(MÉS)					
ABRANGÊNCIA: NACIONAL			DATA REFERENCIA TECNICA: 19/03/2024 LOCALIDADE : SAO PAULO				
REFERÊNCIA DE COLETA: MEDIANO			VOLTAR				
5							
6	DESCRIÇÃO DA CLASSE	SIGLA DA CLASSE/DESCRIÇÃO DO TIPO 1			SIGLA DO CÓDIGO DO AGRUPAD/DESCRIÇÃO DO AGRUPAD/CÓDIGO DA COMPOSIC. DE		
7							
8	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
9	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
10	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
11	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
12	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
13	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67141	AS
14	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
15	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
16	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
17	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
18	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
19	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67142	AS
20	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
21	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
22	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
23	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
24	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
25	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67143	AS
26	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
27	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
28	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
29	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
30	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
31	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67144	AS
32	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67145	AS
33	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67145	AS
34	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67145	AS
35	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67145	AS
36	ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS	ASTU	FORMEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTI	45		67145	AS

Fonte: Autor (2024).

Na aba de consulta de produtividade cinco tabelas foram elaboradas para que o usuário possa escolher entre a equipe dimensionada e a equipe mínima. A primeira tabela solicita o quantitativo planejado e o prazo de execução desejado em dias. A segunda tabela traz informações acerca da mão de obra – função, coeficiente de hora-homem, horas trabalhadas por dia e percentual de produtividade. Já a terceira e a quarta tabela contêm os cálculos para determinar a equipe dimensionada e a equipe mínima, respectivamente. Por fim, a quinta tabela, que deve ser a primeira a ser preenchida, traz a descrição e o código da composição do SINAPI.

Para que o usuário procure pelo serviço desejado, será gerada uma automação na quinta tabela para facilitar a pesquisa. Para configurar essa automação, é necessário abrir tabela do SINAPI, e, uma vez que esta tabela já esteja numa aba auxiliar do Excel, selecionar as atividades que estão na coluna H e usar a ferramenta Definir Nome. Esse Nome será utilizado numa Validação de Dados com permissão de Lista. A fonte dessa validação será o Nome que foi dado lá na tabela auxiliar – nesse caso o nome utilizado foi SINAPI.

Figura 11 - Aba de consulta da produtividade com base no SINAPI

CADASTRO		PLANEJAMENTO	RELATÓRIOS	IMPRESSÃO	INFORMAÇÕES																																		
PRODUTIVIDADE		EQUIPES	LINHA DE BALANÇO																																				
ACESSAR SINAPI		ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INFORMAÇÕES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantitativo planejado</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>Prazo de execução desejado (dias)</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		INFORMAÇÕES		Quantitativo planejado	200	Prazo de execução desejado (dias)	10	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">MÃO DE OBRA</th> </tr> <tr> <th>FUNÇÃO</th> <th>COEFICIENTE</th> <th>HORAS NECESSÁRIAS</th> <th>HORAS/DIA TRABALHADAS</th> <th>% PRODUTIVIDADE</th> <th>PROD/DIÁRIA</th> <th>EQUIPE OTIMIZADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pedreiro</td> <td>1,6100</td> <td>322</td> <td>9</td> <td>80%</td> <td>4,4 m²</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Servente</td> <td>0,8050</td> <td>161</td> <td>9</td> <td>80%</td> <td>-</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				MÃO DE OBRA							FUNÇÃO	COEFICIENTE	HORAS NECESSÁRIAS	HORAS/DIA TRABALHADAS	% PRODUTIVIDADE	PROD/DIÁRIA	EQUIPE OTIMIZADA	Pedreiro	1,6100	322	9	80%	4,4 m²	2	Servente	0,8050	161	9	80%	-	1
INFORMAÇÕES																																							
Quantitativo planejado	200																																						
Prazo de execução desejado (dias)	10																																						
MÃO DE OBRA																																							
FUNÇÃO	COEFICIENTE	HORAS NECESSÁRIAS	HORAS/DIA TRABALHADAS	% PRODUTIVIDADE	PROD/DIÁRIA	EQUIPE OTIMIZADA																																	
Pedreiro	1,6100	322	9	80%	4,4 m²	2																																	
Servente	0,8050	161	9	80%	-	1																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUIPE DIMENSIONADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRODUTIVIDADE DIÁRIA</td> <td>22 m²/dia</td> </tr> <tr> <td>DURAÇÃO</td> <td>10 dias</td> </tr> <tr> <td>NÚMERO DE EQUIPES</td> <td>2,33</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPE DIMENSIONADA		PRODUTIVIDADE DIÁRIA	22 m²/dia	DURAÇÃO	10 dias	NÚMERO DE EQUIPES	2,33	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUIPE OTIMIZADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRODUTIVIDADE DIÁRIA</td> <td>8,6 m²/dia</td> </tr> <tr> <td>DURAÇÃO</td> <td>23 dias</td> </tr> <tr> <td>NÚMERO DE EQUIPES</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPE OTIMIZADA		PRODUTIVIDADE DIÁRIA	8,6 m²/dia	DURAÇÃO	23 dias	NÚMERO DE EQUIPES	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DETALHES DO SERVIÇO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CÓDIGO</td> <td>103328/SINAPI</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DESCRIÇÃO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020</td> </tr> </tbody> </table>		DETALHES DO SERVIÇO		CÓDIGO	103328/SINAPI	DESCRIÇÃO		ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020											
EQUIPE DIMENSIONADA																																							
PRODUTIVIDADE DIÁRIA	22 m²/dia																																						
DURAÇÃO	10 dias																																						
NÚMERO DE EQUIPES	2,33																																						
EQUIPE OTIMIZADA																																							
PRODUTIVIDADE DIÁRIA	8,6 m²/dia																																						
DURAÇÃO	23 dias																																						
NÚMERO DE EQUIPES	1																																						
DETALHES DO SERVIÇO																																							
CÓDIGO	103328/SINAPI																																						
DESCRIÇÃO																																							
ALVENARIA DE EMBASAMENTO COM BLOCO ESTRUTURAL DE CONCRETO, DE 14X19X29CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUIPE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pedreiro</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Servente</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPE		Pedreiro	5	Servente	2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUIPE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pedreiro</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Servente</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPE		Pedreiro	2	Servente	1																								
EQUIPE																																							
Pedreiro	5																																						
Servente	2																																						
EQUIPE																																							
Pedreiro	2																																						
Servente	1																																						

Fonte: Autor (2024).

Na aba Produtividade, o usuário deve digitar o nome do serviço que está procurando na célula J15. É nessa célula que deve estar a validação de dados. Isso permite que, enquanto o usuário digita o nome da atividade, a planilha exibe as composições do SINAPI que possuem o texto digitado – para que funcione deve estar ativada a ferramenta Preenchimento Automático nas preferências do Excel. Depois de selecionado o serviço, basta digitar o quantitativo planejado e o prazo de execução desejado; em seguida a planilha retorna com a equipe dimensionada e equipe mínima – utilizando o prazo desejado e a menor equipe possível, respectivamente.

Sobre o cálculo da produtividade diária e duração com a equipe dimensionada, aplicar as seguintes fórmulas nas células C12 e C13:

$$\{=SE(C10="";"";ARREDONDAR.PARA.CIMA(C10/H16*C16;0)&" "&D7&"/dia")\}$$

$$\{=SE(C8=0;"";C8&SE(C8=1;" dia";" dias"))\}$$

A última fórmula é apenas uma repetição do prazo digitado na primeira tabela – prazo de execução desejado. Sobre o cálculo da produtividade diária e da duração com a equipe mínima, aplicar as seguintes fórmulas nas células H12 e H13:

```
{=SEERRO(CONCATENAR(ARRED(ARREDONDAR.PARA.BAIXO(C7/SE(H16="";"";
;ARREDONDAR.PARA.CIMA($C$7/(((I8*J8)/G8)*H16);0));1);2);"";D7&"/dia";""))}
```

```
{=SE(G8="";"";CONCATENAR(SE(H16="";"";ARREDONDAR.PARA.CIMA($C$7/(((I8
*J8)/G8)*H16);0));SE(ARREDONDAR.PARA.CIMA($C$7/(((I8*J8)/G8)*H16);0)=1;"
dia";" dias"))}}
```

Com as informações de produtividade consultadas no SINAPI, o usuário pode acessar a aba Equipes. Nessa aba, é possível vincular a quantidade de colaboradores aos pacotes de serviço, com um limite de até quatro tipos de funções diferentes para uma mesma tarefa. Na coluna da esquerda, estão listadas as quarenta atividades que podem ser cadastradas pelo usuário, seguindo a fórmula a seguir:

```
{=SEERRO(SE(TAREFAS!C5<>0;TAREFAS!C5;"";""))}
```

Já nas demais colunas, o usuário pode cadastrar as quatro funções que também está configurada em formato de Validação de Dados. Portanto, todas as células que estão nas colunas de funções estão com uma caixa de seleção no formato de lista.

Figura 12 - Aba de cadastro das equipes que vincula as funções aos pacotes de trabalho

CADASTRO PLANEJAMENTO RELATÓRIOS IMPRESSÃO INFORMAÇÕES									
PRODUTIVIDADE EQUIPES LINHA DE BALANÇO									
ITEM	TAREFA	FUNÇÃO 1	QUANTIDADE	FUNÇÃO 2	QUANTIDADE	FUNÇÃO 3	QUANTIDADE	FUNÇÃO 4	QUANTIDADE
1	ESTRUTURA	ARMADOR	2	SERVENTE	1				
2	ALVENARIA	PEDREIRO	5	SERVENTE	2				
3	ESQUADRIAS								
4	INSTALAÇÃO ELÉTRICA								
5	REVESTIMENTO								
6	LOUÇAS								
7	ACABAMENTO								

Fonte: Autor (2024).

Por fim, na aba Linha de Balanço é realizado o balanceamento do cronograma. Uma tabela com os trinta lotes de repetição na coluna da lateral esquerda. Em seguida, a cada quatro colunas consecutivas está designada uma atividade com as seguintes informações: início, duração, fim e intervalo. Como foi dito

anteriormente, a planilha está limitada em até quarenta tarefas, logo, são necessários quarenta conjuntos de quatro linhas contendo as informações citadas.

Figura 13 - Aba de balanceamento do cronograma

		CADASTRO				PLANEJAMENTO				RELATÓRIOS				IMPRESSÃO				INFORMAÇÕES					
PRODUTIVIDADE		EQUIPES				LINHA DE BALANÇO																	
TAREFAS		ESTRUTURA				ALVENARIA				ESQUADRIAS				INSTALAÇÃO ELÉTRICA									
ITEM	LOTES DE REPETIÇÃO	INÍCIO	DURAÇÃO	FIM	INTERVALO	INÍCIO	DURAÇÃO	FIM	INTERVALO	INÍCIO	DURAÇÃO	FIM	INTERVALO	INÍCIO	DURAÇÃO	FIM	INTERVALO						
11	11º PAVIMENTO	31/05/2024	10	13/06/2024		12/04/2024	6	19/04/2024		23/04/2024	6	30/04/2024		20/05/2024	8	29/05/2024							
10	10º PAVIMENTO	17/05/2024	10	30/05/2024		04/04/2024	6	11/04/2024		15/04/2024	6	22/04/2024		08/05/2024	8	17/05/2024							
9	9º PAVIMENTO	03/05/2024	10	16/05/2024		27/03/2024	6	03/04/2024		05/04/2024	6	12/04/2024		26/04/2024	8	07/05/2024							
8	8º PAVIMENTO	19/04/2024	10	02/05/2024		19/03/2024	6	26/03/2024		28/03/2024	6	04/04/2024		16/04/2024	8	25/04/2024							
7	7º PAVIMENTO	05/04/2024	10	18/04/2024		11/03/2024	6	18/03/2024		20/03/2024	6	27/03/2024		04/04/2024	8	15/04/2024							
6	6º PAVIMENTO	22/03/2024	10	04/04/2024		01/03/2024	6	08/03/2024		12/03/2024	6	19/03/2024		25/03/2024	8	03/04/2024							
5	5º PAVIMENTO	08/03/2024	10	21/03/2024		22/02/2024	6	29/02/2024		04/03/2024	6	11/03/2024		13/03/2024	8	22/03/2024							
4	4º PAVIMENTO	23/02/2024	10	07/03/2024		14/02/2024	6	21/02/2024		23/02/2024	6	01/03/2024		01/03/2024	8	12/03/2024							
3	3º PAVIMENTO	09/02/2024	10	22/02/2024		06/02/2024	6	13/02/2024		15/02/2024	6	22/02/2024		20/02/2024	8	29/02/2024							
2	2º PAVIMENTO	26/01/2024	10	08/02/2024		29/01/2024	6	05/02/2024		07/02/2024	6	14/02/2024		08/02/2024	8	19/02/2024							
1	1º PAVIMENTO	14/01/2024	10	25/01/2024		20/01/2024	6	26/01/2024		30/01/2024	6	06/02/2024		29/01/2024	8	07/02/2024							

Fonte: Autor (2024).

A coluna com o nome dos lotes de repetição está automatizada para exibir até trinta unidades que foram cadastradas no início. Já na célula D38 é necessário que o usuário cadastre a data de início do cronograma – primeiro lote de repetição.

A linha de balanço é configurada com início na parte inferior do gráfico, logo, ao cadastrar fórmulas, o arraste deve ser de baixo para cima. Como a data de início da primeira unidade deve ser um dado cadastrado pelo usuário, não há fórmula. Porém, aqui estão as fórmulas de fim da tarefa na primeira unidade e início na segunda unidade, respectivamente:

`{=SE(E38=0;0;SE(D38<>"";DIATRABALHO(D38;E38-1;FERIADO);""))}`

`{=SEERRO(SE(E37=0;NÃO.DISP());SE(C37<>0;DIATRABALHO(F38;1;FERIADO);""))}`

As fórmulas anteriores somente podem ser aplicadas na primeira atividade, pois não há tarefa predecessora. Para as demais atividades, deve-se fazer uma verificação se a data de início da atividade será vinculada com a data de término da atividade predecessora ou com a data de término na unidade anterior. Por exemplo,

para calcular a data de início da alvenaria no segundo pavimento, a planilha deve verificar quem termina mais tarde – a estrutura do pavimento 2 ou a alvenaria do pavimento 1. Abaixo estão listadas as fórmulas de início e fim de todas as tarefas, exceto a primeira:

```
{=SEERRO(SE(E(H$5=0;$C38<>0);DIATRABALHO(J39;1;FERIADO);SE(($C38<>0)
*(H$4<>0)*(I38<>0);MÁXIMO(DIATRABALHO(J39;1);DIATRABALHO(ÍNDICE($F38:
$FG38;1;CORRESP(H$5;$F$6:$FG$6;0));SE(G38>0;G38+1;1);FERIADO));""));""})
{=SE(H38<>"";DIATRABALHO(H38;I38-1;FERIADO);"")}
```

Com as fórmulas aplicadas em todas as datas de início e fim das atividades, o usuário deve cadastrar no mínimo duas informações: a data de início da primeira tarefa no primeiro pavimento e a duração de todas as tarefas cadastradas. Embora todo o processo esteja automatizado, nada impede que o responsável pelo planejamento insira manualmente a data, sem comprometer a geração das linhas de balanço, que continuarão sendo calculadas normalmente.

5.3.3. ABA RELATÓRIOS

Nesta aba é possível escolher quais relatórios devem ser exibidos através de botões de navegação. Automaticamente é gerada a linha de balanço gráfica e analítica e o histograma da obra no formato gráfico e analítico.

Para que a planilha plote a linha de balanço algumas considerações tiveram que ser verificadas. A primeira consideração é a quantidade de serviços simultâneos. Cada lote de repetição conta com três linhas – esse fator não impede que o usuário cadastre mais de três serviços no planejamento, apenas a plotagem é que vai dar preferência aos serviços que estão em ordem crescente na aba de cadastro das tarefas. Por exemplo, se as tarefas 1, 2 e 4 (da aba cadastro) estão acontecendo simultaneamente no pavimento 01 e a tarefa 7 também está, apenas as tarefas 1, 2 e 4 é que serão plotadas.

A segunda consideração é a quantidade de células. Para garantir maior precisão no planejamento, cada célula de uma linha do Excel representa um dia. Foi estabelecido um prazo máximo do planejamento para que ele não fique muito extenso

e prejudique a usabilidade – dois anos. Portanto, a linha que delimita o tempo possui aproximadamente setecentos e trinta células com fórmula.

Uma terceira consideração é que o cronograma inicia do primeiro dia do mês que foi cadastrado como a data de início do planejamento. Por exemplo, se a tarefa 01 foi planejada para iniciar no dia 25/06/2024, o cronograma inicia em 01/06/2024.

Considerando que a data de início está registrada na célula D38 da aba BALANÇO — valor digitado pelo usuário no início do balanceamento das atividades — a fórmula para obter o primeiro dia do mês é a seguinte:

$$\{=FIMMÊS(BALANÇO!D38;-1)+1\}$$

A etapa mais desafiadora foi o desenvolvimento das fórmulas para plotagem das tarefas no cronograma, de modo que obedecessem à regra das três atividades simultâneas. Esse processo exigiu não apenas um domínio das funções avançadas da ferramenta, mas também uma compreensão precisa das restrições impostas pelo cronograma.

A principal dificuldade residiu na criação de fórmulas capazes de ajustar automaticamente as atividades de acordo com as prioridades e as limitações de simultaneidade. Devido à complexidade desse cálculo, foi necessário realizar diversas tentativas para encontrar uma configuração que fosse ao mesmo tempo funcional e eficiente, sem comprometer a clareza do cronograma.

O impacto dessas dificuldades no andamento do projeto foi significativo, levando à revisão de algumas abordagens iniciais e à necessidade de ajustes contínuos. Para superar esses obstáculos, investi em pesquisas adicionais sobre fórmulas condicionais e consultei profissionais em Excel para garantir que as fórmulas aplicadas mantivessem a precisão desejada.

Para facilitar o desenvolvimento do cronograma e a aplicação da regra das três atividades simultâneas, foi criada uma aba auxiliar no Excel contendo duas matrizes de controle – uma com datas de início e outra com datas de término. Nessas matrizes, organizei uma tabela em que os pacotes de trabalho estão listados na coluna esquerda, enquanto os nomes dos lotes de repetição foram dispostos na linha superior. Na primeira matriz de controle, cada célula representa a data de início. Na

captura de dados e a verificação dos serviços simultâneos. A tabela conta com cinco colunas – lote de repetição, tarefa, início, término e qual linha ela seria plotada. Esta última foi a solução encontrada para garantir os três serviços simultâneos e abaixo está a fórmula dessa coluna.

$$\{=SE(CONT.SES(A\$1:A1;A1;C\$1:C1;"<="&D1;D\$1:D1;">="&C1)>3;"";CONT.SES(A\$1:A1;A1;C\$1:C1;"<="&D1;D\$1)$$

Figura 15 - Tabela auxiliar que verifica o número da linha a ser plotada

	A	B	C	D	E
1	1	ESTRUTURA	16/02/2024	06/03/2024	1
2	1	ALVENARIA	08/03/2024	19/03/2024	1
3	1	ESQUADRIAS	20/03/2024	08/04/2024	1
4	1	INSTALAÇÃO EL	20/03/2024	04/04/2024	2
5	1	REVESTIMENTO	05/04/2024	01/05/2024	2
6	1	LOUÇAS	02/05/2024	28/05/2024	1
7	1	ACABAMENTO	09/04/2024	26/04/2024	2

Fonte: Autor (2024).

Com os dados devidamente organizados, será dado início ao processo de plotagem das atividades na aba do cronograma.

Na montagem do cronograma, os lotes de repetição estão dispostos na primeira coluna (vertical) e o tempo está disposto na linha (horizontal). Considerando que a planilha permite trinta unidades básicas e até três linhas simultâneas, a área de plotagem conta com um total de noventa linhas. Já no eixo do tempo, com o prazo máximo de dois anos, serão setecentos e trinta colunas.

Cada linha de um determinado lote de repetição necessita de uma fórmula diferente. A primeira linha do primeiro pavimento, por exemplo, necessita de uma verificação de maneira que só pode plotar itens que estão com o número 1 na aba auxiliar. Abaixo está descrita a fórmula para a linha 1 do pavimento 1.

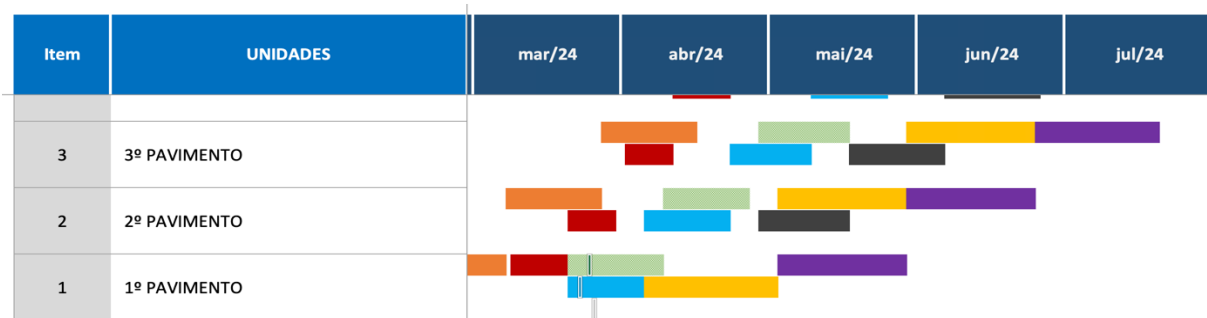
$$\{=SEERRO(ÍNDICE(Planilha1!\$B\$1:\$B\$1200;CORRESP(1;(Planilha1!\$A\$1:\$A\$1200=\$B\$93)*(\text{Planilha1!\$C\$1:\$C\$1200}<=P\$3)*(\text{Planilha1!\$D\$1:\$D\$1200}>=P\$3)*(\text{Planilha1!\$E\$1:\$E\$1200}=1);0));"")\}$$

Aqui, $(Planilha1!\$E\$1:\$E\$1200=1)$ garante que somente atividades designadas para a Linha 1 serão exibidas. De maneira análoga, isso se repete para as linhas 2 e 3 do cronograma.

$\{=SEERRO(ÍNDICE(Planilha1!\$B\$1:\$B\$1200;CORRESP(1;(Planilha1!\$A\$1:\$A\$1200=\$B\$93)*(Planilha1!\$C\$1:\$C\$1200\leq P\$3)*(Planilha1!\$D\$1:\$D\$1200\geq P\$3)*(Planilha1!\$E\$1:\$E\$1200=2);0));""))\}$

$\{=SEERRO(ÍNDICE(Planilha1!\$B\$1:\$B\$1200;CORRESP(1;(Planilha1!\$A\$1:\$A\$1200=\$B\$93)*(Planilha1!\$C\$1:\$C\$1200\leq P\$3)*(Planilha1!\$D\$1:\$D\$1200\geq P\$3)*(Planilha1!\$E\$1:\$E\$1200=3);0));""))\}$

Figura 16 - Três linhas de um lote de repetição



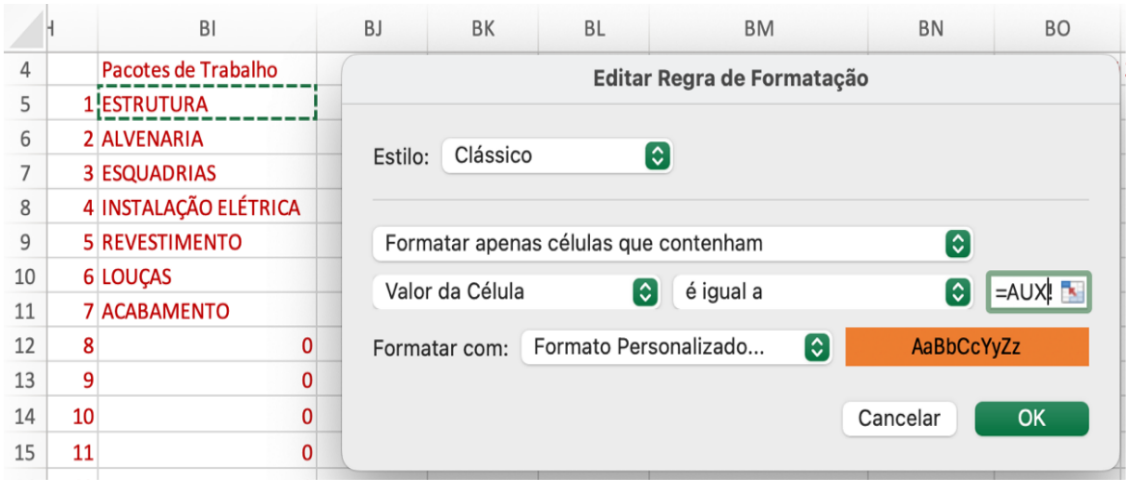
Fonte: Autor (2024).

Essas fórmulas, quando colocadas em cada uma das três linhas do cronograma, garantirão que as atividades sejam exibidas sem sobreposição, respeitando a prioridade das linhas definida na *Planilha1* – aba auxiliar que está com os dados no formato de coluna.

A fórmula ÍNDICE retorna o nome da atividade para a célula. Para uma melhor visualização da linha de balanço, o ideal é que essas atividades apresentem cores diferentes. Com isso, foi necessário criar uma formatação condicional para cada atividade, de maneira que, sempre que uma célula possui o nome de algum pacote de trabalho ela será formatada automaticamente com a cor configurada pelo usuário.

Por exemplo, na figura 16 a tarefa Estrutura foi configurada como laranja e de maneira análoga foram criadas regras de formatação para as quarenta atividades.

Figura 17 - Configuração da formatação condicional para cada atividade

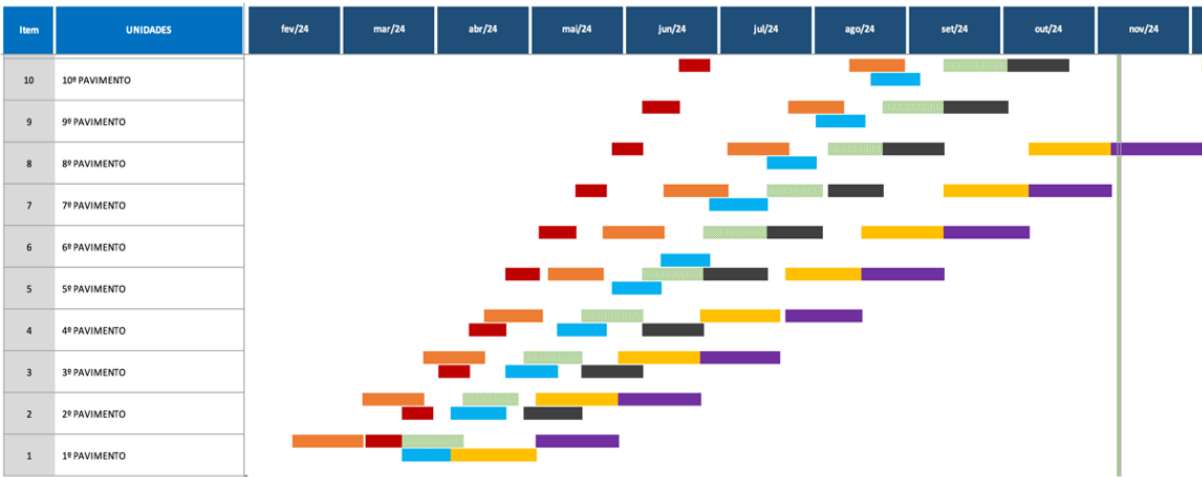


Fonte: Autor (2024).

Com a estrutura de fórmulas e o sistema de formatação condicional devidamente implementados, a aba principal do cronograma oferece uma visualização clara e interativa da Linha de Balanço. Nessa tela, as atividades são distribuídas ao longo do tempo, de acordo com as unidades básicas e respeitando a regra das três linhas simultâneas. Os lotes de repetição estão dispostos na coluna vertical, enquanto o tempo é representado na linha horizontal, o que permite uma análise intuitiva da sequência e ritmo das atividades.

Abaixo, a Figura 17 ilustra a aba principal com a Linha de Balanço plotada, mostrando a distribuição visual das atividades ao longo do cronograma e destacando o fluxo contínuo das tarefas planejadas.

Figura 18 - Linha de balanço de uma edificação fictícia



Fonte: Autor (2024).

5.4. VALIDAÇÃO DO ESPECIALISTA

A validação da planilha foi realizada em colaboração com um engenheiro especialista em planejamento de obras, que utilizou a ferramenta e forneceu considerações detalhadas sobre sua funcionalidade, usabilidade e aplicabilidade prática. A seguir, são apresentados os principais pontos observados durante o processo de validação.

Considerações sobre a Interface e Usabilidade:

Integração das abas: Foi apontado que a legenda dos serviços deveria estar na mesma aba da Linha de Balanço. O especialista considerou negativo o fato de o usuário precisar alternar entre abas para consultar as legendas, o que pode tornar o uso da ferramenta menos eficiente.

Sugestão de Anotações: Para facilitar o preenchimento, foi sugerido incluir anotações ou dicas nas células que necessitam de dados, uma vez que o uso da planilha, na versão atual, não está tão intuitivo quanto poderia ser.

Funcionalidades e Possibilidades de Melhoria:

Reprogramação: O especialista destacou que obras são dinâmicas e frequentemente passam por mudanças que exigem reprogramação. Foi explicado que a planilha permite criar diversas versões ajustadas, bastando alterar as durações das atividades em um determinado lote de repetição. Essa flexibilidade foi bem avaliada.

Linha de base: Foi sugerida a inclusão de uma linha de base, que, embora não seja essencial para o funcionamento da planilha, pode auxiliar no controle da produção e na comparação entre o planejamento original e as mudanças realizadas.

Linhas verticais no gráfico: Outra sugestão foi a inclusão de linhas verticais no gráfico da Linha de Balanço para representar subdivisões menores dentro de cada mês, como semanas. Essa adição poderia melhorar a visualização detalhada do cronograma.

Os critérios de avaliação definidos anteriormente foram pontuados pelo especialista, com os seguintes resultados:

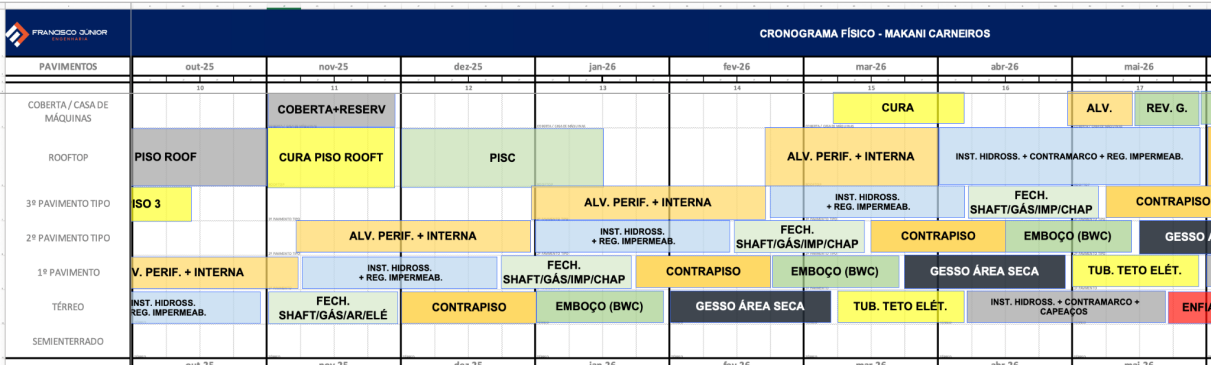
- Precisão dos cálculos: Nota 10 – Os cálculos realizados pela planilha foram considerados precisos e confiáveis.
- Facilidade de uso: Nota 8 – Apesar de funcional, a interface apresentou algumas limitações que podem ser melhoradas para torná-la mais intuitiva.
- Relevância das funcionalidades: Nota 10 – As funcionalidades implementadas foram avaliadas como altamente relevantes e alinhadas às necessidades práticas do planejamento de obras repetitivas. Apesar de não conter a linha de base, a ferramenta consegue atender de forma satisfatória.

Durante o processo de validação, o engenheiro especialista também pontuou sobre os coeficientes de produtividade do SINAPI utilizados na planilha. Apesar de serem amplamente reconhecidos como uma média nacional, esses coeficientes nem sempre refletem a realidade de determinadas obras. Tomando como exemplo a execução de alvenaria, o SINAPI estima que um pedreiro é capaz de construir 8 m² em um dia de trabalho. No entanto, segundo o especialista, em sua tipologia de obra, o pedreiro precisa executar, no mínimo, 14 m² por dia para que seu salário seja compatível com os custos do projeto. Essa discrepância foi apontada como uma limitação dos coeficientes do SINAPI, destacando a importância de ajustar os valores conforme a produtividade real de cada contexto para garantir um planejamento mais preciso. No entanto, isso não estabelece um ponto negativo para a planilha, visto que o SINAPI está como ferramenta adicional para auxiliar na estimativa de produtividade.

A validação evidenciou a robustez da ferramenta em termos de precisão e relevância, mas também destacou pontos de melhoria que podem ser considerados em versões futuras. A integração das legendas na mesma aba da Linha de Balanço, a inclusão de anotações nas células e a adição de linhas verticais no gráfico são sugestões que podem aprimorar a experiência do usuário. Além disso, a possibilidade de gerar diversas versões da planilha foi um ponto positivo destacado, reforçando a flexibilidade da ferramenta em cenários de reprogramação.

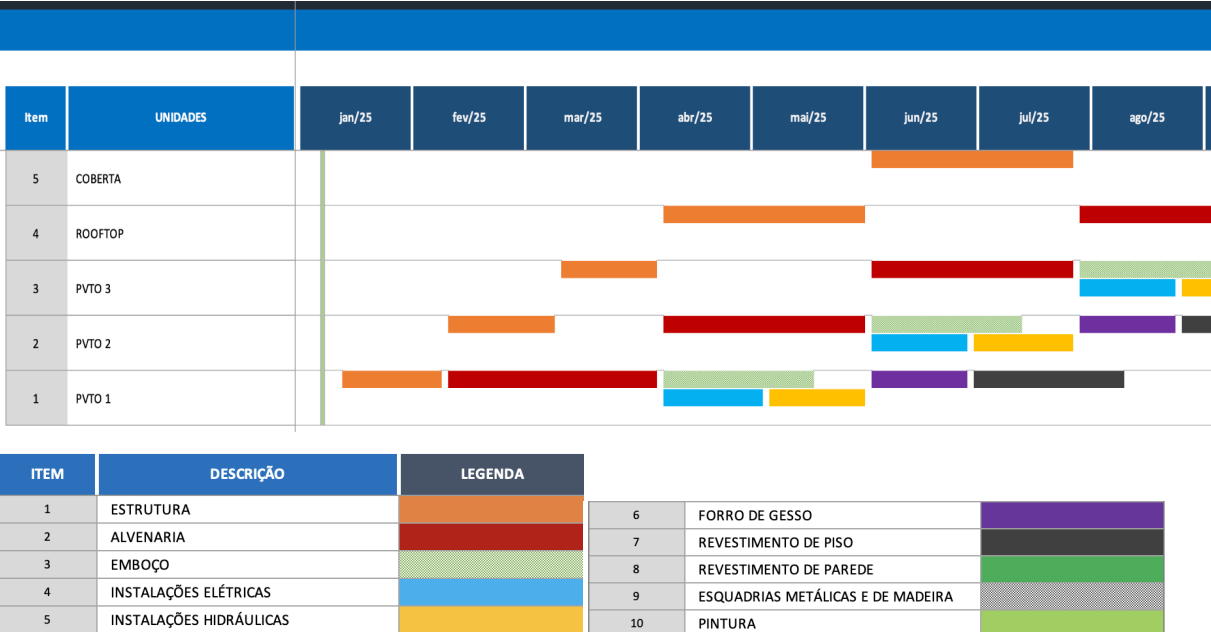
As figuras a seguir ilustram o planejamento de um empreendimento previamente realizado pelo especialista, utilizando uma ferramenta desenvolvida pelo escritório da empresa, e o planejamento de um empreendimento elaborado com a planilha desenvolvida neste trabalho.

Figura 19 - Linha de balanço de um empreendimento real elaborada pelo engenheiro com planilha própria



Fonte: Autor (2024).

Figura 20 - Linha de balanço de um empreendimento teste elaborada pelo engenheiro usando a planilha desenvolvida neste trabalho



Fonte: Autor (2024).

5.5. ANÁLISE DE SOFTWARES EXISTENTES

Como parte da avaliação da planilha desenvolvida, foi realizada uma análise comparativa com dois softwares amplamente utilizados no setor da construção civil: Prevision e Agilean. Essa análise teve como objetivo destacar os diferenciais técnicos e econômicos da ferramenta proposta em relação às soluções tradicionais.

O Prevision é reconhecido como uma ferramenta versátil para planejamento e controle de obras. Durante a avaliação, o especialista destacou os seguintes pontos:

- **Ajuste Intuitivo das Linhas de Balanço:** Após o cronograma ser gerado, o Prevision permite ajustar as linhas de forma intuitiva, arrastando diretamente as tarefas no gráfico. Esse recurso foi apontado como uma vantagem em relação à planilha desenvolvida, que exige mais etapas para ajustes similares.
- **Custo Elevado:** O Prevision tem um custo aproximado de mais de mil reais por mês por obra, o que o torna inviável para pequenas e médias construtoras.
- **Complexidade:** Embora seja eficiente para obras de maior porte, sua utilização exige treinamento e pode não ser justificável para projetos menores.

O Agilean é uma ferramenta focada na gestão ágil de projetos de construção civil. A análise apontou os seguintes destaques:

- **Visualização Detalhada:** Quando o usuário clica em um pacote de trabalho, o Agilean permite visualizar os serviços micro embutidos naquele pacote, facilitando o gerenciamento detalhado das tarefas.
- **Ajuste Intuitivo:** Assim como o Prevision, o Agilean oferece uma interface que permite ajustes intuitivos nas linhas de balanço diretamente no gráfico.
- **Custo:** O custo do Agilean é superior ao do Prevision, com versões pagas que se tornam inviáveis para pequenas empresas. Apesar de possuir uma versão gratuita, esta é muito limitada e não oferece funcionalidades suficientes para uso profissional.

Em comparação com os softwares analisados, a planilha desenvolvida apresenta algumas vantagens e limitações:

Vantagem:

Viabilidade Econômica: Por ser construída no Microsoft Excel, a planilha é acessível e não possui custos adicionais, desde que o programa já esteja instalado.

Limitações:

Ajustes Manuais: Diferentemente do Prevision e do Agilean, a planilha não possui funcionalidades de ajuste intuitivo das linhas de balanço, exigindo mais passos para modificar o cronograma.

Visualização Detalhada: A ferramenta não permite a integração direta de pacotes de trabalho com a visualização detalhada de serviços micro, como no Agilean.

A análise comparativa evidenciou que, enquanto os softwares Prevision e Agilean oferecem funcionalidades avançadas e integração para grandes obras, eles são limitados por seus custos elevados e pela necessidade de treinamento especializado. Por outro lado, a planilha desenvolvida destaca-se como uma solução econômica e prática, voltada para o público de pequenas e médias empresas. Apesar de suas limitações em termos de ajuste intuitivo e visualização detalhada, a ferramenta atende bem ao seu objetivo de oferecer um planejamento eficiente e acessível.

5.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A planilha desenvolvida mostra que cumpriu os objetivos de organização e visualização do cronograma de forma eficaz. A aba principal de cronograma permite uma visualização clara das atividades facilitando o acompanhamento do progresso ao longo do tempo. A precisão das fórmulas aplicadas garantiu que as atividades fossem plotadas de acordo com o cronograma, permitindo que o usuário faça os ajustes que considerar necessário.

A usabilidade da planilha foi favorecida pela estrutura em abas e botões de navegação, que tornam a utilização mais intuitiva e acessível devido à aparência de software. Porém no quesito desempenho, dois fatores trouxeram um aspecto negativo. O primeiro é a integração com o banco de dados SINAPI, que, embora seja uma fonte confiável para informações de custos e insumos na construção civil, exige um volume considerável de dados e fórmulas de consulta para atualizar automaticamente os valores. Esse processo consome uma quantidade significativa de memória e processamento, o que pode tornar o uso da planilha mais lento.

O segundo fator é o excesso de fórmulas complexas na aba de cronograma, especialmente devido às funções responsáveis pela plotagem das atividades e pela

implementação da regra das três atividades simultâneas. O grande número de fórmulas aplicadas a cada célula para calcular a data de início, término, e o posicionamento das atividades em cada linha aumenta o tempo de resposta da planilha, impactando sua velocidade de operação e tornando a experiência menos fluida.

6. CONCLUSÃO

Diante da necessidade de uma ferramenta acessível e de fácil manuseio para o planejamento e controle de atividades em projetos de construção, este trabalho propôs o desenvolvimento de uma planilha eletrônica que utiliza a técnica da Linha de Balanço para acompanhar cronogramas. A planilha foi concebida com metodologias que permitiram a automatização do cronograma, integrando a regra das três atividades simultâneas e facilitando a visualização do progresso das atividades ao longo do tempo. Além disso, a ferramenta foi estruturada com abas organizadas e botões de navegação, promovendo uma experiência de uso intuitiva e prática.

O trabalho alcançou seu objetivo principal de desenvolver uma ferramenta de apoio ao planejamento, que pode ser aplicada de forma prática e eficaz no cotidiano de empresas do setor de construção civil, especialmente para projetos de médio porte com atividades repetitivas. Entre os objetivos específicos, destaca-se o dimensionamento da mão de obra com base nos coeficientes de produtividade do SINAPI, proporcionando maior precisão no cálculo dos recursos humanos necessários. No entanto, a construção da ferramenta de histograma apresentou desafios técnicos que não puderam ser completamente superados dentro do escopo deste trabalho.

Apesar dessa limitação, o produto final constitui uma ferramenta prática e aplicável, que complementa um conjunto de planilhas voltadas para o setor de construção civil, atualmente comercializado no Brasil pela empresa Café Com CAD e utilizado por mais de três mil profissionais da construção civil.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação das funcionalidades, incluindo a possibilidade de um número ilimitado de tarefas simultâneas e o desenvolvimento do histograma em formato gráfico e analítico, ampliando sua aplicabilidade e flexibilidade para diferentes tipos de projetos.

Outra sugestão é alterar o sistema de plotagem utilizado no cronograma. Atualmente, cada célula do cronograma contém uma fórmula individual para calcular e exibir o andamento das atividades, o que torna o processo mais complexo e impacta no desempenho da planilha, especialmente em projetos de maior escala.

Para otimizar esse processo, propõe-se o uso de formatação condicional como uma alternativa. Com a formatação condicional, seria possível definir regras visuais que preencham automaticamente as células com base em condições preestabelecidas, eliminando a necessidade de fórmulas individuais em cada célula. Essa abordagem reduziria a carga de processamento, tornando o cronograma mais ágil e facilitando a manutenção e atualização dos dados.

Essa mudança pode melhorar significativamente a usabilidade da planilha e torná-la mais eficiente em projetos complexos, sem perder a funcionalidade e a clareza visual da Linha de Balanço.

7. REFERÊNCIAS

ARDITI, David; TOKDEMIR, Onur B.; SUH, Kangsuk. Challenges in line-of-balance scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 128, n. 6, p. 545-556, 2002.

MATTOS, Aldo Dórea. *Planejamento e controle de obras*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. *Aplicação do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação*. 1990. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

MENDES JUNIOR, Ricardo. *Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. 1999. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MEREDITH, Jack; MANTEL, Samuel. *Project Management: a managerial approach*. 7. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.