

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CTC – CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

André Miguel Teixeira Paulista

**PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE  
MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO**

Florianópolis  
2016

André Miguel Teixeira Paulista

**PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE  
MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Sob a orientação do Prof. Dr. Luis Alberto Gomez.

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Paulista, André Miguel Teixeira

Proposta de programação de um edifício residencial de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço / André Miguel Teixeira Paulista ; orientador, Luis Alberto Gómez - Florianópolis, SC, 2016.

125 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

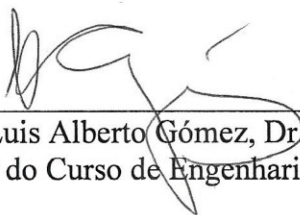
1. Engenharia Civil. 2. Engenharia Civil. 3. Construção Civil. 4. Planejamento e programação de obras. 5. Linha de balanço I. Gómez, Luis Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

**PROPOSTA DE PROGRAMAÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL  
DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO  
A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO**

**ANDRÉ MIGUEL TEIXEIRA PAULISTA  
ACADÊMICO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Florianópolis, 25 de novembro de 2016.**



Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.  
Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Banca Examinadora:**

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar presente em minha vida de diversas formas. Devo a Ele a graça do dom de poder daqui para a frente exercer essa profissão que escolhi.

Agradeço aos meus pais, Miguel e Joice, pois não mediram esforços para me incentivar e apoiar na realização deste sonho. Ao meu irmão Alexandre, pela amizade e companheirismo.

A minha namorada Sara, pela compreensão e parceria durante todos estes anos de graduação e namoro, pelo amor e carinho dedicados a mim. Agradeço também a seus pais, Marcelo e Sandra, por todo apoio e amizade ao longo destes anos.

Ao amigo André Felipe Alves Costa, pela contribuição através de dados concretos que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho e outros, realizados durante a graduação.

A todos os meus amigos, que me proporcionaram momentos de diversão e amizade, tornando esta jornada muito mais leve.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, por todo conhecimento compartilhado e por toda contribuição na minha formação acadêmica.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite e se disponibilizarem para avaliação deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Luis Alberto Gómez, pelas críticas, sugestões, correções e por todo conhecimento compartilhado durante o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigado!

*“Seja você quem for, seja qual posição social você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”*

***Ayrton Senna***

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal simular a programação de um edifício de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço (LDB). No desenvolvimento do trabalho buscou-se aplicar os conceitos da técnica para programação de um edifício residencial de alto padrão que está sendo construído no município de Florianópolis (SC). Os objetivos específicos do trabalho consistem em avaliar a aplicação da técnica, sua facilidade na aplicação e geração de informações, tais como dimensionamento das equipes, ritmos de produção e fluxo de trabalho nos pavimentos. Com base nos ritmos calculados, foi realizado o balanceamento das atividades, garantindo a continuidade dos serviços ao longo do período de execução do empreendimento. Como resultado foram geradas as representações gráficas das linhas de balanço, onde é possível definir com objetividade quais atividades serão executadas nos pavimentos em um determinado período de tempo. Ao término do trabalho foi possível programar o empreendimento dentro do prazo estabelecido, delimitando as datas de início e término das atividades em cada unidade de repetição. A técnica de linha de balanço se mostra simples e eficaz para a programação de obras com caráter repetitivo, sendo possível prever e eliminar interferências entre as atividades sucessoras, garantido a continuidade dos serviços. A sua representação gráfica é de fácil interpretação, facilitando a troca de informações entre os setores da empresa. No entanto, a técnica limita-se a programar as atividades repetitivas do empreendimento, aplicando um ritmo constante de execução e desconsiderando um ganho de produtividade com o efeito aprendido.

**Palavras-chave:** Programação de obras; Linha de balanço; Projetos repetitivos.

## ABSTRACT

This work has as main objective to simulate the programming of a building of multiple pavements using the line of balance technique (LOB). In the development of the work, was searched to apply the concepts of the technique for programming a high standard residential building that is being built in the city of Florianópolis (SC). The specific objectives of the work are to evaluate the application of the technique, its ease in the application and generation of information, such as team sizing, production rhythms and pavement workflow. Based on the calculated rates, the activities were balanced, guaranteeing the continuity of services throughout the execution period of the project. As a result, the graphic representations of the line of balance were generated, where it is possible to objectively define which activities will be executed on the pavements in a certain period of time. At the end of the work it was possible to schedule the project within the established period, delimiting the start and end dates of the activities in each unit of repetition. The line of balance technique is simple and effective for programming constructions with repetitive character, and it is possible to predict and eliminate interferences between successor activities, guaranteeing the continuity of services. Its graphical representation is easy to interpret, facilitating the exchange of information between the sectors of the company. However, the technique is limited to scheduling the repetitive activities of the enterprise, applying a constant rhythm of execution and disregarding a productivity gain with the learning effect.

**Keywords:** Construction programming; Line of balance; Repetitive projects.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As cinco fases do ciclo de planejamento .....	24
Figura 2 - Níveis típicos de custo e pessoal em toda estrutura do ciclo de vida de um projeto	26
Figura 3 - Ciclo de vida de um empreendimento .....	27
Figura 4 - Etapas do processo de programação .....	30
Figura 5 - Exemplo de histograma de mão de obra (operários) .....	33
Figura 6 - Exemplo de uma EAP .....	36
Figura 7 - Curva S genérica .....	37
Figura 8 - Exemplo de PPC geral .....	39
Figura 9 - Linha de Balanço conceitual para um processo .....	43
Figura 10 - Linhas de balanço para processos consecutivos .....	44
Figura 11 - Informações do diagrama da Linha de Balanço .....	45
Figura 12 - Regra para traçado da LDB para atividades dependentes com ritmos diferentes..	47
Figura 13 - Variáveis e ritmo da linha de balanço .....	49
Figura 14 - Identificação das esperas na linha de balanço .....	50
Figura 15 - Organização administrativa do empreendimento .....	52
Figura 16 – Implantação do Empreendimento .....	54
Figura 17 – Fases de execução: novembro de 2015 (Esquerda), junho de 2016 (Direita).....	55
Figura 18 – Fase atual de execução do empreendimento, outubro de 2016.....	56
Figura 19 – Unidades de repetição do empreendimento .....	57
Figura 20 – Determinação do tempo base (Tb) junto ao MS Project.....	68
Figura 21 – Calendário do projeto no MS Project.....	72
Figura 22 – Data de início do projeto .....	73
Figura 23 – Organização do projeto no MS Project.....	74
Figura 24 – Interferência entre as atividades Estrutura e Alvenaria .....	78
Figura 25 – Balanceamento entre atividades com ritmos diferentes.....	79

Figura 26 – Balanceamento das atividades estrutura e alvenaria .....	80
Figura 27 – Representação da Linha de Balanço para todo o projeto. ....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de planejamento e suas responsabilidades .....	23
Tabela 2 - Atividades típicas da programação .....	29
Tabela 3 - Informações geradas pela programação .....	35
Tabela 4 – Quadro de áreas do empreendimento. ....	53
Tabela 5 – Lista de atividades e dependências para os pavimentos tipo e cobertura .....	58
Tabela 6 – Demanda de Hh/m <sup>2</sup> .....	61
Tabela 7 – Quantidade de oficiais alocados em cada serviço.....	63
Tabela 8 – Horário de trabalho das equipes de produção.....	64
Tabela 9 - Carga horária efetiva .....	65
Tabela 10 – Tempo de ciclo de cada atividade.....	66
Tabela 11 – Cálculo do ritmo .....	70
Tabela 12 – Número de equipes de produção .....	71
Tabela 13 – Duração total e ritmo das atividades.....	76
Tabela 14 – Datas de início e término das atividades.....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPM – *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico)

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

Hh – Homens Hora

LDB – Linha de Balanço

LOB – *Line of Balance* (Linha de Balanço)

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PERT – *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de Avaliação e Revisão de Programas)

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

PPC – Percentual da Programação Concluído

WBS – *Work Breakdown Structure* (Estrutura Analítica de Projeto)

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SC – Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 MOTIVAÇÃO .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	16
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	16
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	17
<b>2 PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS .....</b>	<b>19</b>
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	19
2.1.1 <i>Objetivos do planejamento</i> .....	20
2.1.2 <i>Níveis do Planejamento</i> .....	21
2.2 CICLO DE VIDA DO PROJETO.....	25
2.2.1 <i>Obra como projeto</i> .....	25
2.2.2 <i>Ciclo de vida do projeto</i> .....	26
2.3 PROGRAMAÇÃO DE OBRAS .....	28
2.3.1 <i>Etapas do processo de programação</i> .....	29
2.3.2 <i>Informações geradas pela programação de obras</i> .....	34
2.3.3 <i>Ferramentas de apoio a programação de obras</i> .....	36
2.4 TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO DE OBRAS .....	39
2.4.1 <i>Gráfico de barras ou diagrama de Gantt</i> .....	39
2.4.2 <i>Redes PERT/CPM</i> .....	40
2.5 LINHA DE BALANÇO .....	41
2.5.1 <i>Programação de projetos repetitivos</i> .....	41
2.5.2 <i>Histórico da Linha de Balanço</i> .....	42
2.5.3 <i>Definição da técnica de Linha de Balanço</i> .....	43
2.5.4 <i>Vantagens e desvantagens na utilização da técnica da Linha de Balanço</i> .....	45
2.5.5 <i>Balanceamento das operações</i> .....	46
2.5.6 <i>Roteiro de cálculo da linha de balanço</i> .....	47
<b>3 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO NA PROGRAMAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>51</b>

3.1	DESCRIÇÃO DA EMPREENDIMENTO DO ESTUDO DE CASO.....	51
3.2	DETERMINAÇÃO DA UNIDADE DE REPETIÇÃO .....	56
3.2	IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES .....	58
3.3	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DA OBRA .....	60
3.4	DEFINIÇÃO DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO E DURAÇÃO DAS ATIVIDADES .....	61
3.4.1	<i>Definição das equipes de produção</i> .....	62
3.4.2	<i>Duração das atividades</i> .....	64
3.5	CÁLCULO DO RITMO DE EXECUÇÃO .....	66
3.5.1	<i>Tempo base (Tb)</i> .....	67
3.5.2	<i>Determinação dos tempos e ritmo da linha de balanço</i> .....	68
3.5.3	<i>Determinação da quantidade de equipes necessárias</i> .....	70
3.6	LANÇAMENTO DAS INFORMAÇÕES NO <i>SOFTWARE</i> DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS MS PROJECT .....	71
3.6.1	<i>Calendário do projeto</i> .....	72
3.6.2	<i>Lançamento das redes de serviço no software</i> .....	73
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>75</b>
4.1	DURAÇÃO TOTAL E DATA DE TÉRMINO DAS ATIVIDADES .....	75
4.2	BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES .....	77
4.3	DATAS DE INÍCIO DE TÉRMINO DAS ATIVIDADES .....	81
4.4	EQUIPES ADOTADAS .....	82
4.5	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS LINHAS DE BALANÇO .....	83
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>90</b>
	APÊNDICE A - EQUIPES DE PRODUÇÃO DA OBRA EM ESTUDO.....	93
	APÊNDICE B – PLANILHA DE BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES DO PROJETO .....	95
	APÊNDICE C – DATAS DE INÍCIO DE TÉRMINO DAS ATIVIDADES NAS UNIDADES DE REPETIÇÃO.....	96
	APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSIS DA OBRA (CONTINUA) .....	97
	ANEXO A – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TIPO.....	125

ANEXO B – PLANTA BAIXA COBERTURA .....	126
--	-----

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

Hernandes e Jungles (2005) afirmam que atualmente muitas empresas da construção civil estão executando suas obras com prazos de entrega preestabelecidos com base nas suas experiências anteriores, sem a utilização de um planejamento mais detalhado e preciso. Portanto, não há garantia de cumprimento do prazo de entrega determinado e do orçamento. Com o decorrer da obra, ao perceber que não há tempo hábil para terminar o projeto no prazo, buscam acelerar a execução aumentando o número de trabalhadores, sendo o preço global da obra fixo, diminuem suas margens de lucro.

No entanto, a Indústria da Construção Civil vem sendo um dos ramos construtivos que mais se transforma nos últimos anos. O atual cenário econômico do país, a crescente competitividade do mercado, o aumento do grau de exigência dos clientes e reduzida disponibilidade de recursos está fazendo com que as empresas do setor direcionem maiores investimentos em gestão e controle de processos. O hábito de planejar e controlar seus empreendimentos faz com que as empresas não percam de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro e o retorno sobre o capital investido (MATTOS, 2010).

Neste contexto as empresas vêm buscando se adequar às novas exigências e restrições. Antes acostumadas a definirem o preço do produto final a partir da soma do custo de produção e da margem de lucro arbitrada, estas empresas passam a vivenciar uma nova realidade, na qual os preços dos produtos finais são determinados pelas expectativas do mercado. Diante disto, há uma redução significativa das margens de lucro, levando aos empreendedores a um rígido controle dos custos de produção (SCARDOELLI, 1995).

Buscando uma maior eficiência no setor, as empresas buscam cada vez mais planejar seus empreendimentos, garantindo aos gestores um grau de conhecimento maior das suas obras (MATTOS, 2010). De acordo com Prado (2002), o planejamento e a programação de obras capacitam as empresas a trabalharem em cenários de incertezas. Visto que a aplicação de técnicas adequadas de planejamento possibilita prever e antecipar eventuais problemas antes da realização das tarefas, protegendo a execução do empreendimento e a produção de suas frentes de serviço.

Scardoelli (1995) afirma que a construção civil é caracterizada por ser uma indústria extremamente tradicional, ainda com pouco domínio sobre os processos técnicos e



organizacionais. Estudos realizados no Brasil e no exterior comprovam este fato, e indicam que as baixas produtividades do setor, suas elevadas perdas e baixa qualidade dos serviços são consequência de deficiências no planejamento e controle dos empreendimentos (MATTOS, 2010).

Portanto, a utilização de ferramentas de gerenciamento pode contribuir muito para a eficiência e eficácia do setor da construção civil, substituindo a postura arcaica das empresas, em termos organizacionais e operacionais (PRADO, 2002).

## **1.2 Justificativa**

Diante do atual cenário da Construção Civil brasileira, a busca por profissionais com conhecimento de técnicas de gestão e aplicação de ferramentas de programação e controle eficazes se mostra, ainda mais, imprescindível para a sobrevivência das empresas construtoras.

Considerando a ideia apresentada, este trabalho tem como objetivo elaborar a programação de um empreendimento utilizando a técnica de linha de balanço. A escolha da técnica da Linha de Balanço se mostra eficaz, visto que este método é essencialmente gráfico, permitindo uma fácil interpretação e aprendizado.

Prado (2002) afirma que a linha de balanço é uma eficiente ferramenta na programação de obras, permitindo uma agilidade muito grande na troca de informações e facilitando a comunicação dentro do canteiro.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo geral***

O presente trabalho tem como objetivo geral elaborar a programação de um edifício residencial com múltiplos pavimentos utilizando a técnica de Linha de Balanço.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Definir qual será o plano de ataque da obra, definindo a sequência dos serviços a serem executados em cada pavimento;
- Definir qual será o ritmo adotado em obra para cumprir com o prazo estipulado, realizando o balanceamento das operações;
- Elencar as dificuldades durante o processo de programação da obra em estudo;

- Identificar as principais limitações da técnica, suas vantagens e desvantagens;
- Verificar a potencialidade do MS Project como ferramenta de apoio a programação utilizando a técnica da Linha de Balanço.

#### **1.4 Delimitação do Trabalho**

O trabalho limita-se a aplicar a técnica de linha de balanço para a programação de um edifício residencial de múltiplos pavimentos que está sendo executado no município de Florianópolis (SC), e não se estende para a fase de controle do empreendimento, visto que a obra se encontra em fase final de execução.

A programação utilizando a técnica de linha de balanço limita-se as atividades repetitivas do projeto. Portanto, os serviços executados fora dos pavimentos tipo como fundações, pavimentos garagem, subsolo, pavimentos técnicos e atividades de periferia, não foram considerados durante o desenvolvimento deste trabalho. As atividades de revestimento e pintura externa também não foram consideradas na programação, pois são executadas em panos de fachada e possuem uma unidade de repetição diferentes das atividades executadas no interior dos pavimentos tipo.

Para determinação da composição das equipes de produção foram utilizadas informações do corpo técnico e empreiteira responsável pela execução do empreendimento. Os quantitativos de serviço foram calculados a partir de índices de produtividade, relacionados com as características geométricas da edificação. Os quantitativos de serviço do pavimento cobertura foram considerados iguais aos valores adotados para os pavimentos tipo, visto que o quantitativo foi determinado a partir da área total do pavimento.

#### **1.5 Organização do trabalho**

Este trabalho será composto por cinco capítulos.

O presente capítulo introduz o tema abordado, justifica a escolha do tema pelo autor, levanta quais são suas delimitações e determina como será organizado o trabalho.

O segundo capítulo faz uma introdução teórica sobre planejamento e gerenciamento de obras, levantando conceitos básicos a respeito do tema. O capítulo também traz uma abordagem simplificada de outras técnicas de programação de obras, no entanto, por ser objeto principal deste trabalho a técnica de Linha de Balanço é apresentada com grau de detalhamento maior. Para compor o referencial teórico foram consultados livros, dissertações, artigos e teses já

publicadas sobre o tema. Este capítulo deve servir como referencial teórico para o desenvolvimento do trabalho.

No terceiro capítulo está contida a descrição do empreendimento, suas principais características. O capítulo também discorre sobre a metodologia empregada neste trabalho, identificando os passos e conceitos de aplicação da Linha de Balanço.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos com a aplicação da técnica, a representação gráfica da Linha de Balanço, as equipes de produção adotadas, as datas de início e término de cada atividade.

O quinto e último capítulo contem considerações a respeito do desenvolvimento do trabalho, conclusões e propostas de estudo para trabalhos futuros.

## **2 PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS**

A proposta deste capítulo é montar um referencial teórico que sirva de base para o desenvolvimento deste trabalho.

Inicialmente será feita uma abordagem sobre planejamento e controle da produção, elencando quais são seus objetivos e processos.

Na sequência serão apresentados os requisitos necessários para aplicação da programação de obras, definindo quais são as etapas necessárias para sua implantação. Também serão vistos quais são as principais técnicas e ferramentas que podem ser utilizados no processo de planejamento de obras.

Por ser tema deste trabalho, a técnica de Linha de Balanço terá uma abordagem mais completa, identificando quais são suas vantagens, limitações, aplicações e etapas de cálculo.

### **2.1 Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil**

As empresas podem ser entendidas como um sistema que transforma, através do processamento, entradas (insumos) em saídas (produtos) úteis à um determinado cliente. Este processo de transformação podemos definir como sistema produtivo (TUBINO, 2007).

Para que um sistema produtivo transforme insumos em produtos (bens ou serviços), este deve ser pensando em função de um prazo, em cima do qual serão estabelecidos planos, que serão capazes de determinar que ao final do prazo os eventos programados pelas empresas venham a se tornar realidade (TUBINO, 2007).

Na execução de qualquer empreendimento na construção civil é necessário combinar diversas variáveis como o tempo (prazo), custo e disponibilidade de recursos (mão de obra, capital, equipamentos e materiais). Para que seja possível aliar corretamente estes fatores se faz necessário a utilização de alguma técnica de planejamento, programação e controle de obras. O planejamento deve definir, entre a relação entre custo e prazo, o método a ser utilizado. Na programação, relacionando disponibilidade de recursos e prazo deve ser definido qual será o ritmo de execução da obra. Enquanto o controle verifica se o empreendimento está sendo executado conforme as premissas definidas pelo planejamento e programação (LOSSO e ARAÚJO, 1995).

Segundo Laufer e Tucker (1987 *apud* MENDES JR., 1999), o processo de planejamento pode ser entendido como um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma ação futura desejada, utilizando meios eficazes para concretizá-la.

O planejamento utiliza técnicas científicas, objetivando aumentar a eficiência, racionalidade e a segurança através de previsões, programação, execução e controle dos resultados, objetivando atingir uma meta definida (HERNANDES, 2002).

De acordo com Prado (2002) o planejamento pode ser utilizado nas diversas fases do empreendimento, elencando parâmetros para o seu desenvolvimento.

I. **Na etapa de projeto**, o planejamento é utilizado para auxiliar nos estudos de viabilidade, estudos preliminares e ante-projeto, levantando parâmetros necessários para definição e alternativas, pois estabelece projeções globais sobre o comportamento de custos, prazos e recursos.

II. **Após a definição do projeto**, o planejamento estabelece diretrizes para execução do empreendimento. Elaborando orçamento, cronogramas e especificações, permitindo a estruturação da empresa para a execução da obra.

III. **Na etapa de execução**, o planejamento permite a aferição, comparação e reprogramação das operações, ressaltando a importância do controle como parte do planejamento.

Ainda de acordo com Prado (2002), mensurar os benefícios relacionados à utilização de modelos de planejamento é complexo, visto a enorme quantidade de variáveis que influenciam a produtividade, o custo e a segurança.

### **2.1.1 Objetivos do planejamento**

Avila e Jungles (2000 *apud* HERNANDES, 2002), salientam que a função do planejamento é analisar o entorno, determinar novas diretrizes, analisar a evolução dos mercados e produtos, estabelecer metas e procedimentos para alcançá-las, utilizando procedimentos de controle.

A realização de uma programação financeira, tática e operacional detalhada procura atender as necessidades das empresas que executam obras com prazo de entrega preestabelecido. Com um planejamento detalhado em mãos os gestores conseguem tomar

decisões de forma rápida e assertiva, com possível ganho financeiro através de alternativas táticas de planejamento (HERNANDES e JUNGLES, 2005).

O planejamento de obras dá ao gestor um alto grau de conhecimento do empreendimento, permitindo que este seja mais eficiente na condução dos trabalhos (MATTOS, 2010).

O mesmo autor ainda lista uma os principais benefícios trazidos pelo planejamento. São eles:

- Conhecimento pleno da obra
- Detecção antecipada de situações desfavoráveis
- Agilidade na tomada de decisões
- Relação com o orçamento
- Otimização na alocação de recursos
- Referência para acompanhamento
- Padronização
- Referência para metas
- Documentação e rastreabilidade
- Criação de dados históricos
- Profissionalismo

## ***2.1.2 Níveis do Planejamento***

De acordo com Laufer e Tucker (1987 *apud* PRADO, 2002) o processo de planejamento envolve duas dimensões distintas, uma vertical e outra horizontal. A primeira está relacionada a divisão do planejamento níveis gerenciais distintos, enquanto a segunda está relacionada as etapas que compõe o planejamento à longo, médio e curto prazo.

### ***2.1.2.1 Dimensões verticais do Planejamento e Controle da Produção (PCP)***

Filho (2003) cita que o grau de detalhamento deve variar conforme o horizonte de planejamento, devendo crescer quanto mais próximo da implementação. Devido ao alto grau de incerteza no processo construtivo, é importante que os planos sejam preparados em cada

nível com grau de detalhamento adequado. Desta forma, na sua dimensão vertical o planejamento é dividido em níveis de hierarquização.

- a) **Nível estratégico:** Neste nível de hierarquização as decisões devem ser pensadas a longo prazo, identificando os objetivos principais do empreendimento. De modo geral, neste nível estão relacionadas questões do tipo o quê, como e onde produzir, quais serão as formas de financiamento e estratégias de venda da produção, disponibilidade de materiais, como operacionalizar e conduzir a produção. O plano gerado neste nível está destinado a alta gerência da empresa e não deve ter um alto grau de detalhamento, com objetivo de mantê-la informada sobre as atividades que estão sendo realizadas (FILHO, 2003).
- b) **Nível tático:** Neste nível de planejamento busca-se vincular as metas estabelecidas no plano estratégico com aquelas determinadas no plano operacional. Este plano é essencial para o funcionamento do plano operacional, através dele são analisados os fluxos de trabalho, buscando um sequenciamento que reduza a parcela de atividades que não agregam valor ao produto. Neste nível é feita a programação e alocação de recursos, elencando as restrições relacionadas ao desenvolvimento do trabalho (FILHO, 2003).
- c) **Nível operacional:** O plano operacional está relacionado a alocação de recurso para execução do serviço. Deve possuir uma detalhada programação de produção para controlar a produção em curto prazo (FILHO, 2003). É chamado de operacional pois neste nível só resta executar o que foi planejado nos níveis superiores (TUBINO, 2007).

Um sistema produtivo pode ser considerado eficiente quando consegue sincronizar a passagem de estratégias para táticas e de táticas para operações de produção e venda dos produtos (TUBINO, 2007).

De maneira geral o horizonte do planejamento pode ser dividido em três níveis, longo prazo, médio prazo e longo prazo. A Tabela 1 relaciona os níveis de planejamento das empresas às atividades estratégicas, táticas e operacionais e quais são os objetivos almejados com a execução destas etapas.

Tabela 1 - Níveis de planejamento e suas responsabilidades

Níveis de Planejamento	Estratégico	Tático	Operacional
Horizonte de Planejamento	Longo Prazo		
		Médio Prazo	
			Curto Prazo
Níveis de Responsabilidade	Diretoria		
		Gerência	
			Produção
Objetivos de cada Nível	PLANO GERAL	PLANO TÁTICO	PLANO DE AÇÃO
	Decisões sobre	Objetivo gerencial	Objetivos de execução
	●Escopo do projeto	●Detalhar o plano geral	●Detalhar o plano tático
	●Custo	●Definir diretrizes para Planos de Curto Prazo	●Detalhar a alocação dos recursos
	●Prazo	●Especificar e adquirir os recursos	●Orientar a execução do trabalho
	●Qualidade		
	●Tecnologias		
	●Relacionamento com a sociedade		

Fonte: Avila e Jungles (2013)

### 2.1.2.2 Dimensões horizontais do PCP

De acordo com Laufer e Tucker (1987 *apud* BERNARDES, 2001) as dimensões horizontais do PCP se referem as etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado.

Segundo o mesmo autor, a dimensão horizontal do planejamento e controle da produção é composta basicamente por cinco etapas.

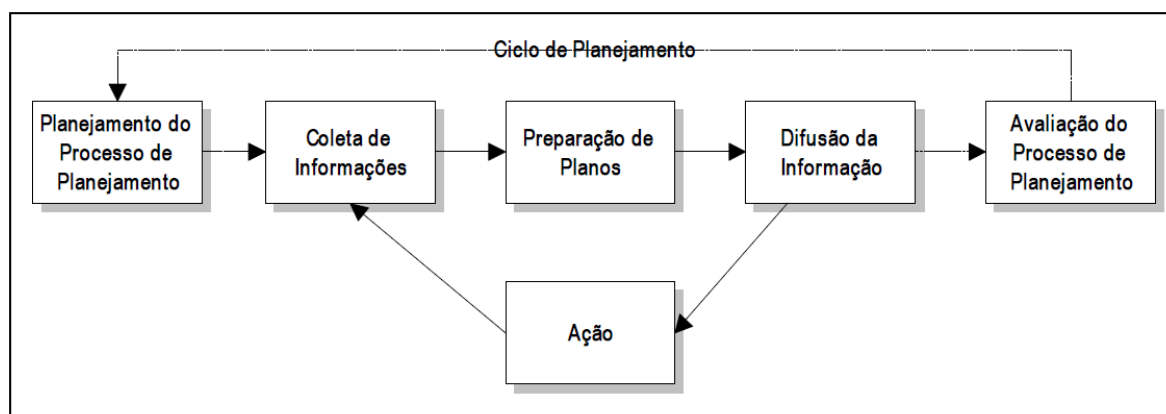
- I. Planejamento do processo de planejamento
- II. Coleta de informações
- III. Preparação de planos
- IV. Difusão da informação
- V. Avaliação do processo de planejamento



A primeira e a última etapa do ciclo acontecem de forma intermitente, ou seja, acontecem em momentos específicos em uma empresa de construção civil, em função do lançamento de um empreendimento, término da construção ou algum marco importante da obra. As etapas intermediárias ocorrem continuamente durante toda a etapa de produção (BERNARDES, 2001).

A relação entre estas etapas que formam a dimensão horizontal do PCP é mostrada na Figura 1.

Figura 1 - As cinco fases do ciclo de planejamento



Fonte: Bernardes (2001)

Analisando as etapas que formam o processo de planejamento na Figura 1, percebe-se que há um ciclo de replanejamento que se inicia na coleta de informações sobre o sistema que está sendo controlado. Estas informações são processadas na etapa de preparação dos planos e difundidas para as entidades que delas necessitam, na etapa subsequente, difusão da informação. A partir destas informações são geradas ações, na etapa ação, que possibilitem o cumprimento das metas estabelecidas. Novamente são coletadas informações sobre o sistema controlado, objetivando identificar quaisquer desvios que possam impactar nas metas. Novamente as informações são processadas, os planos reformulados e difundidos (BERNARDES, 2001).

Segundo Laufer e Tucker (1987 *apud* BERNARDES 2001), em empresas construtoras, entre as etapas do processo de planejamento apresentadas na Figura 1, a primeira e a última são praticamente inexistentes e as restantes desenvolvidas de forma ineficiente. Estes autores comentam que é muito comum encontrar planos de trabalhado pensados pelo escritório central apenas decorando os escritórios do canteiro de obras. Ainda de acordo com os mesmos autores, isto ocorre devido aos seguintes motivos:

- a) A execução da obra é controlada através de um planejamento de curto prazo elaborado pelo gerente de produção.
- b) As equipes de planejamento encontram dificuldades para atualizar os planos, visto que as mesmas não possuem informações proveniente do canteiro de obra para retroalimentação, como também pelo excesso de trabalho que é exigido para atualizar planejamentos muito detalhados.
- c) Os diferentes níveis de decisão do planejamento não são integrados.

## **2.2 Ciclo de vida do projeto**

Um empreendimento de engenharia precisa necessariamente seguir uma sequência lógica de execução e desenvolvimento. Cada fase do empreendimento deve ter tempo suficiente para que seus objetivos sejam alcançados. O término de cada etapa gera produtos que servem de dados de entrada para as fases posteriores (MATTOS, 2010).

### **2.2.1 Obra como projeto**

Usualmente na indústria da construção o termo projeto está ligado ao conjunto de plantas, cortes e cotas necessários ao entendimento e execução do empreendimento – projetos arquitetônicos, estruturais, instalações, entre outros (MATTOS, 2010). No entanto, é necessária interpretar o termo projeto no contexto gerencial. O Guia PMBOK (2013), define um projeto como sendo:

Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos” (Guia PMBOK, 2013).

Partindo desta definição, podemos levantar algumas características importantes de um projeto de construção. Um empreendimento deve ter um caráter temporário, uma duração finita, com data de início e fim definidas. O fim ocorre quando os objetivos estabelecidos são alcançados. Um projeto de construção é caracterizado por ser um produto único, não se tratando de uma linha de montagem ou série. Ao final da execução o produto físico será um bem tangível com características particulares (MATTOS, 2010).

## 2.2.2 Ciclo de vida do projeto

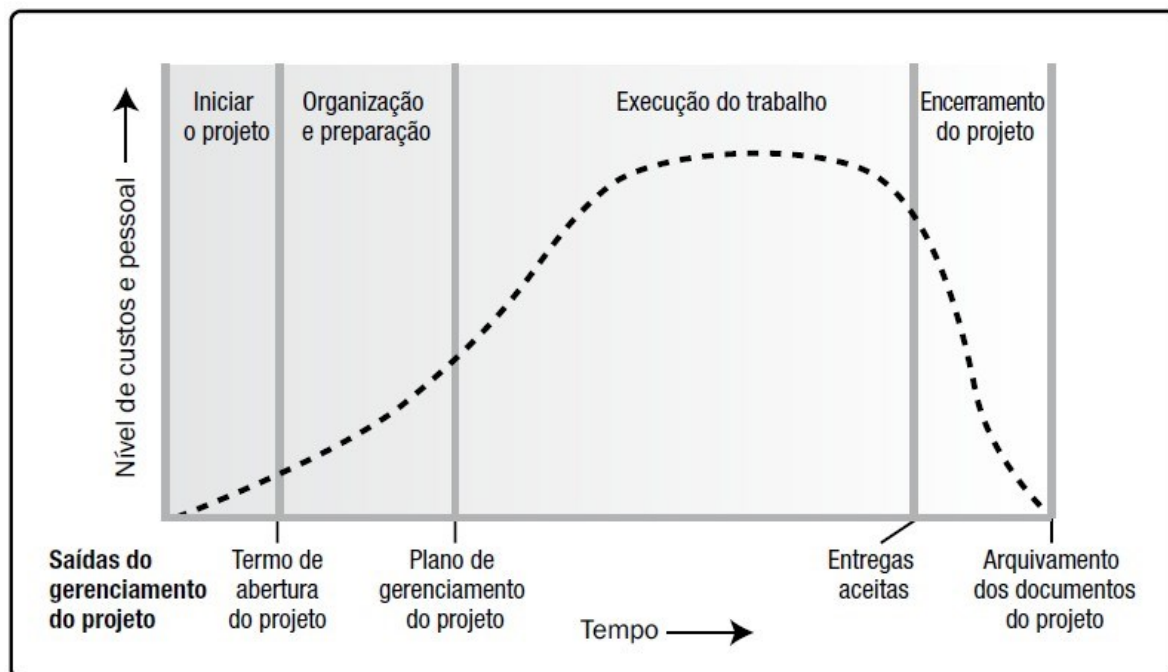
O ciclo de vida de um projeto pode ser caracterizado pela série de fases que um projeto passa, desde seu início até o término. As fases podem ser desmembradas a partir de objetivos funcionais ou parciais, resultados ou entregas intermediárias, marcos específicos no escopo geral do trabalho, ou disponibilidade financeira (Guia PMBOK, 2013). Para o setor da construção civil, no contexto gerencial, entende-se como projeto um empreendimento singular, com prazo, custo e qualidade previamente definidos.

Independente do seu tamanho e complexidade, todos os projetos podem ser mapeados a partir da estrutura genérica de ciclo de vida (Guia PMBOK, 2013):

- Início do projeto,
- Organização e preparação,
- Execução do trabalho do projeto, e
- Encerramento do projeto.

A Figura 2 relaciona as fases do ciclo de vida do projeto com seus níveis de custo e pessoal.

Figura 2 - Níveis típicos de custo e pessoal em toda estrutura do ciclo de vida de um projeto



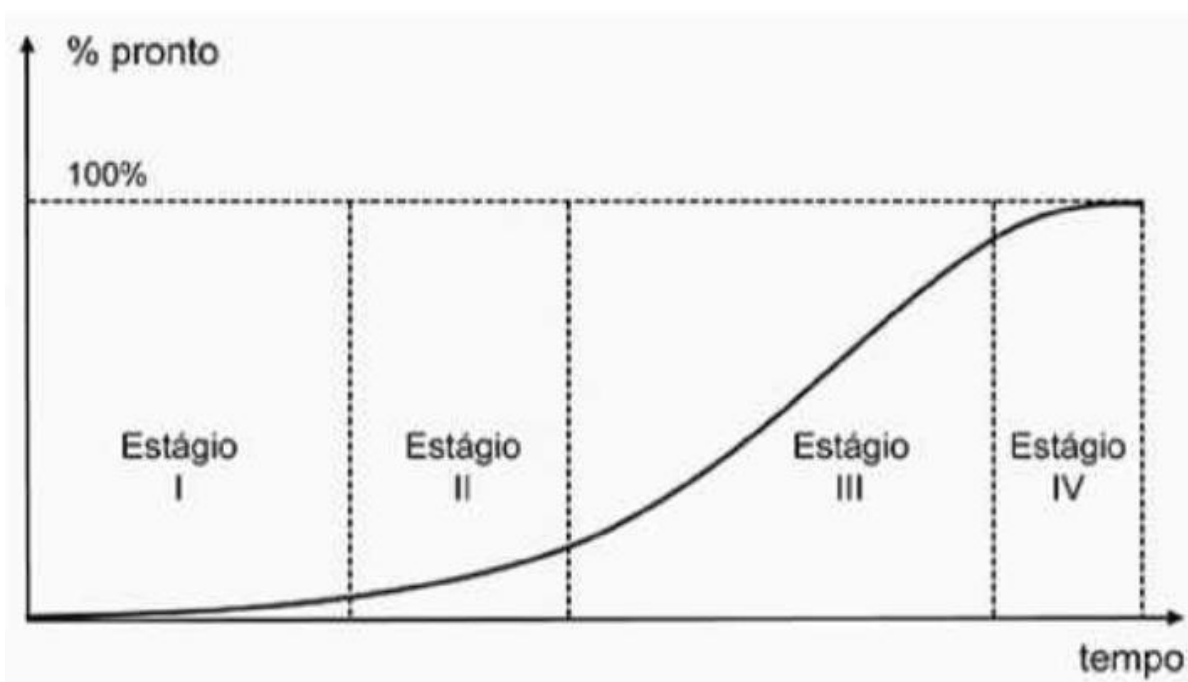
Fonte: Guia PMBOK (2013)

A estrutura genérica do ciclo de vida usualmente apresenta as seguintes características (Guia PMBOK, 2013):

- a) Os níveis de custo e pessoal são baixos no início, atingindo um valor máxima na fase de execução, decaindo rapidamente conforme o projeto é finalizado.
- b) Os riscos e incertezas são maiores nas fases iniciais do projeto. Estes fatores diminuem ao longo do ciclo de vida do projeto à medida que as decisões são tomadas e as entregas são feitas.
- c) A capacidade de influenciar as características finais do produto, sem que haja um impacto significativo sobre os custos é maior no início, e decai à medida que o projeto progride para seu término. Os custos para aplicar mudanças no produto geralmente aumentam significativamente quanto mais próximo o projeto estiver do seu fim.

Aplicando este ciclo de vida genérico apresentado anteriormente em um empreendimento da construção civil, podemos idealizar seu ciclo de vida a partir de quatro estágios (MATTOS, 2010):

Figura 3 - Ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: Mattos (2010)

De acordo com o mesmo autor, cada estágio possui características específicas:

- I. Estágio I – Esta etapa está relacionada à concepção e viabilidade do empreendimento. Devem ser definidos o escopo do projeto e realizados estudos de viabilidade. Um projeto

básico deve ser elaborado nesta fase, desta forma, é possível estabelecer uma estimativa de custos e determinar qual será a fonte orçamentária.

- II. Estágio II – Neste segundo estágio deve haver detalhamento completo do empreendimento, a elaboração do projeto executivo. De posse destas informações, é possível montar todo planejamento e cronograma de execução, com definição de prazos e marcos contratuais.
- III. Estágio III – Esta etapa é caracterizada pela execução do projeto, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos. Paralelamente ao processo de execução deve haver uma fiscalização da obra ou serviço, bem como um controle de qualidade.
- IV. Estágio IV – A finalização do empreendimento pode ser caracterizada pelo recebimento da obra e destinação final do produto. Anteriormente à entrega, é recomendável haja uma inspeção final, uma resolução das últimas pendências e a elaboração de um termo de recebimento.

### **2.3 Programação de Obras**

Para execução de qualquer projeto é necessário que haja um planejamento, para definição do método de execução do projeto uma programação, que irá definir o cronograma de execução, e um controle, que permite a verificação e acompanhamento do andamento do projeto. Exemplificando, o planejamento significa “como fazer”, programar “quando fazer” e controlar “está certo?” (LOSSO e ARAÚJO, 1995). A realização de um empreendimento exige a combinação dos fatores tempo, custo e recursos. Uma alocação de recursos eficientes ao longo do tempo, e a possibilidade de controle somente serão possíveis através de um bom sistema de planejamento e programação (HERNANDES, 2002).

Segundo Laufer e Tucker (1987, *apud* PRADO, 2002), é importante que haja entendimento das diferenças entre planejamento e programação. Quando falamos em planejamento, a atenção deve estar voltada, principalmente, nas previsões de custo e de tempo associadas à conclusão dos serviços, além da alocação dos recursos.

Em contrapartida, a programação tem como objetivo prever as atividades a serem realizadas, sua sequência de execução, os recursos necessários, estimativa de custos e prazos de conclusão, além de outros fatores importantes para execução e acompanhamento da obra (PRADO, 2002).

Para Hernandes (2002), realiza-se na programação uma ordenação estruturada do problema, são fixadas as datas de realização das atividades, estabelecendo o cronograma da obra.

A Tabela 2 lista as atividades típicas da programação de obras nas diferentes fases de execução do empreendimento.

Tabela 2 - Atividades típicas da programação

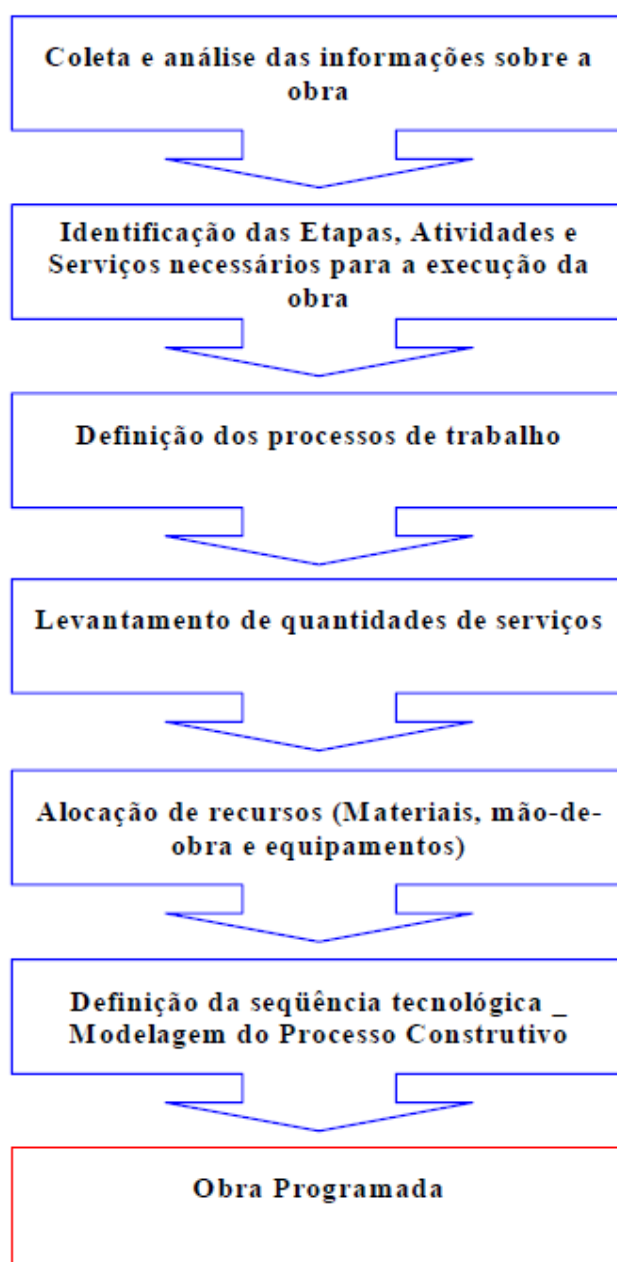
Fase do empreendimento	Atividades da programação
Concepção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudos de viabilidade</li> <li>• Análise de condições de suporte</li> <li>• Planejamento estratégico</li> </ul>
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento tático</li> <li>• Programação geral</li> <li>• Programação básica dos subsistemas e tarefas do WBS (EAP)</li> </ul>
Execução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualização da programação gerencial</li> <li>• Elaboração e análise da programação operacional</li> <li>• Análise da programação executiva dos subsistemas ou tarefas da EAP, preparadas pelos respectivos fornecedores</li> </ul>
Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualização do programa gerencial</li> <li>• Elaboração e análise do planejamento operacional</li> <li>• Atualização da programação dos subsistemas e tarefas junto aos fornecedores</li> </ul>

Fonte: Silva e Guelpa (1993)

### 2.3.1 Etapas do processo de programação

A Figura 4 ilustra as etapas do processo de programação de obras. Cada item desta imagem será discutido nas seções subsequentes.

Figura 4 - Etapas do processo de programação



Fonte: Maziero (1990)

### **2.3.1.1 Coleta e análise das informações sobre a obra**

Esta fase tem como objetivo levantar os dados iniciais necessários para a realização da programação racionalizada da obra, desta forma, é possível elaborar o cronograma e definir a estratégia de implantação (MORAES, 2007).

De acordo com Prado (2002), esta etapa corresponde à etapa inicial do processo de programação, e possui fundamental importância para qualidade do programa. Ainda de acordo com o mesmo autor, esta etapa deve compreender:

- a) Ampla análise sobre as características e especificações técnicas do projeto, com objetivo de conhecer a obra, identificar etapas construtivas, antecipar eventuais problemas, definir processos de trabalho e propor melhorias no projeto visando melhorar questões produtivas no canteiro.
- b) Conhecer os condicionantes físicos da obra, condições de topografia e terreno, códigos de obras, condições da vizinhança, acesso, normas de concessionárias, entre outros.
- c) Conhecimento do custo e disponibilidade dos recursos.
- d) Conhecimento da estratégia de execução da obra, prazos e custos a serem cumpridos.

### **2.3.1.2 Identificação das etapas, atividades e serviços necessários para execução da obra.**

As etapas construtivas devem ser identificadas nesta fase, bem como as atividades e serviços necessários para concretização da obra. Entende-se como atividades um conjunto de operações necessárias para executar uma determinada parte do empreendimento, podendo ser o próprio serviço. Os serviços são partes menores de uma etapa, envolvendo homens, materiais e equipamentos, que através de um determinado processo, executam um determinado trabalho dentro da construção (MAZIERO, 1990; SCHMITT, 1992 e SCHMITT; HEINECK, 2001 *apud* PRADO, 2002).

Esta etapa consiste na identificação das atividades que irão compor o cronograma de execução da obra. Deve-se atentar para que todos os serviços necessários à conclusão da obra sejam contemplados, caso contrário o cronograma estará inadequado, deixando o gerente de obras suscetível à futuros atrasos (MATTOS, 2010).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a maneira mais prática de identificar as atividades é por meio da elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), também conhecida por *Work Breakdown Structure (WBS)*. A EAP é uma estrutura hierárquica, em níveis, a qual divide a totalidade da obra em pacotes de trabalho progressivamente menores. Prado (2002) afirma que esta técnica estabelece critérios bem definidos para divisão das atividades, identificação das etapas e serviços.

### **2.3.1.3 Definição dos processos de trabalho**

Uma vez estabelecidas as etapas, atividades e serviços necessários, o próximo passo é a determinação dos processos de trabalho. Um processo de trabalho pode ser definido como meio ou técnica utilizada para executar determinado serviço (MORAES, 2007).



De acordo com Moraes (2007), na concretagem de uma laje, por exemplo, o transporte de concreto pode ser executado através de diferentes processos de trabalho, utilizando bombas, guias, guindastes, ou giricas no elevador de obras.

Desta forma, sem a associação de um processo de trabalho a cada serviço, não é possível elaborar previsões de custos, prazos e recursos (PRADO, 2002). Ainda de acordo com o mesmo autor, os bancos de composições unitárias de serviço, comumente utilizados para consulta de índices de produtividade contém algumas informações relacionadas a processos de trabalho, a partir dos quais fornecem índices de utilização dos recursos necessários para execução dos serviços.

#### ***2.3.1.4 Levantamento das quantidades de serviço***

Nesta etapa devem ser definidas as quantidades de serviço a serem executados. Com base nos dados levantados nesta etapa será possível dimensionar as equipes de trabalho e prever a duração de cada serviço. O mais indicado é que o quantitativo de serviços esteja pautado em um orçamento detalhado do empreendimento, adotando valores mais precisos e baseados na realidade da obra.

Assumpção (1988, apud PRADO, 2002) cita que o levantamento de quantidades deve ser feito baseado na EAP – Estrutura Analítica de Projeto, definida no parcelamento da obra, a qual deve ser utilizada para a programação de prazos, custos e recursos.

#### ***2.3.1.5 Alocação de recursos***

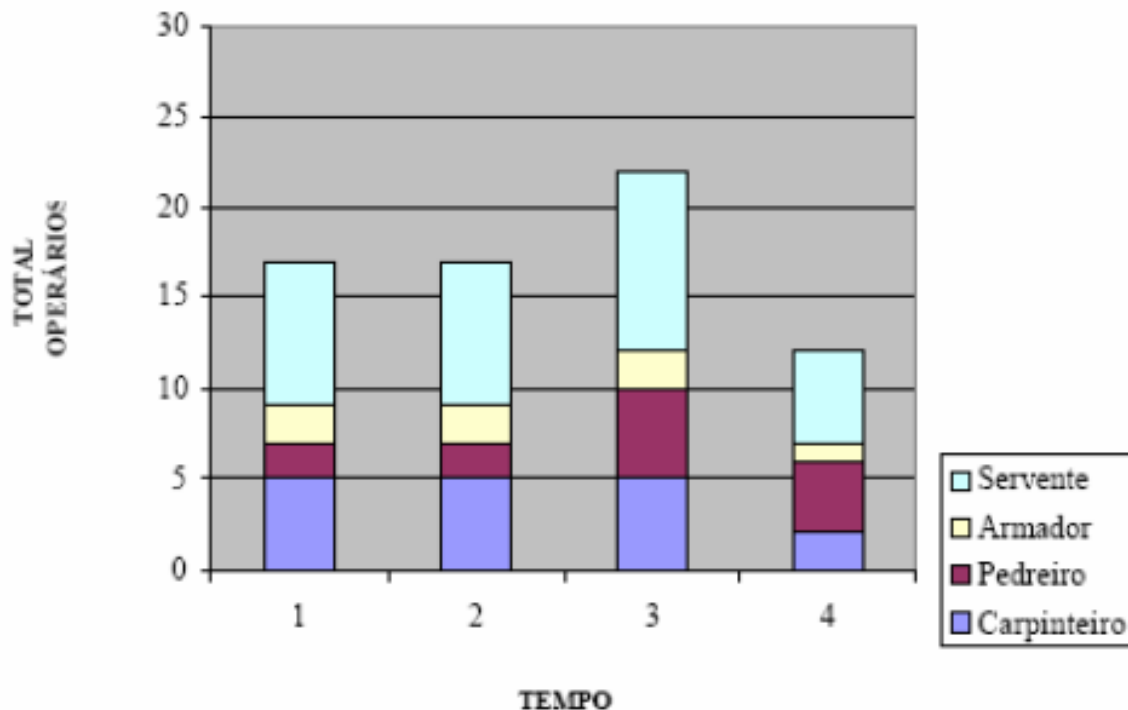
Esta etapa corresponde à alocação dos seguintes recursos, materiais, mão de obra e equipamentos, visto que já foram determinados os serviços a serem executados, os processos de trabalho e os quantitativos de cada serviço (MORAES, 2007).

De acordo com Prado (2002), através do conhecimento dos quantitativos e produtividade, a alocação dos recursos é feita a partir da disponibilidade de mão de obra, equipamentos e durações desejadas. Na manipulação destas variáveis, pode-se supor uma variação linear entre a proporção de recursos alocados e a duração correspondente. Em outras palavras, isto significa que ao desejar que um mesmo volume de serviço seja executado na metade do tempo, isto implica no dobro de recursos alocados.

A partir da definição dos operários necessários em determinadas atividades, é possível confeccionar um histograma de mão de obra. Essas informações fornecerão importantes informações para o planejamento do canteiro de obras, sendo possível determinar quantidade

de operários alocada em um determinado período de execução (MORAES, 2007), conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de histograma de mão de obra (operários)



Fonte: Moraes (2007).

### 2.3.1.6 Definição da sequência lógica.

Nesta etapa deve ser definido a sequência das atividades, determinando as suas dependências com base na metodologia construtiva da obra (MATTOS, 2010). Segundo Assumpção (1988 *apud* MORAES, 2007), definir a sequência lógica corresponde a estabelecer quais atividades são executadas em paralelo, quais atividades devem ser concluídas para que as demais sejam iniciadas, qual a relação de dependência entre elas, e quais as defasagens entre início e término de atividades dependentes.

De acordo com Prado (2002) a representação desta sequência é feita por meio de técnicas de programação: gráficos de barra, redes de precedência, técnicas de orçamentação, entre outros. Isto propicia a criação de alguns modelos que representam o processo construtivo e possibilitam avaliar o comportamento da obra em relação a alguns parâmetros da produção (custo, prazo e recursos).

### ***2.3.2 Informações geradas pela programação de obras***

A Tabela 3, elaborada por Prado (2002), exemplifica as informações que podem ser geradas pelas técnicas de programação de obras.

Tabela 3 - Informações geradas pela programação

<b>INFORMAÇÕES GERADAS</b>			
<b>SETOR</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>PRAZOS</b>	<b>RECURSOS</b>
<b>FINANCEIRO</b>	Na forma de orçamentos globais, para que em conjunto com dados da evolução física da obra, possam ser elaborados os programas de desembolso e fluxo de caixa.	Na forma de cronogramas globais (físico).	
<b>GERENCIAIS</b>	Orçamentos globais, e histogramas de tempo x custo, para que, em conjunto com fluxo de caixas gerados pelo setor financeiro e com informações semelhantes de outras obras, sejam feitas as compatibilizações econômicas e financeiras da empresa.	Na forma de cronograma físico global, para conhecimento dos prazos de conclusão das obras.	Na forma de cronogramas globais de mão de obra, materiais e equipamentos, para possibilitar a avaliação do uso destes recursos com outras obras da empresa.
<b>COMERCIAL</b>	Na forma de orçamento detalhado, para subsidiar as vendas ou elaboração de contratos e licitações.		
<b>FLUXO DE SUPRIMENTOS</b>	Na forma de curva ABC, para definição de lotes econômicos para compra de materiais.	Na forma de relatórios que definem as datas para aluguel de equipamentos de longos prazos de entrega (elevadores, compactadores), de forma a possibilitar a antecipação de contratos de fornecimento.	Em forma de cronograma de materiais, para possibilitar o desenvolvimento de uma política de compras e estoque de materiais.
<b>EXECUÇÃO</b>	Na forma de orçamento detalhado, histograma de tempo x custo de curva ABC para norteamento de compras e controle de gastos.	Na forma de cronogramas físicos detalhados, com destaque para atividades críticas e datas marco, para servirem como diretrizes para execução.	Na forma de cronogramas detalhados de mão de obra, materiais e de uso de equipamentos, bem como na forma de histogramas, para servirem de diretrizes para execução.
<b>CONTROLE</b>	Na forma de orçamento detalhado, histogramas de tempo x custo e curva ABC, para estabelecimento das bases para o controle.	Na forma de cronogramas físicos detalhados, com destaque para atividades críticas e datas marco, para o estabelecimento das bases para o controle.	Na forma de cronogramas detalhados de mão de obra, de materiais e de uso de equipamentos, para o estabelecimento de bases para o controle.
<b>PESSOAL</b>			Na forma de cronogramas de mão de obra para possibilitar o desenvolvimento de uma política de contratação de funcionários.

Fonte: Prado (2002).

### 2.3.3 Ferramentas de apoio a programação de obras

Nas seções subsequentes serão abordadas algumas ferramentas que podem ser utilizados como apoio e complemento na programação de obras, dentre elas, Estrutura Analítica de Projeto – EAP, Curva S e Curva ABC.

#### 2.3.3.1 Estrutura Analítica de Projeto – EAP

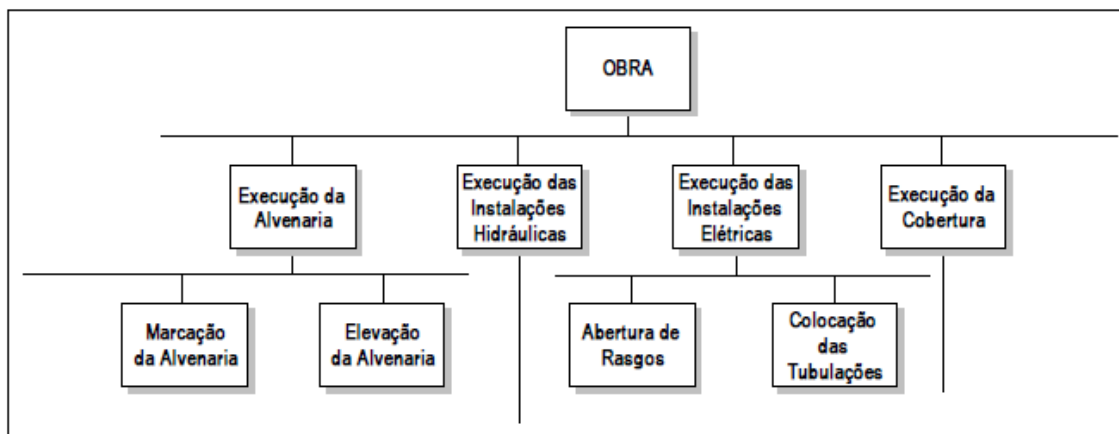
De acordo com Avila e Jungles (2013) a Estrutura Analítica de Projeto – EAP, corresponde ao ordenamento das atividades a serem realizadas segundo a ordem cronológica e lógica de execução. Para se programar uma obra é necessário subdividi-la em partes menores, decompondo-a.

Através da EAP as obras como um todo são particionadas até que se segue a um grau de detalhe que facilite o planejamento na determinação das durações das atividades, aos recursos requeridos e à atribuição dos responsáveis (MATTOS, 2010).

Assumpção (1996) define a EAP como uma estrutura de decomposição da obra em subsistemas, estabelecendo hierarquias entre as atividades decompostas. Segundo Prado (2002), os critérios para decomposição dependem do tipo de empreendimento, estrutura organizacional, níveis de decisão e controle.

A Figura 6 exemplifica parte de uma EAP para um empreendimento.

Figura 6 - Exemplo de uma EAP



Fonte: Bernardes (2001)

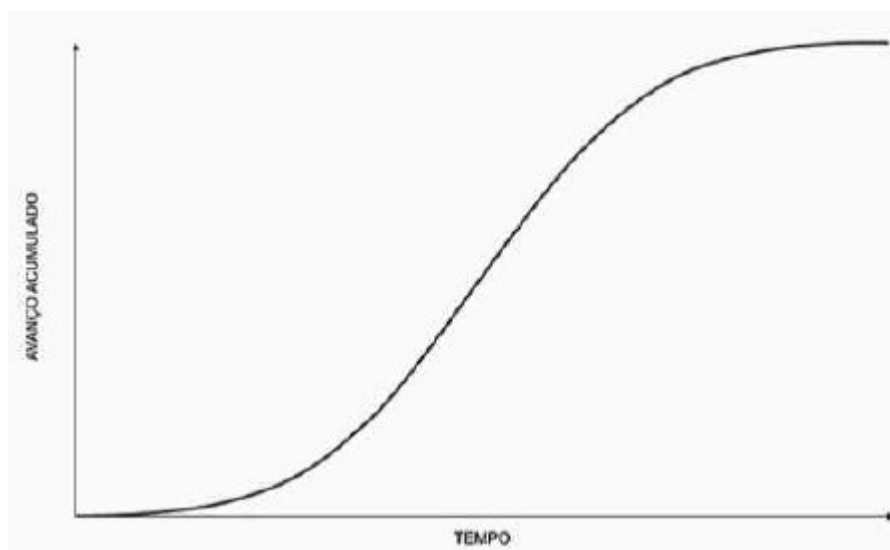
### 2.3.3.2 Curva de agregação – Curva S

Uma das ferramentas que pode auxiliar no processo de planejamento e controle é a curva de agregação, Curva S, que mostra a evolução da utilização de um ou mais recursos ao longo de um projeto (MORAES, 2007).

Segundo Mattos (2010) é necessário para o planejador balizar o avanço da obra ao longo do tempo. Como é impraticável somar o andamento das atividades em termos de seus quantitativos, devido suas unidades de medida diferentes, deve-se recorrer a um parâmetro que permita colocar o avanço das atividades em um mesmo referencial, por exemplo, trabalho (homem-hora) ou custo (recurso financeiro).

Pensando em custo acumulado ou trabalho acumulado, se cada um destes parâmetros for plotado em um gráfico em função do tempo, a curva estará apresentada em uma forma semelhante à Figura 7.

Figura 7 - Curva S genérica



Fonte: Mattos (2010)

Dentre as principais utilidades da Curva S, podemos citar:

- I. Permite acompanhar o desenvolvimento do projeto do início ao fim, avaliando o ritmo e concentração de atividades no início ou término da obra.
- II. Indica um ritmo de mobilização e desmobilização de recursos.
- III. Pode servir de parâmetro de avaliação quanto a qualidade do planejamento, levantando a necessidade de um replanejamento.

### 2.3.3.3 *Percentual da Programação Concluído – PPC*

O PPC é um indicador que dá ao programador uma ideia da eficácia do planejamento e do grau da precisão da programação de curto prazo. Este indicador é o quociente entre a quantidade de tarefas cumpridas em um determinado período e a quantidade de tarefas programadas para esse período (MATTOS, 2010).

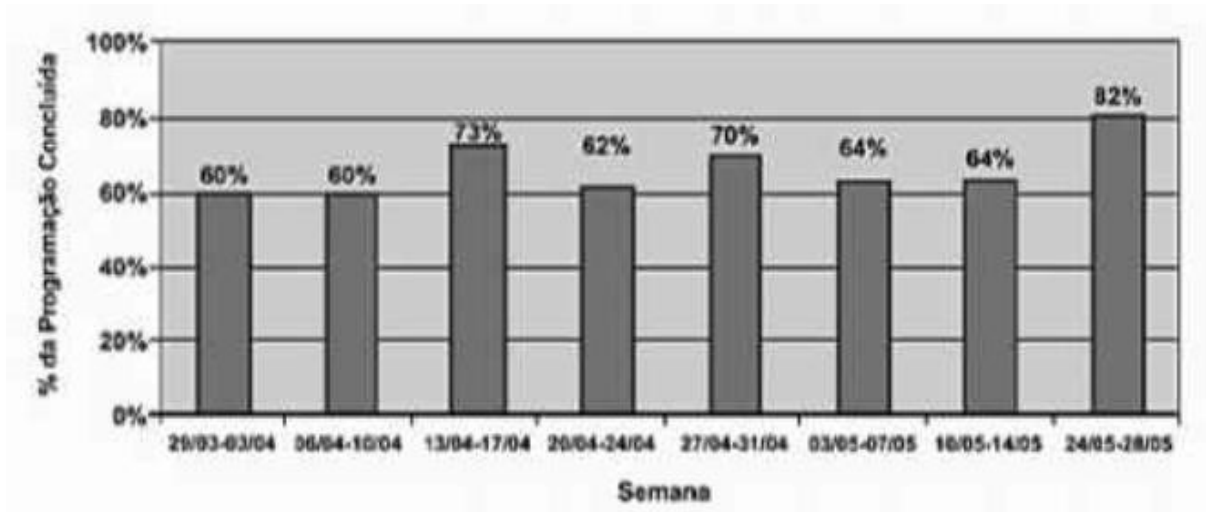
$$\text{PPC} = \frac{\text{Quantidade de tarefas cumpridas no período}}{\text{Quantidade total de tarefas programadas}}$$

De acordo com Mattos (2010), valores baixos de PPC podem representar produtividades muito apertadas, elevada incidência de fatores imprevistos (fatores climáticos, absenteísmo, alterações de projeto, falhas mecânicas) ou um otimismo excessivo no desempenho das atividades. Em contrapartida, valores altos de PPC refletem adoção de produtividades muito folgadas, tarefas com durações programadas mais longas do que deveriam ou uma programação muito fácil de ser realizada.

Ainda de acordo com o mesmo autor, é sempre recomendado que o setor de planejamento e o de produção da obra realizem reuniões para avaliar o PPC ao fim de cada período, elencando as causas dos desvios observados. Esta prática reforça a confiança das equipes no planejamento, levantando conclusões relevantes e sugestões para melhoria do processo.

Para avaliar a evolução do PPC ao longo do período de execução do empreendimento podem ser gerados gráficos. A Figura 8 exemplifica o comportamento do PPC geral da obra em semanas consecutivas.

Figura 8 - Exemplo de PPC geral



Fonte: Mattos (2010)

## 2.4 Técnicas de Programação de Obras

O conhecimento da rede de atividades que constituem a obra, bem como suas respectivas durações, determinadas a partir do número de equipes, representam a base de dados para aplicação das técnicas de programação de obras (PRADO, 2002).

Entre as técnicas de programação mais conhecidas, podemos destacar o gráfico de barras ou diagrama de Gantt, redes PERT/CPM e Linha de Balanço (LDB).

Nas seções subsequentes serão abordados os principais conceitos que envolvem cada técnica citada, com destaque para aplicação da Linha de Balanço, visto que é a ferramenta utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

### 2.4.1 Gráfico de barras ou diagrama de Gantt

O diagrama de barras foi criado em 1918 pelo engenheiro industrial Henry Gantt. Sua metodologia consiste em associar em uma matriz cartesiana, atividades por tempo. Nas ordenadas é relacionado a EAP – Estrutura Analítica de Projeto, e no eixo das abcissas barras ilustrativas do avanço temporal das atividades do projeto (AVILA e JUNGLES, 2013).

O gráfico de barras, ou Gráfico de Gantt, é o mais simples método de planejamento e ainda o mais utilizado na construção civil, tanto para planejamento quanto para controle de obras (MENDES JR., 1999).

De acordo com Mattos (2010), o cronograma de Gantt é uma importante ferramenta de controle, devido à facilidade de ser lido, apresentando de maneira simples e imediata a posição



relativa das atividades ao longo do tempo. No entanto, esta técnica apresenta algumas desvantagens, a falta de clareza ao apresentar as dependências entre as atividades, não levar em conta folgas e não apresentar o caminho crítico do projeto.

#### **2.4.2 Redes PERT/CPM**

O método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) foi criado em 1957 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos na execução do míssil POLARIS. O método CPM (*Critical Path Method*) também foi criado no mesmo ano, pela E. I. Dupont de Neymours para expandir seu parque fabril. Com o passar do tempo estas técnicas se fundiram, passando a utilizar a denominação PERT/CPM (SÃO THIAGO e SOARES, 1999).

A diferença entre os dois métodos está contida na determinação do atributo tempo das atividades. No método PERT, a duração das atividades é determinada de forma probabilística, enquanto no CPM é de forma determinística (AVILA e JUNGLES, 2013).

A aplicação desta técnica permite que os gerentes do projeto obtenham:

- I. Uma visão gráfica das atividades que compõe o projeto, o que permite uma análise de toda sequência construtiva e interferência entre as atividades. (TUBINO, 2007; PRADO, 2002)
- II. Possibilita a avaliação de inter-relacionamento entre as atividades e das dependências entre as tarefas com linhas de ações diferentes (PRADO, 2002).
- III. Uma estimativa de quanto tempo será consumido no projeto (TUBINO, 2007)
- IV. Uma visão de quais atividades são críticas para o atendimento do prazo de conclusão do projeto (TUBINO, 2007)
- V. Uma visão de quanto tempo de folga se dispõe dentro das atividades não críticas (TUBINO, 2007)

No entanto, a utilização das técnicas de Rede PERT/CPM com nível de detalhamento elevado das atividades traz algumas desvantagens:

- I. A rede resultante pode se tornar muito grande, dificultando sua leitura em função do grande número de atividades e inter-relacionamentos (MURGEL, 1981 *apud* PRADO, 2002).

- II. Dificuldade de aplicação da técnica pela variabilidade das durações e falta de precisão na estimativa de atividades e recursos (HEINECK, 1984 *apud* MENDES JR., 1999).
- III. Incompatibilidade com a essência do processo construtivo onde uma sequência detalhada das operações não é tão importante como para outros tipos de indústrias (LAUFER e TUCKER, 1987 *apud* MENDES JR., 1999).

As técnicas PERT e CPM montam uma rede de atividades, que demonstram através deste diagrama as relações de dependência existente entre os serviços, a ordem e o tempo de execução estimados. Em contrapartida, o gráfico de Gantt representam simplesmente o andamento e duração dos serviços no tempo. A utilização isolada de cada uma destas técnicas se mostra ineficiente na visualização de todo processo. A associação destas duas técnicas constitui uma ferramenta poderosa para programação, uma vez que uma é capaz de suprir as necessidades e defeitos da outra (PRADO, 2002).

## **2.5 Linha de Balanço**

### **2.5.1 Programação de projetos repetitivos**

A metodologia denominada Linha de Balanço permite o planejamento preciso de projetos compostos por sequências idênticas de atividades, serviços ou obras, com a característica de repetitividade de serviços (AVILA e JUNGLES, 2013).

Ainda de acordo com os mesmos autores, como exemplo de obras sequenciais que apresentam repetitividade na sequência de atividades, podemos citar: a implantação de um conjunto de casa populares, blocos idênticos de um conjunto de edifícios, rodovias, de um modo geral são projetos onde fica caracterizada a repetição de atividades similares.

A natureza repetitiva e a necessidade do aumento da produtividade de projeto de construções lineares, em conjunto um aumento na padronização dos processos ao longo dos últimos anos, têm impulsionado o desenvolvimento de várias técnicas e estratégias de planejamento para estes tipos de projetos (MENDES JR., 1999)

A técnica de Linha de balanço simplifica a programação de obras repetitivas, pois nesta definimos uma unidade básica de que irá se repetir e impomos o ritmo em que deverão ser executadas. Diante disso, é possível elaborar um gráfico de simples compreensão que irá determinar “quem” estará fazendo “o que” e “aonde” (LOSSO e ARAÚJO, 1995).

Projetos repetitivos são constituídos por unidades básicas, as quais devem ser repetidas até sua conclusão. Para determinação da unidade básica o projeto é dividido em seções que representam um conjunto de operações ou tarefas que serão repetidas em todo projeto. A determinação da unidade básica de repetição depende do tamanho do projeto, visto que uma programação pode se tornar minuciosa demais caso adote-se como unidade básica a menor unidade repetitiva (MAZIERO, 1990).

Segundo Prado (2002), após a determinação das unidades básicas, esta deve ser decomposta em uma sequência de processos que serão repetidos em cada unidade. No caso de um edifício de múltiplos pavimentos, cada pavimento pode incluir: levantamento da estrutura, assentamento da alvenaria, revestimento das paredes, colocação das esquadrias, acabamentos, entre outros.

### **2.5.2 Histórico da Linha de Balanço**

A técnica da Linha de Balanço – LDB (ou LOB, do inglês *Line of Balance*), foi desenvolvida em 1941 pela *Goodyear Tire & Rubber Company*, nos Estados Unidos. Posteriormente foi aplicada pela marinha americana no planejamento e controle das suas atividades nos anos 1950, com objetivo de avaliar o ritmo do fluxo de produção em massa (MATTOS, 2010).

No entanto, Monteiro e Sousa (2011) citam que há registros encontrados da aplicação desta técnica que remontam para o início dos anos 30, na construção do *Empire State Building*, na cidade de Nova York. Segundo os mesmos autores, esta técnica continuou sendo desenvolvida até que foi formalmente reconhecida na década de 1940.

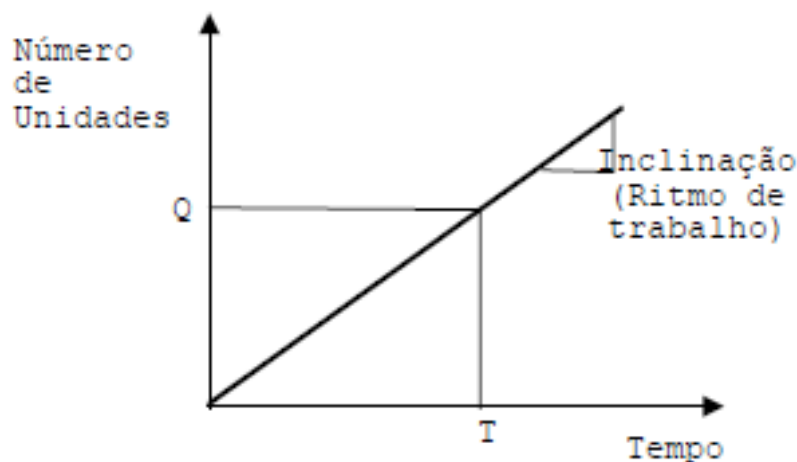
O conceito desta técnica foi ampliado para a construção civil, a indústria da manufatura e o fluxo de operações industriais. A popularidade do PERT/CPM alavancou a potencialidade da LDB como ferramenta de planejamento e controle (MATTOS, 2010).

No Brasil, a técnica foi utilizada também primeiramente no planejamento de conjunto habitacionais populares nas décadas de 70 e 80. Nos dias atuais, os esforços de pesquisa estão direcionados para utilização da Linha de Balanço na programação de edifícios altos (MENDES JR., 1999).

### 2.5.3 Definição da técnica de Linha de Balanço

A técnica de Linha de Balanço é um método essencialmente gráfico de programação. A aplicação desta técnica permite que o planejador visualize o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de atividades, executadas por equipes de trabalho diferentes em locais distintos (MONTEIRO e SOUSA, 2011). As linhas são traçadas em um gráfico tempo – progresso, e sua inclinação determina o ritmo de execução de cada atividade (MATTOS, 2010). A Figura 9 ilustra uma linha de balanço conceitual para um processo.

Figura 9 - Linha de Balanço conceitual para um processo



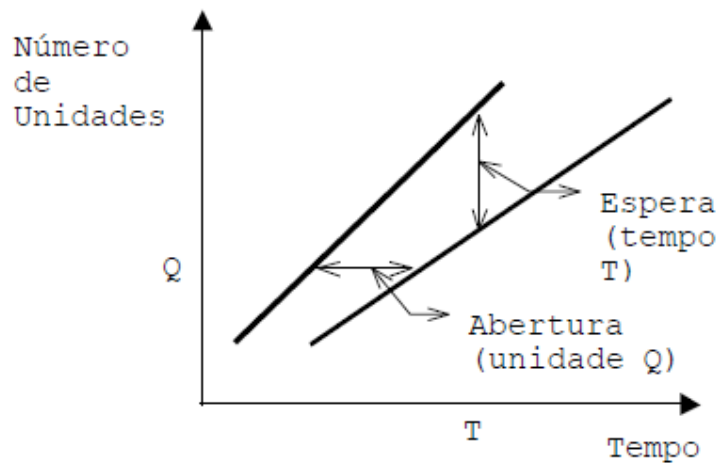
Fonte: Mendes Jr. (1999)

De acordo com Mendes Jr. (1999) a técnica de Linha de Balanço enfatiza a conclusão de unidades completas (por exemplo, pavimentos, seções, casas) e está baseada em um conhecimento de como muitos processos devem ser concluídos num certo momento para atender a conclusão programada das unidades. Segundo o mesmo autor, o ritmo de produção para um processo pode ser determinado através de sua inclinação, conforme a Figura 9, e expresso em termos de unidades por unidade de tempo (pavimentos por dia), ou inversamente em unidades de tempo por unidade de produção (dias por pavimento).

A distância horizontal entre curvas de produção de dois processos consecutivos em uma determinada unidade representa um tempo de abertura (*time buffer*) ou defasagem. A distância vertical entre as curvas produção de dois processos consecutivos em um determinado instante representa uma espera (*stage buffer*), isto é, um número de unidades na fila entre processos,

aguardando o início das tarefas (MENDES JR., 1999). As representações de Linhas de Balanço para dois processos consecutivos podem ser vistas na Figura 10.

Figura 10 - Linhas de balanço para processos consecutivos

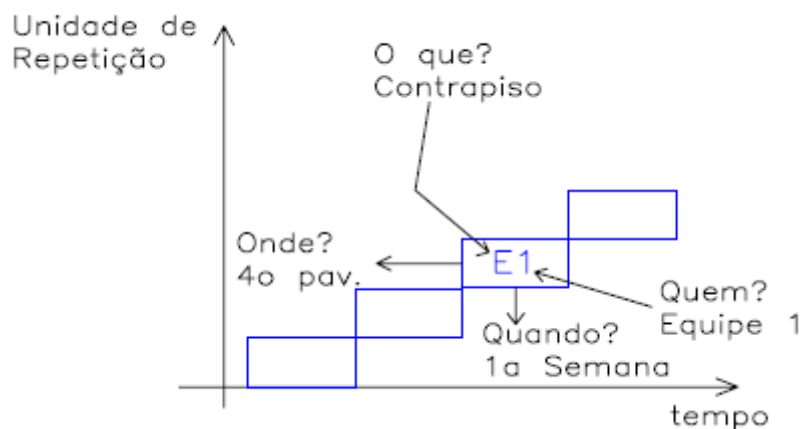


Fonte: Mendes Jr. (1999)

A representação gráfica da Linha de Balanço em uma escala menor, conforme a Figura 11, permite representar a duração da atividade em cada unidade de repetição, onde cada barra indica a execução da atividade em determinada unidade repetitiva. Esta representação mais detalhada exibe algumas das principais informações na programação de um projeto (MENDES JR., 1999):

- Quem? A equipe indicada na célula;
- O quê? A atividade representada pela Linha de Balanço;
- Quando? O instante de tempo no eixo horizontal do diagrama;
- Onde? A unidade no eixo vertical do diagrama.

Figura 11 - Informações do diagrama da Linha de Balanço



Fonte: Prado (2002)

## 2.5.4 Vantagens e desvantagens na utilização da técnica da Linha de Balanço

### 2.5.4.1 Vantagens

A aplicação deste método fornece clareza e simplicidade de representação, facilitando a transmissão de informações (MAZIERO, 1990). De acordo com Prado (2002), o tratamento gráfico da Linha de Balanço permite uma agilidade muito grande no manuseio das informações constituindo uma forte ferramenta de comunicação dentro do canteiro.

A utilização deste método leva a organização no ataque à obra e especializa a mão de obra, introduz motivação, que é o alcance de um ritmo de trabalho (MAZIERO, 1990).

Segundo Alves *et al.* (1996, *apud* PRADO, 2002) a Linha de balanço é capaz de simular centenas de dependências entre atividades de pavimentos diferentes, tornando a rede de precedências global de um edifício mais simples. Isto permite avaliar de forma mais prática, flexível e eficiente as alternativas de programação e reprogramação.

Mendes Jr. (1999) afirma que uma vantagem da aplicação desta técnica em projetos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de qualquer processo, seja de produção, de montagem ou fornecimento.

### 2.5.4.2 Desvantagens

A aplicação técnica da Linha de Balanço é restrita a obras repetitivas, assumindo que a produção das unidades é linear, em um ritmo de produção constante ao longo do tempo. No

entanto, a natureza aleatória dos processos de construção e o efeito aprendido<sup>1</sup> observado com a execução repetitiva da mesma tarefa, a hipótese de ritmos constantes de construção pode ser errônea (MENDES JR. 1999). Técnicas analíticas e de simulação podem ser utilizadas para contornar este problema (LUTZ, 1990 *apud* MENDES JR., 1999).

No entanto, Fugazza (1996 *apud* PRADO, 2002) afirma que as simulações apresentam dificuldade para gerar informações mais detalhadas para os níveis de produção. O mesmo autor defende a utilização da técnica para o planejamento estratégico e não para gerar informações aos níveis operacionais.

Outra limitação da Linha de Balanço é não ser totalmente adequada para programação em computadores. Os modelos computacionais propostos para sua solução impõem algum tipo de limitação no uso da metodologia (MENDES JR., 1999).

### **2.5.5 *Balanceamento das operações***

O balanceamento das atividades se faz necessário para que todas as atividades sejam executadas continuamente sem interferências. A simulação de todas as linhas de produção de serviços que compõem um projeto acarreta em interferências de algumas atividades em outras. Portanto, uma análise destas interferências e de todo conjunto de processos se faz necessária (MENDES JR. 1999).

A partir da análise destas interferências surge a ideia de balanceamento das operações, que consiste basicamente em atribuir para cada serviço um ritmo compatível com sua equipe ótima, ou seja, define a declividade ideal de sua Linha de Balanço (MATTOS, 2010).

Segundo Mattos (2010), para traçar as linhas referentes a serviços consecutivos, é preciso comparar o ritmo dessas duas atividades:

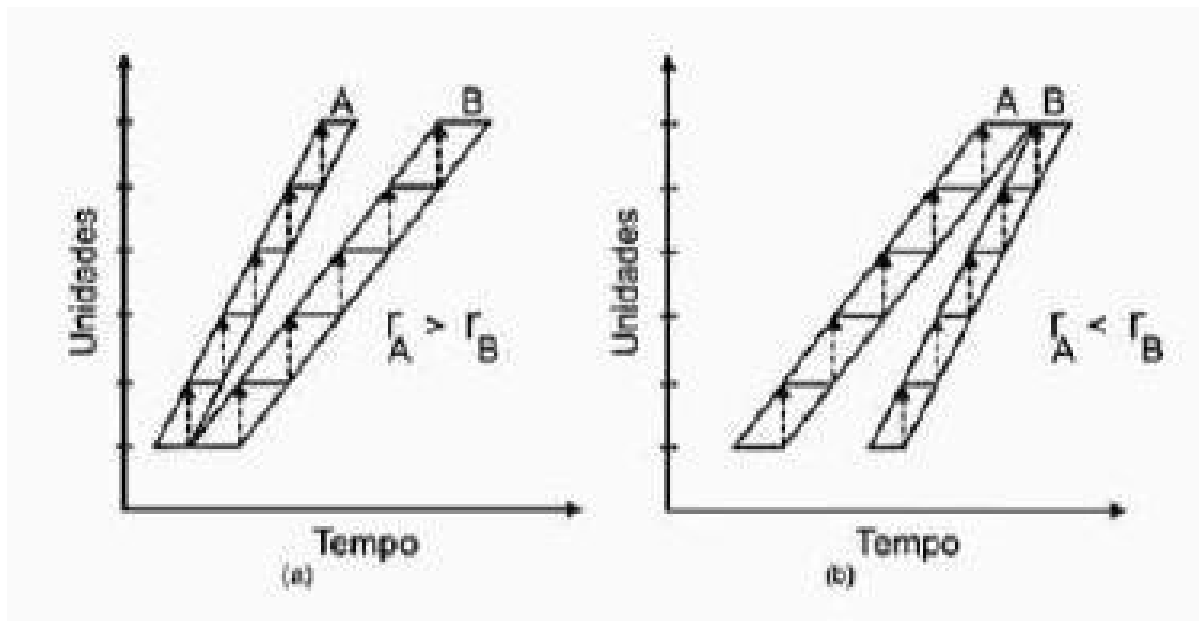
- a) Se o ritmo (produtividade) da atividade for maior que o de sua sucessora, ela poderá ser iniciada logo após o término da primeira unidade da primeira atividade. Desta forma, as linhas de balanço estarão vinculadas pela base (Fig. 12a).

---

<sup>1</sup> Existe uma curva de aprendizado durante a execução de atividades repetitivas, fenômeno pelo qual a produtividade tende a aumentar com o passar do tempo devido ao maior conhecimento do serviço, especialização da mão de obra e aprimoramento da logística (MATTOS, 2010).

- b) Se o ritmo (produtividade) da atividade for menor que o de sua sucessora, estão não poderá ser iniciada logo após o término da primeira unidade da primeira atividade, porque haverá um conflito inevitavelmente. Diante disso, é preciso dar uma dianteira na atividade inicial, vinculando as linhas de balanço pelo topo (Fig. 12b).

Figura 12 - Regra para traçado da LDB para atividades dependentes com ritmos diferentes



Fonte: Mattos (2010)

Uma premissa de aplicação da técnica de linha de balanço é manter a continuidade dos serviços, sendo assim desejável manter os trabalhos de forma contínua com a redução dos tempos de espera. O objetivo da técnica é minimizar os efeitos negativos das interrupções (desmobilização, limpeza, preparo das superfícies, conservação dos equipamentos, armazenagem de materiais) e maximizar os efeitos benéficos da continuidade, como redução de custos e efeito aprendizagem (MENDES JR., 1999; PRADO, 2002).

### 2.5.6 Roteiro de cálculo da linha de balanço

Para aplicação da técnica de Linha de Balanço, assim como em outros métodos de programação de obras baseados na produtividade, é necessário conhecer, para cada atividade (MENDES JR, 1999):

- a) Quantidade de serviço a executar
- b) Produtividade das equipes



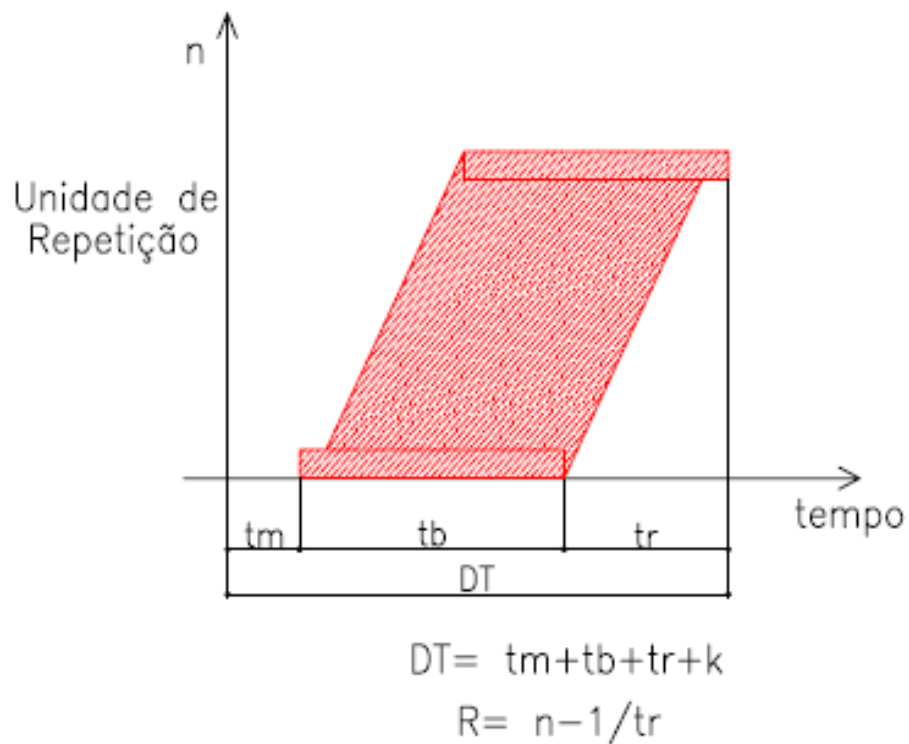
Essas informações são necessárias para se obter a demanda de pessoal requerida para executar cada tarefa, o que é a base da distribuição dos recursos a ser realizada na programação da construção (MENDES JR., 1999).

De posse de todas as informações necessárias para sua aplicação, deve-se determinar as variáveis descritas abaixo e calcular o ritmo das atividades (PRADO, 2002; MENDES JR., 1999):

- a) Unidade de repetição: A determinação da unidade de repetição é uma decisão estratégica que deve depender de vários fatores tais como: tipo de obra, técnica construtiva, disponibilidade de recursos e possibilidade de agregar atividades afins. O número total de repetições é representado pela letra (n).
- b) Duração total (Dt): Pode ser determinada a partir de uma imposição política, comercial ou técnica.
- c) Tempo de mobilização (Tm): Tempo necessário para executar os serviços não repetitivos como: fundações, pilotis, térreo, limpeza e preparo do terreno.
- d) Tempo base (Tb): tempo necessário para execução de uma unidade de repetição.
- e) Tempo de ritmo (Tr): tempo necessário para a execução de todas as unidades de repetição, com exceção da primeira.
- f) Ritmo (R): é a taxa de produção ou razão de execução, determinada pelo número de unidade por tempo, ou tempo necessário para cada unidade de repetição.
- g) Tempo de imprevistos (k): Em uma obra real é necessário prever um tempo para absorção de imprevistos. Estes tempos de imprevisto podem ser considerados diretamente no tempo base ou adicionados a duração total do projeto.

As variáveis descritas anteriormente estão relacionadas de acordo com o gráfico e a fórmula apresentados na Figura 13.

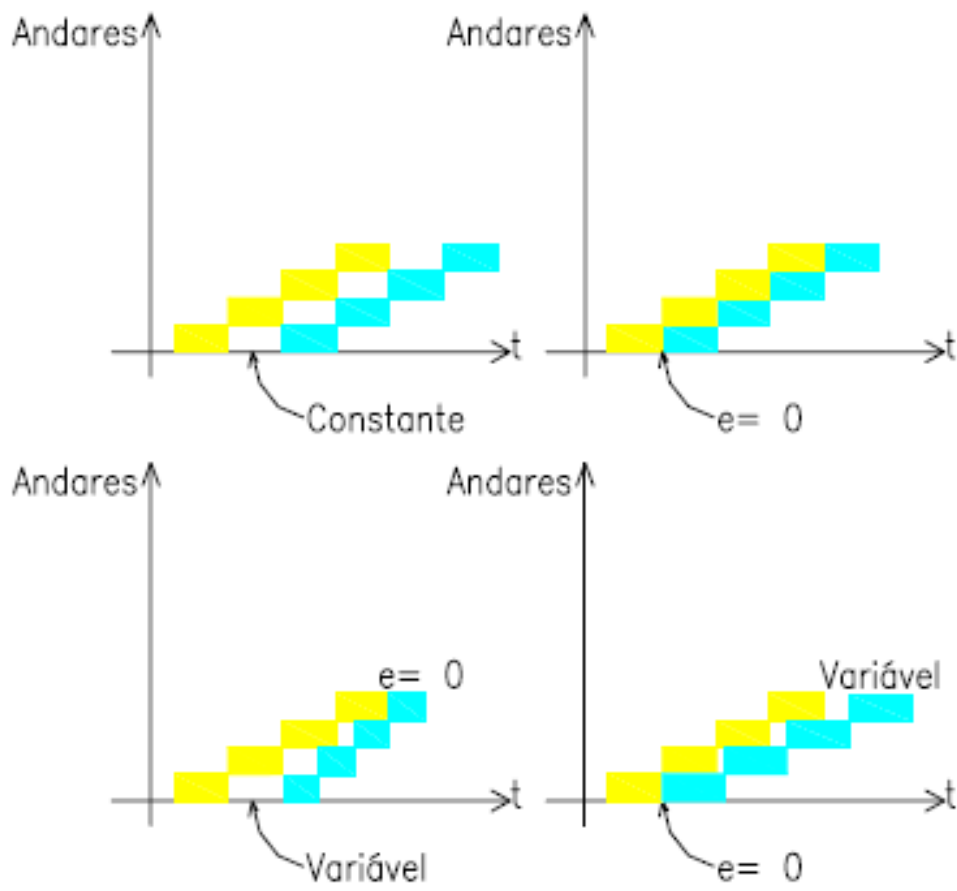
Figura 13 - Variáveis e ritmo da linha de balanço



Fonte: Prado (2002)

Na Figura 14 pode-se visualizar o efeito da aplicação de ritmos de execução diferentes para tarefas consecutivas. A declividade da reta determinada o maior ou menor ritmo no qual o serviço será executado. Retas paralelas determinam atividades com ritmos iguais, enquanto ritmos diferentes provocarão esperas entre atividades em sequência (PRADO, 2002). A letra “e” determina o tempo de espera entre atividades consecutivas, podendo ser constante, variável ou nulo.

Figura 14 - Identificação das esperas na linha de balanço



Fonte: Prado (2002)

### **3 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO NA PROGRAMAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS**

Este capítulo traz a metodologia utilizada durante a programação de um edifício utilizando a técnica de Linha de Balanço. Portanto, estão descritos todos os procedimentos e decisões tomadas durante o desenvolvimento do trabalho.

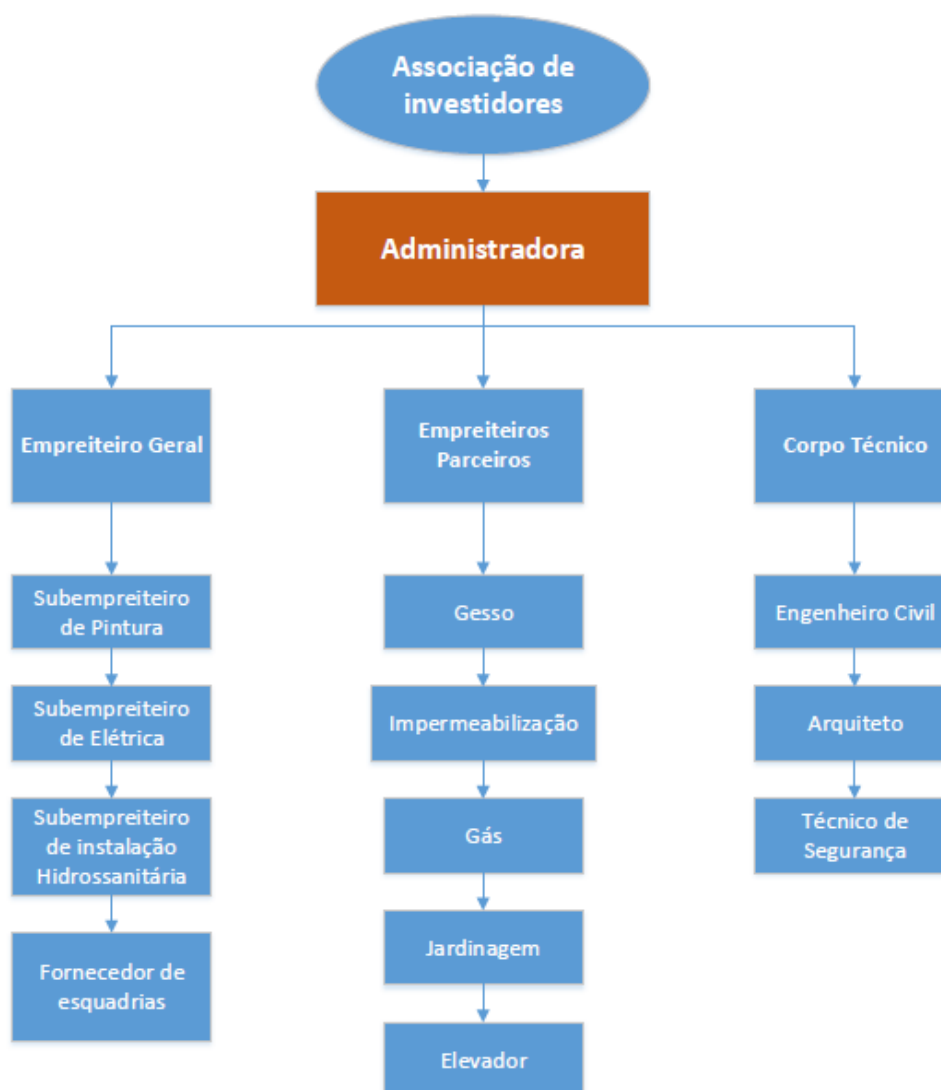
#### **3.1 Descrição da Empreendimento do estudo de caso**

A obra é financiada por um grupo de investidores, cada investidor aplica mensalmente um capital para custear os custos de execução da obra. A divisão das despesas é feita a partir de cotas, proporcionais a quantidade de apartamento que cada proprietário possui na edificação. Portanto, os proprietários fazem um aporte de capital proporcional à quantidade de unidades das quais ele é responsável.

A gestão do empreendimento é feita a partir de uma administradora. Esta administradora é responsável pelo recolhimento do capital, contratação da empreiteira executora, auditoria da obra e fiscalização. Resumidamente, a empresa administradora é responsável por fazer a ligação entre a empreiteira executora e a associação de investidores. A administradora também é responsável em contratar todo corpo técnico responsável pela execução do empreendimento, engenheiro civil, arquiteto e técnico de segurança.

A Figura 15 exemplifica organização administrativa do empreendimento.

Figura 15 - Organização administrativa do empreendimento



Fonte: Autor

Para execução do empreendimento foi contratado uma empreiteira de mão de obra, denominada de empreiteiro geral. Esta empreiteira é responsável pela execução de serviços que envolvam carpinteiros, pedreiros e serventes. Alguns serviços especializados são subcontratados, ficando a cargo do empreiteiro geral a contratação do subempreiteiro de pintura, instalações elétricas, instalações hidrossanitária e incêndio e fornecedores de esquadrias.

Conforme indicado na Figura 15, o empreendimento possui alguns empreiteiros parceiros, que devem ser contratados pela empresa administradora. Estes empreiteiros parceiros são responsáveis pelo fornecimento de mão de obra e material para os seguintes serviços:

execução do revestimento de gesso, execução de serviços de impermeabilização, serviços de jardinagem e paisagismo e instalação do elevador.

O empreiteiro geral do empreendimento tem um longo histórico de parceria com a empresa administradora e o grupo de investidores, atualmente conta com três obras em execução, duas delas ainda em fase inicial de execução.

O empreendimento em estudo está localizado na Rua João Carvalho, bairro Agrônômica, no município de Florianópolis – SC. A obra está sendo implantada em terreno com uma área total de 1.567 m<sup>2</sup>.

O empreendimento é composto por uma torre de apartamentos residenciais, sendo 9 pavimentos tipo, um pavimento cobertura, dois pavimentos de garagem e um subsolo. Acima do pavimento cobertura há dois pavimentos, destinados a casa de máquinas, barrilete e reservatórios superiores.

A obra em estudo totaliza uma área de 9.215 m<sup>2</sup>, divididos em 38 apartamentos, dois deles na cobertura, áreas comuns internas e externas, salão de festas, piscina, playground e áreas técnicas. O quadro de áreas do empreendimento está representado na Tabela 4.

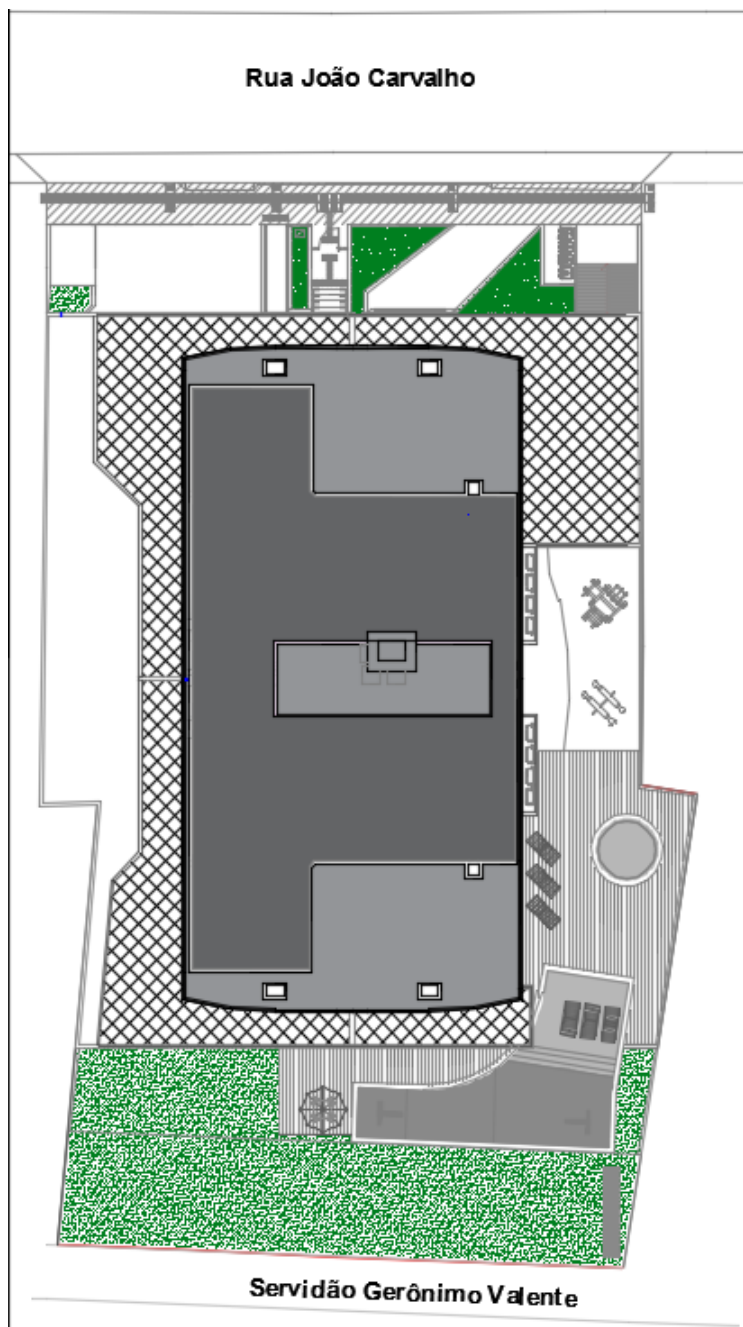
Tabela 4 – Quadro de áreas do empreendimento.

<b>Pavimento</b>	<b>Descoberta (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Aberta (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Fechada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>
Reservatório Superior	-	-	40,82	40,82
Casa Máquina/Barrilete	-	-	40,82	40,82
Ático	274,94	-	274,1	549,04
Pavimento Tipo (x8)	-	(8 x 54,90) 439,2	(8 x 494,14) 3.953,12	(8 x 549,04) 4.392,32
1º Pavimento Tipo	360,22	54,9	494,14	909,26
Pav. Garagem 1	437,72	629,89	279,38	1.346,98
Pav. Garagem 2	-	-	1.077,44	1.077,44
Subsolo	-	-	858,26	858,26
<b>Total</b>	<b>1.072,88 m<sup>2</sup></b>	<b>1.123,99 m<sup>2</sup></b>	<b>7.018,08 m<sup>2</sup></b>	<b>9.214,94 m<sup>2</sup></b>

Fonte: Administradora, elaborado pelo autor

A Figura 16 ilustra a planta de implantação do empreendimento.

Figura 16 – Implantação do Empreendimento



Fonte: Administradora

A execução da obra em estudo teve início no mês de março de 2014. A empreiteira trabalha com um prazo de execução de 36 meses, sendo necessário finalizar o empreendimento em março de 2017. Em novembro de 2016, durante o desenvolvimento deste trabalho, estavam sendo executados serviços de pintura, colocação do forro de gesso, assentamento de revestimento cerâmico, colocação de esquadrias, instalação da tubulação hidrossanitária nos pavimentos garagem e impermeabilização da piscina. Além dos serviços citados, foram

iniciados no mês de outubro os serviços na periferia do edifício, tais como execução de calçada, rampa de acesso e instalações elétricas.

A Figura 17 mostra a fachada do edifício em diferentes fases de implantação da obra.

Figura 17 – Fases de execução: novembro de 2015 (Esquerda), junho de 2016 (Direita)



Fonte: Autor

Na sequência, a Figura 18 ilustra o momento atual de execução do edifício.



Figura 18 – Fase atual de execução do empreendimento, outubro de 2016



Fonte: Autor.

A escolha da obra em estudo se deu, em primeiro momento, em função do autor possuir um contato próximo a empreiteira executora do empreendimento e ter percebido a ausência de um método de planejamento e controle durante o andamento da obra. Portanto, o autor deste trabalho se motivou a identificar os passos de aplicação de uma técnica de programação para o empreendimento, elencando as principais dificuldades, limitações e vantagens de sua utilização.

### **3.2 Determinação da unidade de repetição**

Para a programação do edifício utilizando a técnica de linha de balanço é necessário delimitar sua unidade de repetição. No caso de edifício de múltiplos pavimentos, com um único bloco, a unidade de repetição pode ser o pavimento. Cada unidade de repetição representa um conjunto de atividades que serão repetidas em cada pavimento do empreendimento.

Na obra em estudo, devido as características geométricas semelhantes, cada pavimento tipo e o pavimento cobertura foram determinados como unidade de repetição. É importante ressaltar que o 1º pavimento tipo possui uma área total maior que os demais pavimentos, no

entanto este espaço é destinado a áreas comuns do prédio, onde estarão alocados o *playground* e a piscina. Esta área excedente será desconsiderada na programação, visto que os serviços executados no local não serão repetidos ao longo das unidades de repetição.

A Figura 19 ilustra as unidades de repetição do empreendimento.

Figura 19 – Unidades de repetição do empreendimento



Fonte: Administradora, adaptado pelo autor

As plantas baixas dos pavimentos tipo e pavimento cobertura estão apresentadas no Anexo A e Anexo B, respectivamente.

### 3.2 Identificação das atividades

O levantamento das atividades a serem executadas foi realizado a partir da elaboração da Estrutura Analítica de Projeto – EAP. A aplicação da EAP permite decompor o projeto em partições menores, identificando a sequência de execução e precedências entre atividades consecutivas. De acordo com Mattos (2010) esta é a técnica mais indicada na identificação das atividades de um projeto.

Para identificação da sequência executiva dos serviços, e das dependências entre atividades consecutivas foram realizadas algumas observações na obra, com auxílio do mestre de obras responsável pelo empreendimento, foi possível definir a EAP do projeto.

O sequenciamento das atividades, bem como as precedências entre os serviços podem ser identificadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Lista de atividades e dependências para os pavimentos tipo e cobertura.

Serviço	Sentido	Dependências e critérios
Estrutura	1º tipo à cobertura	Execução dos pavimentos garagem e subsolo
Alvenaria de vedação		Estrutura (TI+28 dias <sup>2</sup> ), tempo necessário para cura do concreto e retirada do escoramento
Contramarcos		Alvenaria de vedação
Instalação da tubulação elétrica		Alvenaria de vedação
Instalação da tubulação hidro/sanitária		Alvenaria de vedação
Instalação da tubulação de incêndio	Da cobertura ao 1º tipo	Instalação da tubulação hidro/sanitária
Instalação dos pontos de gás	1º tipo à cobertura	Alvenaria de vedação
Chapisco		Instalação da tubulação hidro/sanitária, tubulação elétrica e pontos de gás
Reboco		Chapisco (TI+3 dias); Contramarcos
Contrapiso		Reboco
Impermeabilização		Contrapiso (TI+28 dias), tempo necessário para cura do material
Revestimento Cerâmico		Impermeabilização; Reboco (TI+28 dias), tempo necessário para cura do reboco
Forro de Gesso		Revestimento cerâmico
Esquadrias de alumínio		Revestimento cerâmico; Contramarcos
Fiação das instalações elétricas		Reboco; Instalação da tubulação elétrica

<sup>2</sup> Determina uma relação de Término – Início entre as atividades, o tempo indicado em dias corresponde ao tempo de espera entre o término da atividade predecessora e o início da sua sucessora.

Tabela 5 – Lista de atividades e dependências para os pavimentos tipo e cobertura (continuação)

Serviço	Sentido	Dependências e critérios
Pintura - 1ª demão	1º tipo à cobertura	Forro de Gesso; Esquadrias de Alumínio
Esquadrias de madeira		Pintura 1ª demão
Louças		Revestimento cerâmico; Pintura 1ª demão
Metais		Louças
Pintura - 2ª e 3ª demão		Esquadrias de madeira
Acabamento Elétrica		Pintura 3ª demão; Fiação das instalações elétricas
Acabamento Incêndio		Instalação da tubulação de incêndio; Pintura 3ª demão
Limpeza Final		Acabamento elétrica; Acabamento incêndio; Metais

Fonte: Autor

A EAP elaborada para a obra em estudo decompõe o projeto em pacotes de trabalho. Para uma programação mais detalhada do empreendimento, estes pacotes de trabalho devem ser divididos em serviços menores. Por exemplo, o pacote de trabalho Estrutura é composto por serviços menores de montagem de formas, montagem das armaduras e concretagem. Em uma programação mais detalhada, é necessário verificar como será feita a distribuição destes serviços ao longo do tempo de ciclo da atividade.

As atividades e sequência de execução determinadas na Tabela 5 são relativas as atividades comuns aos pavimentos tipo e cobertura, caracterizadas pela repetição em cada pavimento do projeto. Atividades não repetitivas, ou executadas em panos de fachada (reboco externo, pintura, aplicação de pastilhas cerâmicas) não são consideradas na elaboração da EAP e no escopo deste trabalho.

Durante a elaboração da EAP também deve-se atentar ao nível de controle adotado em obra. A decomposição do projeto em um grande número de atividades, ou que demandem um tempo muito curto de execução, acarreta em redes muito extensas e um custo de controle muito elevado (MATTOS, 2010). Ainda de acordo com o mesmo autor, outro ponto importante para se ponderar da elaboração da EAP é o tempo médio das atividades. Torna-se inviável decompor um projeto com atividades muito genéricas e longas misturadas com serviços com pequenas durações.

### 3.3 Levantamento de quantitativos da obra

Para a programação do empreendimento utilizando a Técnica de Linha de Balanço deve-se determinar os quantitativos de serviços que serão executados nos pavimentos tipo, ou unidades de repetição. Segundo Mendes Jr. e Heineck (1997), há basicamente duas alternativas para estimar os quantitativos de serviços de um empreendimento:

1. Levantamento de quantidades a partir de projetos arquitetônicos (ou executivo), estrutural e instalações.
2. Estimativa das quantidades de serviços a partir de características geométricas da edificação, como área construída, comprimentos laterais, volume de concreto da laje, entre outras.

Apesar da primeira alternativa retornar valores mais exatos de quantitativos, a segunda alternativa pode ser usada quando se busca rapidez e agilidade, ou quando não se tem disponibilidade do projeto final. Em resumo, um preciosismo na determinação dos quantitativos pode ser invalidado devido à imprecisão da produtividade da equipe (MENDES JR. e HEINECK, 1997).

A empreiteira responsável pela execução do empreendimento não dispõe de um orçamento detalhado de serviços. A compra de materiais é feita a partir de estimativas baseadas nos projetos arquitetônico e estrutural. Para os serviços de instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, incêndio e gás, o contrato de prestação de serviços inclui mão de obra e materiais.

Diante desta situação, para o desenvolvimento da programação os quantitativos de serviços foram estimados com base em índices de produtividade. Segundo Mendes Jr. e Heineck (1997), a determinação dos quantitativos de serviços com base em características geométricas da obra é viável, visto que a diferença, quando comparado para quantitativos extraídos de projetos executivos, no resultado final da programação não é crítica.

O quantitativo de serviço foi realizado para uma unidade de repetição, de acordo com as constantes de produtividade adotadas para cada serviço e a área total de cada unidade de repetição. Considerando que cada unidade de repetição possui uma área de 549,04 m<sup>2</sup>, o quantitativo de serviços (Hh) pode ser determinado pelo produto entre as constantes de produtividade e a área do pavimento. As constantes de produtividade adotadas neste trabalho foram extraídas de publicações dos seguintes autores: Heineck *et al.* (2006), Limeira *et al.* (1997), Prado (2002), Coelho (1998) e Guch (1997).

A Tabela 6 traz os índices de produtividade adotados, bem como a quantidade de homens-hora (Hh) necessária para execução de cada atividade em uma unidade de repetição do projeto.

Tabela 6 – Demanda de Hh/m<sup>2</sup>

Serviços	Hh/m <sup>2</sup>	Hh/pavimento
Estrutura	3,00	1647
Alvenaria de vedação	1,35	741
Contramarcos	0,06	33
Instalação da tubulação elétrica	0,24	132
Instalação da tubulação hidro/sanitária	0,96	527
Instalação da tubulação de incêndio	0,05	27
Instalação abastecimento de gás	0,07	38
Chapisco	0,20	110
Reboco	1,12	615
Contrapiso	0,30	165
Impermeabilização	0,12	68
Revestimento Cerâmico	0,90	494
Forro de Gesso	0,30	165
Esquadrias de alumínio	0,14	77
Fiação das instalações elétricas	0,20	110
Pintura - 1ª demão	0,65	357
Esquadrias de madeira	0,18	99
Louças	0,10	55
Metals sanitários	0,07	38
Pintura - 2ª e 3ª demão	1,14	626
Acabamento Elétrica	0,06	33
Acabamento Incêndio	0,08	44
Limpeza Final	0,31	170
<b>Total por pavimento (Hh/pavimento)</b>		<b>6371</b>

Fonte: Heineck *et al.* (2006), Limeira *et al.* (1997), Prado (2002), Coelho (1998) e Guch (1997), elaborado pelo autor.

### 3.4 Definição das equipes de produção e duração das atividades

Basicamente há duas maneiras para que se possa determinar a duração das atividades do projeto. Determinado o quantitativo de serviços necessários para realização de uma atividade específica, pode-se fixar a equipe e calcular a duração das atividades, ou ainda, realizar o

caminho inverso: fixando a duração e calculando a quantidade de oficiais necessária (MATTOS, 2010).

Estas duas variáveis, equipe de produção e duração da atividade, estão relacionadas a partir da Equação (1).

$$D = QS/(E \times J) \quad (1)$$

Onde:

- D = Duração da atividade em cada unidade de repetição (dias)
- QS = Quantitativo de serviços, determinado em homens-hora (oficiais) para cada atividade em uma unidade de repetição, determinado na Seção 3.5.
- E = Equipe adotada na execução da atividade, número de oficiais envolvidos na atividade.
- J = Jornada diária de trabalho (horas).

Segundo Mattos (2010), quando a quantidade de recursos é restrita e passa a ser determinante, é mais indicado determinar a duração das atividades em função da equipe. Para a obra em estudo a restrição de recursos humanos é determinante na execução do projeto, visto que a empreiteira executora possui uma quantidade limitada de funcionários. Desta forma, buscou-se determinar a duração das atividades a partir das equipes comumente utilizadas pela empresa.

#### **3.4.1 Definição das equipes de produção**

Segundo Maders (1987), a programação não trará benefícios à produção se não estiver baseada em fatos reais, do dia a dia da obra. Buscando adequar a programação da obra em estudo a realidade encontrada no canteiro de obras, as equipes básicas de trabalho foram definidas a partir de consultas ao mestre de obra e ao setor administrativo da empreiteira geral do empreendimento.

De posse destas informações, foi possível determinar equipes de produção de acordo com o cotidiano da empresa. As equipes de produção são compostas pelos seguintes profissionais: Armadores, carpinteiros, pedreiros, meio-oficiais, serventes e especialistas. Os profissionais especialistas são aqueles necessários a execução dos serviços de instalações, esquadrias, revestimentos, pintura e acabamentos. Por exemplo, para o serviço de revestimento

cerâmico, entende-se que o especialista se refere ao profissional azulejista, enquanto no serviço de pintura, o especialista indicado é o pintor.

O número de oficiais foi determinado somando as funções que estão diretamente relacionados à execução das atividades, sem função de apoio, transporte ou limpeza. Portanto, não são considerados no número de oficiais a quantidade de serventes adotada na equipe, exceto para o serviço de limpeza final, onde estes profissionais estão diretamente ligados à execução da atividade. O Apêndice A apresenta a composição das equipes de produção utilizadas na programação.

A Tabela 7 mostra o número de oficiais envolvidos na execução de cada serviço.

Tabela 7 – Quantidade de oficiais alocados em cada serviço

<b>Serviços</b>	<b>Equipe (oficiais)</b>
Estrutura	12
Alvenaria de vedação	8
Contramarcos	1
Instalação da tubulação elétrica	3
Instalação da tubulação hidro/sanitária	5
Instalação da tubulação de incêndio	3
Instalação abastecimento de gás	2
Chapisco	2
Reboco	8
Contrapiso	2
Impermeabilização	1
Revestimento Cerâmico	5
Forro de Gesso	3
Esquadrias de alumínio	2
Fiação das instalações elétricas	3
Pintura - 1ª demão	10
Esquadrias de madeira	2
Louças	2
Metais sanitários	2
Pintura - 2ª e 3ª demão	10
Acabamento Elétrica	2
Acabamento Incêndio	2
Limpeza Final	4

Fonte: Empreiteira, elaborado pelo autor.



### 3.4.2 Duração das atividades

Após determinar as equipes de produção do empreendimento, para calcular a duração de cada atividade no pavimento tipo é necessário conhecer a jornada de trabalho adotada pela empresa.

A Tabela 8 traz o expediente de trabalho adota pela empresa.

Tabela 8 – Horário de trabalho das equipes de produção

	Início	Intervalo	Término	Horas trabalhadas	
Segunda a Quinta	07:00	12:00	13:00	17:00	9
Sexta-feira	07:00	12:00	13:00	16:00	8
Jornada Semanal					44

Fonte: Empreiteira, elaborado pelo autor

A empreiteira adota uma jornada semanal de 44 horas de trabalho, sendo que a carga horária é distribuída de segunda a sexta-feira, obedecendo os horários indicados na Tabela 8.

No entanto, durante a jornada diária de trabalho, há tempos em que os funcionários não estão efetivamente focados na execução das atividades, apesar de estarem cumprindo com sua carga horária. Para aproximar a programação a realidade do canteiro, foram descontados os tempos de mobilização e desmobilização das atividades, bem como o tempo destinado à pausa para o café da manhã.

Para o tempo de mobilização foram descontados os primeiros quinze minutos de trabalho (7:00 às 7:15), tempo necessário para movimentação até os postos de trabalho e início efetivo das atividades.

Para o café da manhã são cedidos quinze minutos (8:30 às 8:45), sendo que a refeição é feita dentro do canteiro de obras.

No final do expediente foram descontados quinze minutos (16:45 às 17:00, de segunda a quinta-feira e 15:45 às 16:00, na sexta-feira). Portanto, foram descontados quarenta e cinco minutos da jornada diária de trabalho, conforme ilustrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Carga horária efetiva

Carga horária adotada	
Jornada semanal (h)	44
Dias trabalhados/semana	5
horas trabalhadas/dia	8,8
Café da manhã (h/dia)	0,25
Mobilização (h/dia)	0,25

Desmobilização (h/dia)	0,25
Horas produtivas (h/dia)	8,05
Valor adotado (h/dia)	8

Fonte: Autor

Determinado o quantitativo de serviço (Hh), o tamanho das equipes de produção (oficiais) e a carga horária efetiva de trabalho (horas/dia), é possível determinar o tempo de ciclo de cada atividade a partir da Equação 1 (Seção 3.6). A título de exemplo, o tempo de ciclo para a atividade Estrutura foi calculado conforme explicitado abaixo:

- $QS = 1647$  Hh/pavimento (Seção 3.5)
- $E = 12$  oficiais (Seção 3.6.1)
- $J = 8$  horas/dia (Seção 3.6.2)

$$D = QS / (E \times J) \rightarrow D = 1647 / (12 \times 8) \rightarrow D = 17,16 \text{ dias}$$

*Valor adotado = 18 dias*

Os valores de duração adotados foram obtidos arredondando o resultado para o número inteiro imediatamente superior.

A Tabela 10 traz as durações calculadas para cada atividade, em uma unidade de repetição.

Tabela 10 – Tempo de ciclo de cada atividade

Serviços	Qtde. Serviço (Hh/pavto)	Equipe (oficiais)	Duração (dias)
Estrutura	1647	12	18
Alvenaria de vedação	741	8	12
Contramarcos	33	1	5
Instalação da tubulação elétrica	132	3	6
Instalação da tubulação hidro/sanitária	527	5	14
Instalação da tubulação de incêndio	27	3	2
Instalação abastecimento de gás	38	2	3
Chapisco	110	2	7
Reboco	615	8	10
Contrapiso	165	2	11
Impermeabilização	68	1	9
Revestimento Cerâmico	494	5	13
Forro de Gesso	165	3	7
Esquadrias de alumínio	77	2	5
Fiação das instalações elétricas	110	3	5
Pintura - 1ª demão	357	10	5
Esquadrias de madeira	99	2	7
Louças	55	2	4
Metais sanitários	38	2	3
Pintura - 2ª e 3ª demão	626	10	8
Acabamento Elétrica	33	2	3
Acabamento Incêndio	44	2	3
Limpeza Final	170	4	6

Fonte: Autor

As durações apresentadas na Tabela 10 se referem a dias úteis, aqueles em que efetivamente se trabalha.

### 3.5 Cálculo do ritmo de execução

Determinado a lista de precedência das atividades e suas durações em uma unidade de repetição, é possível determinar o ritmo de execução do empreendimento segundo a Equação (2).

$$Tr = DT - Tb - Tm - Tp - k \quad (2)$$

Onde:

- $T_r$  = Tempo de ritmo
- $DT$  = Prazo de conclusão do empreendimento;
- $T_b$  = Tempo base;
- $T_m$  = Tempo de mobilização;
- $K$  = Tempo de imprevistos;
- $T_p$  = Tempo para atividades de periferia.

Segundo Prado (2002), no caso de edifícios altos, deve-se atentar para as atividades de periferia. Considerando que estas atividades são comumente executadas na etapa final de execução, após a conclusão do trabalho nas torres, foi estimado um prazo para execução destas atividades, indicado na Equação (2) pelo termo “ $T_p$ ”.

### 3.5.1 *Tempo base ( $T_b$ )*

Para determinação do tempo base, ou seja, o tempo necessário para execução de uma unidade de repetição, foi utilizado a ferramenta de programação MS Project.

Com a definição da rede de precedências do pavimento tipo e respectiva duração das atividades, é possível lançar estas informações no *software* e calcular o tempo base ( $T_b$ ). O software define a duração total do projeto somando a duração das atividades que compõe o caminho crítico<sup>3</sup>. Esta ferramenta monta automaticamente a rede de precedências entre as atividades, com as durações de cada serviço definidas, determina o caminho crítico e a duração total do projeto.

O pavimento tipo foi inserido na ferramenta como uma tarefa resumo, enquanto as atividades foram organizadas em subprojetos, vinculadas à atividade principal. A Figura 20 ilustra a rede de precedências aplicada ao MS Project, bem como o Tempo Base ( $T_b$ ) calculado.

---

<sup>3</sup> O caminho crítico é a sequência de atividades que concorrem para a determinação da duração total. É o conjunto de atividade que define o prazo total da rede (MATTOS, 2010).

Figura 20 – Determinação do tempo base (Tb) junto ao MS Project

	Modo da	Nome da tarefa	Duração	Predecessoras
1		<b>Tempo Base - Unidade de Repetição</b>	<b>189 dias</b>	
2		Estrutura	18 dias	
3		Alvenaria de vedação	12 dias	2TI+28 dias
4		Contramarcos	5 dias	3
5		Instalação da tubulação elétrica	6 dias	3
6		Instalação da tubulação hidro/sanitária	14 dias	3
7		Instalação da tubulação de incêndio	2 dias	6
8		Instalação dos pontos de gás	3 dias	3
9		Chapisco	7 dias	6;5;8
10		Reboco	10 dias	9TI+3 dias;4
11		Contrapiso	11 dias	10
12		Impermeabilização	9 dias	11TI+28 dias
13		Revestimento Cerâmico\Granito\Pedra	13 dias	10TI+28 dias;12
14		Forro de Gesso	7 dias	13
15		Esquadrias de alumínio	5 dias	13
16		Fiação das instalações elétricas	5 dias	10;5
17		Pintura - 1ª demão	5 dias	14;15
18		Esquadrias de madeira	7 dias	17
19		Louças	4 dias	17;13
20		Metais	3 dias	19
21		Pintura - 2ª e 3ª demão	8 dias	18
22		Acabamento Elétrica	3 dias	16;21
23		Acabamento Incêndio	3 dias	7;21
24		Limpeza Final	6 dias	22;23;20

Fonte: Autor

A partir das informações disponibilizadas pelo MS Project, é possível determinar que o tempo base (Tb) do projeto é de 189 dias úteis.

### 3.5.2 Determinação dos tempos e ritmo da linha de balanço

Determinado o tempo base (Tb) do projeto, ainda é necessário determinar as demais incógnitas da Equação (2). Para isso, foram feitas as seguintes considerações:

- DT: Conforme explicitado anteriormente, o empreendimento tempo um prazo de conclusão de 36 meses. Portanto, este valor foi adotado na programação.

- b)  $T_m$ : Segundo informações disponibilizadas corpo técnico e empreiteira do empreendimento, foram gastos aproximadamente 3 meses para execução dos serviços preliminares, não repetitivos, tais como contenções, fundações, subsolo e pavimentos de garagens.
- c)  $K$ : Em uma obra real é necessário considerar um tempo para absorver imprevistos, baixa produtividade, condições climáticas, esperas de materiais (PRADO, 2002). A empresa não possui registro sobre este dado, portanto, foi adotado um prazo de 15 dias úteis para absorção de imprevistos.
- d)  $T_p$ : De acordo com o corpo técnico do empreendimento, baseado em experiências de obras anteriores, pode-se considerar um prazo de 2 meses para execução de atividades de periferia.

De posse destas informações, é possível determinar o ritmo de execução das unidades repetitivas seguindo a Equação (3), em dias por pavimento.

$$R = Tr / (n - 1) \quad (3)$$

Sendo que (n) determina o número de unidades de repetição do empreendimento.

Também foi calculado o ritmo de execução em pavimento por dia ( $1/R$ ), e pavimento por mês (X), sendo que:

$$1 \text{ mês} = 31 \text{ dias}$$

$$1 \text{ semana} = 7 \text{ dias}$$

$$1 \text{ mês} \cong 4,4 \text{ semanas}$$

$$1 \text{ semana} = 5 \text{ dias úteis}$$

$$1 \text{ mês} \cong 22 \text{ dias úteis}$$

O valor de 22 dias úteis por mês é aproximado, sendo que o resultado não é um número inteiro exato (22,14 dias). No cálculo do ritmo da Linha de Balanço foram consideradas todas as casas decimais, visto que o *software* Excel faz esta consideração automaticamente.

A partir das informações levantadas anteriormente, é possível determinar os ritmos de execução do empreendimento. A Tabela 11 ilustra os tempos adotados para programação, bem como os ritmos calculados.

Tabela 11 – Cálculo do ritmo

<b>Cálculo do ritmo</b>		
<b>Tempo de mobilização (tm):</b>		
Tm =	3	meses
Tm =	66	dias
<b>Tempo de base (Tb):</b>		
Tb =	189	dias
<b>Unidades de repetição (n):</b>		
n =	10	pavimentos
<b>Tempo de imprevistos (k):</b>		
k =	15	dias
<b>Duração do empreendimento (DT):</b>		
DT =	36	meses
DT =	797	dias
<b>Tempo para trabalhos de periferias (Tp)</b>		
Tp =	2	meses
Tp =	44	dias
<b>Tempo de ritmo (Tr):</b>		
Tr =	482	dias
<b>Ritmo de execução (R):</b>		
R =	48,24	dias/pavimento
1/R =	0,02	pavimento/dia
<b>Ritmo adotado (X)</b>		
X =	0,46	pavimento/mês

Fonte: Autor

### 3.5.3 Determinação da quantidade de equipes necessárias

Para dimensionar a quantidade de equipes que serão alocadas em cada serviço para entregar a obra no prazo estipulado, multiplica-se o valor (1/R) pela respectiva duração da atividade (COELHO, 1998). Por exemplo:

$$N^{\circ} \text{ Equipes Estrutura} = \text{Duração Estrutura} \times (1/R) = 18 \times 0,02 = 0,37 \text{ Equipes}$$

O número de equipes adotado é determinado arredondando o valor obtido para o número inteiro imediatamente acima. Portanto, para o serviço de estrutura foi adotado uma equipe de produção.

A Tabela 12 traz o número de equipes de produção adotado para cada serviço.

Tabela 12 – Número de equipes de produção

Serviços	Duração (dias)	Ritmo (pvto/dia)	Nº Eq. (Equipes)	Nº Eq. adotado (Equipes)
Estrutura	18	0,02	0,37	1
Alvenaria de vedação	12	0,02	0,25	1
Contramarcos	5	0,02	0,10	1
Instalação da tubulação elétrica	6	0,02	0,12	1
Instalação da tubulação hidro/sanitária	14	0,02	0,29	1
Instalação da tubulação de incêndio	2	0,02	0,04	1
Instalação abastecimento de gás	3	0,02	0,06	1
Chapisco	7	0,02	0,15	1
Reboco	10	0,02	0,21	1
Contrapiso	11	0,02	0,23	1
Impermeabilização	9	0,02	0,19	1
Revestimento Cerâmico	13	0,02	0,27	1
Forro de Gesso	7	0,02	0,15	1
Esquadrias de alumínio	5	0,02	0,10	1
Fiação das instalações elétricas	5	0,02	0,10	1
Pintura - 1ª demão	5	0,02	0,10	1
Esquadrias de madeira	7	0,02	0,15	1
Louças	4	0,02	0,08	1
Metais sanitários	3	0,02	0,06	1
Pintura - 2ª e 3ª demão	8	0,02	0,17	1
Acabamento Elétrica	3	0,02	0,06	1
Acabamento Incêndio	3	0,02	0,06	1
Limpeza Final	6	0,02	0,12	1

Fonte: Autor

Em função da composição usual de equipes adotada na construção de edifícios, temos que na maioria das vezes o número de equipes calculado é menor do que um. Desta forma, as atividades devem ser programadas com uma única equipe, o que é conhecido como Ritmo Natural (MENDES JR. e HEINECK, 1997).

### 3.6 Lançamento das informações no *software* de gerenciamento de projetos MS Project.

Após o levantamento de todas as informações necessárias para a programação da obra em estudo, é possível fazer o lançamento destes parâmetros na ferramenta MS Project.

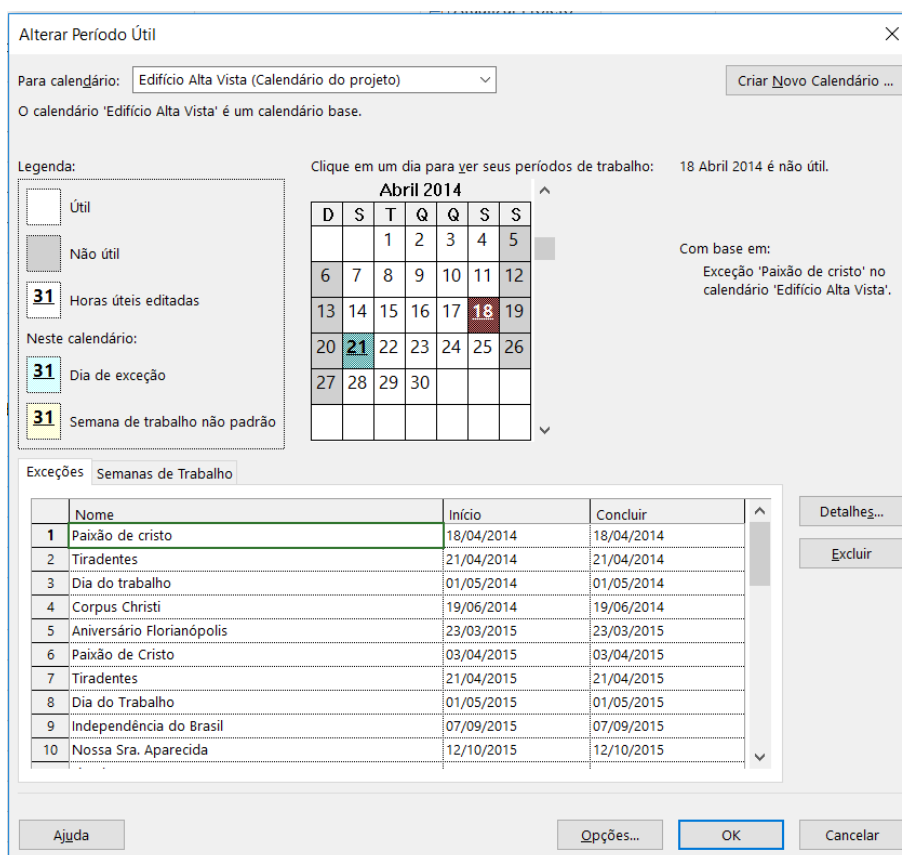


O primeiro passo para realizar a programação utilizando o software é definir o calendário do projeto.

### 3.6.1 Calendário do projeto

Para configurar o calendário do projeto junto ao software, foram definidos os períodos de férias coletivas, feriados nacionais e municipais. A Figura 21 ilustra a configuração do calendário do projeto no MS Project.

Figura 21 – Calendário do projeto no MS Project



Fonte: Autor

Também é necessário definir a data de início do projeto, para que o software faça a programação a partir desta data. Conforme explicitado anteriormente, a execução do empreendimento teve início em março de 2014. Portanto, a data de início do projeto foi definida para 1 de março de 2014, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22 – Data de início do projeto

Informações sobre o projeto 'Edifício Alta Vista'

Data de início: Sáb 01/03/14      Data atual: Sáb 15/10/16

Data de término: Ter 14/03/17      Data de status: ND

Agendar a partir de: Data de início do projeto      Calendário: Edifício Alta Vista

Todas as tarefas iniciam o mais breve possível.      Prioridade: 500

Campos personalizados da empresa

Departamento:

Nome do campo personalizado	Valor

Ajuda      Estatísticas...      OK      Cancelar

Fonte: Autor

### 3.6.2 Lançamento das redes de serviço no software

As atividades foram lançadas no MS Project de acordo com o pavimento onde serão executadas. O *software* permite listar as tarefas e agrupá-las à uma tarefa resumo. Portanto, cada unidade de repetição do projeto foi definida como uma atividade resumo, vinculando a rede de serviços para o pavimento. A Figura 23 ilustra o lançamento das informações junto ao *software*.

Figura 23 – Organização do projeto no MS Project

ARQUIVO	TAREFA	RECURSO	RELATÓRIO	PROJETO	EXIBIÇÃO	FORMATO
	Modo da	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
Calend:	1	Edifício Alta Vista	689 dias	Seg 03/03/14	Ter 13/12/16	
	2	Tempo de mobilização	66 dias	Seg 03/03/14	Qui 05/06/14	
	4	Tipo 1	510 dias	Sex 06/06/14	Sex 01/07/16	
Diagrar de ...	5	Estrutura	18 dias	Sex 06/06/14	Qua 02/07/14	3
	6	Alvenaria de vedação	12 dias	Seg 27/10/14	Ter 11/11/14	5TI+82 dias
	7	Contramarcos	5 dias	Ter 03/03/15	Seg 09/03/15	6TI+63 dias;8TI+9 dias
	8	Instalação da tubulação elétrica	6 dias	Ter 10/02/15	Ter 17/02/15	6TI+54 dias
Formul: de ...	9	Instalação da tubulação hidro/sanitária	14 dias	Qua 12/11/14	Seg 01/12/14	6
	10	Instalação da tubulação de incêndio	2 dias	Sex 10/07/15	Seg 13/07/15	34
	11	Instalação dos pontos de gás	3 dias	Ter 07/04/15	Qui 09/04/15	6TI+81 dias;7TI+18 dias
Gantt de ...	12	Chapisco	7 dias	Sex 10/04/15	Seg 20/04/15	9;8;11
	13	Reboco	10 dias	Seg 27/04/15	Seg 11/05/15	12TI+3 dias;7
	14	Contrapiso	11 dias	Ter 12/05/15	Ter 26/05/15	13
Gráfico de ...	15	Impermeabilização	9 dias	Qui 30/07/15	Ter 11/08/15	14TI+46 dias
	16	Revestimento Cerâmico	13 dias	Qua 12/08/15	Sex 28/08/15	13TI+28 dias;15
	17	Forro de Gesso	7 dias	Qua 18/11/15	Qui 26/11/15	16TI+54 dias
	18	Esquadrias de alumínio	5 dias	Qua 06/01/16	Ter 12/01/16	16TI+72 dias;17TI+18 dias
Linha do ...	19	Fiação das instalações elétricas	5 dias	Ter 14/07/15	Seg 20/07/15	13TI+45 dias;8
	20	Pintura - 1ª demão	5 dias	Qua 13/01/16	Ter 19/01/16	17;18
	21	Esquadrias de madeira	7 dias	Qua 20/01/16	Qui 28/01/16	20
Planilha de ...	22	Louças	4 dias	Ter 08/03/16	Sex 11/03/16	20TI+9 dias;16;21TI+27 dias
	23	Metais	3 dias	Ter 29/03/16	Qui 31/03/16	22TI+9 dias
	24	Pintura - 2ª e 3ª demão	8 dias	Sex 01/04/16	Ter 12/04/16	21;23
	25	Acabamento Elétrica	3 dias	Qui 16/06/16	Seg 20/06/16	19;24TI+45 dias
Uso da Tarefa	26	Acabamento Incêndio	3 dias	Ter 21/06/16	Qui 23/06/16	10;24;25
	27	Limpeza Final	6 dias	Sex 24/06/16	Sex 01/07/16	25;26;23
	28	Tipo 2	498 dias	Qui 03/07/14	Seg 11/07/16	
Formul: de ...	52	Tipo 3	486 dias	Ter 29/07/14	Ter 19/07/16	
	76	Tipo 4	474 dias	Sex 22/08/14	Qua 27/07/16	
	100	Tipo 5	462 dias	Qua 17/09/14	Qui 04/08/16	

Fonte: Autor

Como a Técnica da Linha de Balanço tem como premissa a não ocorrência da mesma atividade em dois pavimentos distintos simultaneamente, cada atividade em um determinado pavimento foi determinada como predecessora para a mesma atividade no pavimento subsequente.

## 4 APRESENTAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No decorrer deste capítulo serão discutidos e apresentados os resultados obtidos com a programação utilizando a Técnica de Linha de Balanço. A utilização desta técnica permite programar os fluxos de trabalho no empreendimento, aplicando ritmos de execução as atividades. O caráter gráfico desta técnica também auxilia no entendimento da programação, sendo possível avaliar os resultados a partir de dois gráficos: apresentando um panorama geral da programação, com linhas representando os ritmos de execução das atividades, e gráficos com linhas de balanço mensais do projeto.

A partir da representação gráfica gerada, é possível elencar algumas informações essenciais para programação de obras. Os resultados obtidos com a programação e a respectiva análise dos dados se encontram no decorrer deste capítulo.

### 4.1 Duração total e data de término das atividades

Em razão da composição de equipes adotada na programação, todas as atividades foram programadas com uma única equipe de produção. Desta forma, após determinar a data de início das atividades, respeitando as devidas precedências, é possível obter a data de término somando a sua duração total ( $D_{total,atv}$ ).

Considerando que o tempo de ciclo das atividades é constante em todos pavimentos, a duração total da atividade pode ser calculada multiplicando seu tempo de ciclo pelo número de unidade de repetição do projeto, conforme a Equação (4).

$$D_{total,atv} = D \times n \quad (4)$$

Onde:

$D_{total,atv}$  = Duração total da atividade (dias úteis)

D = Tempo de ciclo da atividade (dias úteis)

n = Número de unidades de repetição

Além de ser necessário para determinar as datas de término, a duração total das atividades também determina o ritmo adotado para cada serviço. Portanto, é importante verificar este parâmetro devido a necessidade de balanceamento das atividades posteriormente. Os ritmos podem ser calculados dividindo o número de unidades de repetição pela duração total da respectiva atividade.

A Tabela 13 traz as datas de início e término, durações e ritmo adotado para cada atividade.

Tabela 13 – Duração total e ritmo das atividades

Serviços	Duração (dias)	Duração total (dias)	Ritmo (pavimento/dia)
Estrutura	18	180	0,06
Alvenaria de vedação	12	120	0,08
Contramarcos	5	50	0,20
Instalação da tubulação elétrica	6	60	0,17
Instalação da tubulação hidro/sanitária	14	140	0,07
Instalação da tubulação de incêndio	2	20	0,50
Instalação abastecimento de gás	3	30	0,33
Chapisco	7	70	0,14
Reboco	10	100	0,10
Contrapiso	11	110	0,09
Impermeabilização	9	90	0,11
Revestimento Cerâmico	13	130	0,08
Forro de Gesso	7	70	0,14
Esquadrias de alumínio	5	50	0,20
Fiação das instalações elétricas	5	50	0,20
Pintura - 1ª demão	5	50	0,20
Esquadrias de madeira	7	70	0,14
Louças	4	40	0,25
Metais	3	30	0,33
Pintura - 2ª e 3ª demão	8	80	0,13
Acabamento Elétrica	3	30	0,33
Acabamento Incêndio	3	30	0,33
Limpeza Final	6	60	0,17

Fonte: Autor

A partir dos dados expostas na Tabela 13, verifica-se que para diferentes atividades do projeto foram adotados ritmos de execução distintos. A atividade Estrutura demanda um tempo de execução maior frente as outras atividades, embora possua a maior equipe de produção alocada no serviço. No entanto, a demanda de mão de obra para a execução da Estrutura é significativamente maior quando comparada as demais atividades.

No entanto, a diferença de ritmo imposta entre as atividades gera a necessidade de um balanceamento, evitando interferências entre atividades sucessivas.

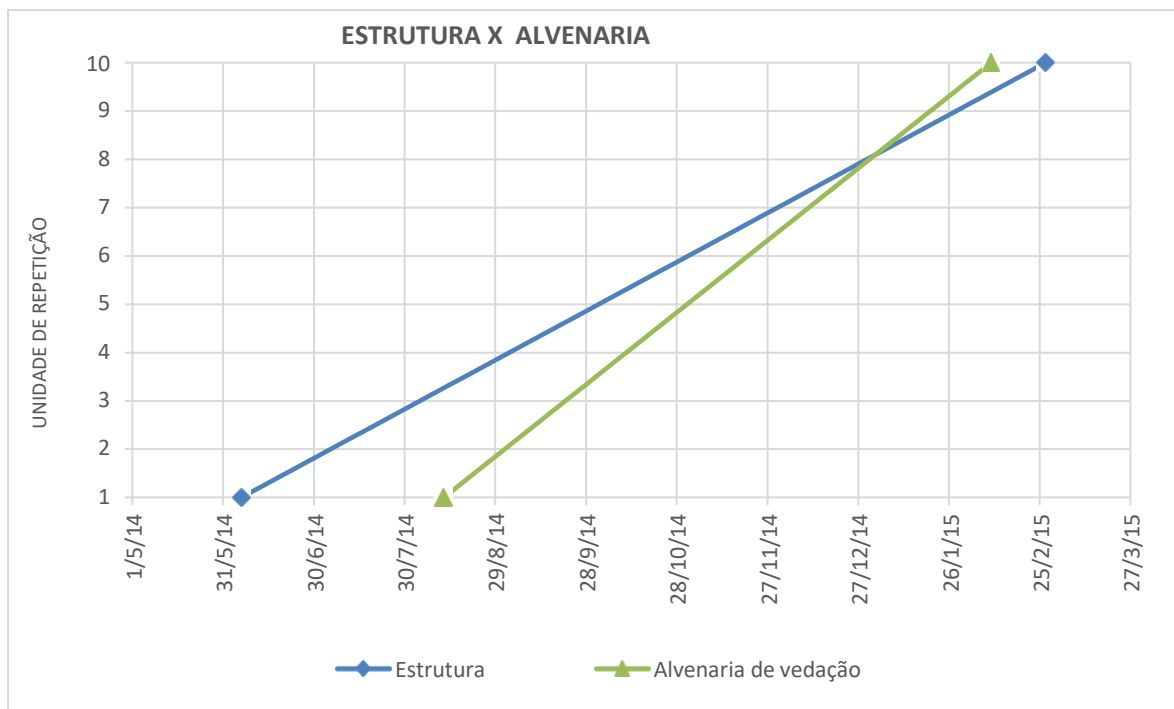
## 4.2 Balanceamento das atividades

A partir dos resultados apresentados na Seção 4.1, pode-se observar que os ritmos de produção variam de acordo com o serviço executado, gerando uma programação não paralela. Segundo Mendes Jr. (1999), a programação não paralela está mais próxima a realidade de execução de edifícios de uma ou duas torres com até 25 pavimentos. Embora uma programação paralela, com todos os serviços sendo executados com o mesmo ritmo, tende a diminuir o período de execução da obra, tal fato não estaria coerente com a realidade da obra em estudo.

Devido as diferentes características inerentes a cada serviço, composição das equipes, demanda de serviços e produtividade, há um desbalanceamento entre os ritmos de execução das atividades. Diante disso, cria-se a necessidade de realizar um balanceamento das atividades, evitando interferências entre serviços sucessivos, maximizando os benefícios da continuidade.

Na obra em estudo, não seria adequado propor a execução das atividades Estrutura e Alvenaria sem que haja um período de latência para início da atividade sucessora. A atividade Estrutura possui um ritmo de produção de 0,06 pavimento por dia, enquanto sua sucessora (Alvenaria), adota um ritmo de 0,08 pavimento por dia. Caso a execução da alvenaria tenha início 28 dias após a conclusão da estrutura no primeiro pavimento, haveria um choque entre as atividades devido à falta de “frente” de serviço para a equipe de alvenaria. A Figura 24 exemplifica esta situação.

Figura 24 – Interferência entre as atividades Estrutura e Alvenaria



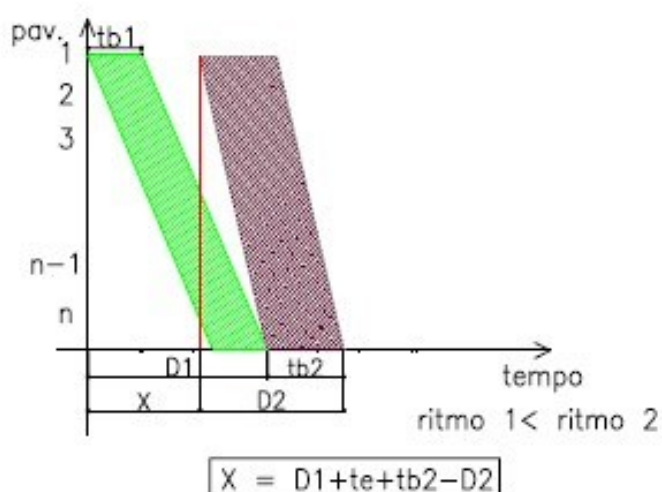
Fonte: Autor

A partir da Figura 24 verifica-se a necessidade de aplicar um período de latência entre as atividades, no intuito de eliminar a interferência entre os ritmos de produção e garantir a continuidade dos serviços.

Portanto, durante o balanceamento de atividades deve-se observar o ritmo adotado, se o ritmo da atividade predecessora foi maior que sua sucessora, as linhas de balanço são vinculadas pela base. Caso contrário, quando o ritmo da atividade sucessora foi maior que a sua predecessora, as linhas são vinculadas pelo topo.

O período de latência entre atividades sucessivas, pode ser calculado a partir da fórmula apresentada na Figura 25.

Figura 25 – Balanceamento entre atividades com ritmos diferentes



Fonte: Prado (2002).

No entanto, para a fórmula apresentada na Figura 25 a relação de dependência das atividades é Início – Início. Como as atividades do empreendimento estão vinculadas pela relação Término – Início, é necessário subtrair o tempo de ciclo da atividade predecessora ( $tb1$ ), resultando na Equação (5).

$$X = D1 + te + tb2 - D2 - tb1 \quad (5)$$

Sendo:

- $X$  = Período de latência entre o término da atividade predecessora até o início da sua sucessora
- $te$  = Tempo de espera entre as atividades. Por exemplo, deve-se considerar um período de 28 dias entre o término da estrutura e início da alvenaria no mesmo pavimento.
- $tb1$  e  $tb2$  = Tempo de clique das atividades predecessora e sucessora, respectivamente.
- $D1$  e  $D2$  = Duração total das atividades predecessora e sucessora, respectivamente.

O cálculo do período de latência para as atividades estrutura e alvenaria está explicitado a seguir:

$$X = D1 + te + tb2 - D2 - tb1$$

$$X = 180 + 28 + 12 - 120 - 18$$

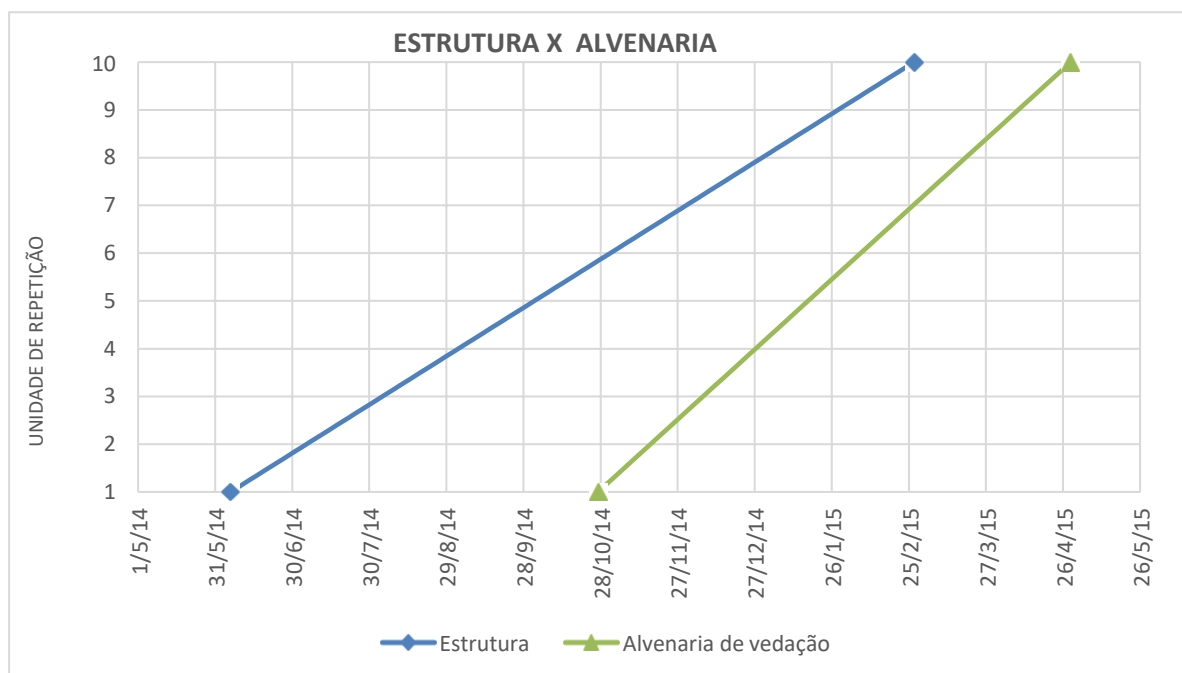
$$X = 82 \text{ dias}$$

Portanto, deve haver um intervalo de 82 dias entre o término da estrutura no primeiro pavimento tipo até o início da alvenaria no mesmo local, evitando-se assim o choque entre as



atividades e garantindo continuidade dos serviços durante todo seu período de execução. A Figura 26 ilustra as linhas de balanço destas atividades após o balanceamento.

Figura 26 – Balanceamento das atividades estrutura e alvenaria.



Fonte: Autor

O processo de balanceamento também se fez necessário para as atividades: Alvenaria e contramarcos; Alvenaria e instalação da tubulação elétrica; Alvenaria e instalação da tubulação de gás; Contrapiso e impermeabilização; Revestimento cerâmico e gesso; Revestimento cerâmico e instalação das esquadrias de alumínio; Reboco e fiação das instalações elétricas; Pintura – 1ª demão e Louças; Pintura – 2ª e 3ª demão e Acabamento elétrica.

Algumas atividades também foram balanceadas mesmo sem uma relação de precedência definida. Esta operação foi feita no intuito de melhorar o fluxo de trabalho nos pavimentos tipo, buscando evitar a execução simultânea de várias atividades em um mesmo pavimento. Um número elevado de equipes trabalhando no mesmo espaço pode prejudicar a logística dos serviços e perda de produtividade. De acordo com estes critérios, foram balanceadas as atividades Instalação da tubulação elétrica e Contramarcos, Contramarcos e Instalação da tubulação de gás, Esquadrias de madeira e louças, Gesso e Esquadrias de alumínio.

O cálculo dos períodos de latência para as atividades citadas pode ser visto com detalhes na tabela apresentado no Apêndice B.

### 4.3 Datas de início de término das atividades

Fixados os períodos de latência entre as atividades através do balanceamento, as datas de início e término das atividades foram obtidas a partir do MS Project. Aplicando toda rede de precedências do empreendimento e tempo ciclo de cada atividade, é possível determinar no *software* as datas de início e término da rede de serviços do empreendimento. Estas informações estão ilustradas na Tabela 14.

Tabela 14 – Datas de início e término das atividades

Serviços	Duração total (dias)	Data de Início	Data de Término
Estrutura	180	06/06/14	27/02/15
Alvenaria de vedação	120	27/10/14	29/04/15
Contramarcos	50	03/03/15	15/05/15
Instalação da tubulação elétrica	60	10/02/15	08/05/15
Instalação da tubulação hidro/sanitária	140	12/11/14	15/06/15
Instalação da tubulação de incêndio	20	16/06/15	13/07/15
Instalação abastecimento de gás	30	07/04/15	20/05/15
Chapisco	70	10/04/15	20/07/15
Reboco	100	27/04/15	15/09/15
Contrapiso	110	12/05/15	14/10/15
Impermeabilização	90	30/07/15	07/12/15
Revestimento Cerâmico	130	12/08/15	26/02/16
Forro de Gesso	70	18/11/15	08/03/16
Esquadrias de alumínio	50	06/01/16	15/03/16
Fiação das instalações elétricas	50	14/07/15	22/09/15
Pintura - 1ª demão	50	13/01/16	22/03/16
Esquadrias de madeira	70	20/01/16	29/04/16
Louças	40	08/03/16	05/05/16
Metais	30	29/03/16	10/05/16
Pintura - 2ª e 3ª demão	80	01/04/16	22/07/16
Acabamento Elétrica	30	16/06/16	27/07/16
Acabamento Incêndio	30	21/06/16	01/08/16
Limpeza Final	60	24/06/16	16/09/16

Fonte: Autor

Considerando que o projeto tem início no primeiro dia útil de março de 2014, as atividades nos pavimentos tipo iniciam aproximadamente três meses após o início do projeto,

tempo necessário para executar as atividades não repetitivas (tempo de mobilização). O término das atividades nos pavimentos tipo ocorre em 16 de setembro de 2016 com a conclusão da cobertura. Somando um tempo de imprevistos de 15 dias úteis, o prazo limite para conclusão das unidades é 7 de outubro de 2016.

A partir das datas de início de conclusão das unidades de repetição do projeto, é possível perceber que as atividades vêm sendo executadas em cada pavimento, no entanto, somente próximo ao prazo de conclusão os pavimentos vão sendo concluídos.

Os marcos de início e término dos pavimentos estão representados no Apêndice C.

#### **4.4 Equipes adotadas**

Conforme abordado no item 3.7.3, a quantidade de equipes necessárias para execução do projeto é diretamente proporcional ao ritmo da obra. O resultado do produto entre o ritmo da obra e a duração das atividades gerou a quantidade de equipes de produção necessária. A partir deste cálculo foi definido que todas as atividades devem ser executadas com uma única equipe. Portanto, todas as atividades serão realizadas seguindo seu ritmo natural.

A partir destas informações, é possível afirmar que a composição das equipes está adequada ao prazo de execução do empreendimento, visto que foi possível programar todas as atividades dentro do prazo estabelecido. A adoção de uma equipe de produção para cada atividade também está de acordo com a realidade observada em obra. Um número maior de equipes poderia torna-se inviável, visto que a disponibilidade de recursos humanos é restrita e limitante para a programação.

Outro ponto importante para alocação das equipes é que a técnica da linha de balanço não contempla as atividades que serão executadas fora das unidades de repetição. Tal fato poderia determinar a necessidade de mobilização de novas equipes de produção, visando garantir a continuidade e conclusão do empreendimento dentro do prazo estabelecido. Portanto, há uma necessidade de avaliar a interferência destas atividades não repetitivas durante e programação.

As composições das equipes de produção adotadas durante a programação podem ser consultadas no Apêndice A.

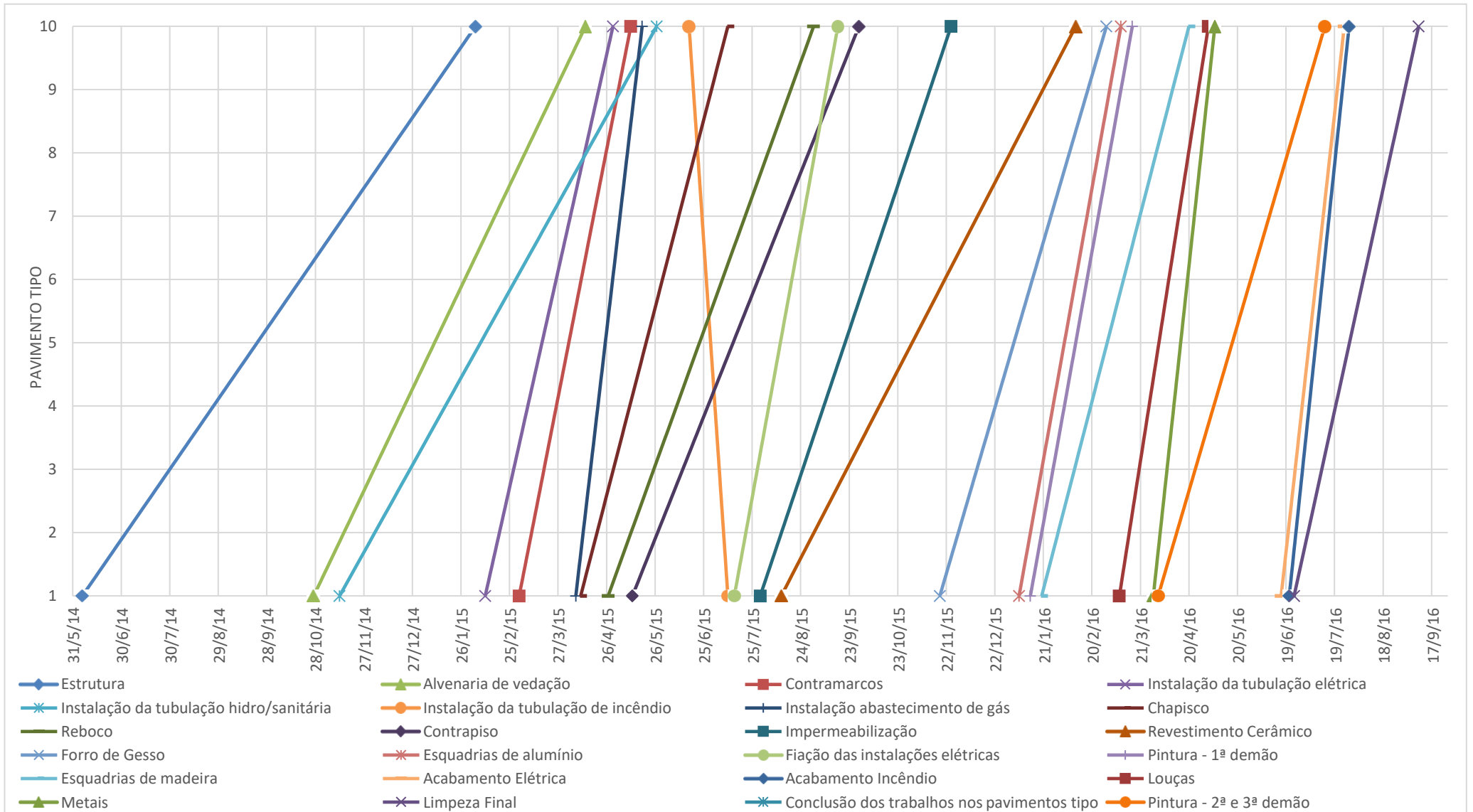
#### 4.5 Representação gráfica das Linhas de Balanço

Um das principais vantagens da técnica da linha de balanço é seu caráter essencialmente gráfico. A visualização da programação torna-se simples e acessível, facilitando a troca de informação entre os diferentes níveis hierárquicos do empreendimento.

A representação gráfica da linha de balanço gerada foi feita de duas formas. A primeira foi feita atendendo a um plano de longo prazo, onde é possível visualizar no gráfico como todas as atividades se distribuem ao longo do prazo de execução do projeto. A partir desta representação é possível avaliar os ritmos adotados para cada atividade e como este ritmo interfere nas atividades sucessoras. Este gráfico também se torna útil para verificar o balanceamento do projeto, identificando se há alguma interferência ou choque entre atividades sucessivas.

A Figura 27 apresenta a distribuição das atividades que compõe o escopo da edificação. Cada atividade é representada no gráfico por uma linha, onde sua declividade determina o ritmo de execução.

Figura 27 – Representação da Linha de Balanço para todo o projeto.



Fonte: Autor

A partir do gráfico apresentado na Figura 27 é possível identificar alguns fatores importantes na programação da obra em estudo. De acordo com a programação proposta, verifica-se que é possível concluir todas as atividades nos pavimentos tipo respeitando o prazo de entrega do empreendimento. O término das atividades nas unidades de repetição deve ocorrer no dia 7 de outubro de 2016, incluindo o tempo para absorção de imprevistos. Considerando que as atividades de periferia serão executadas após a finalização das atividades nos pavimentos tipo, a entrega do empreendimento está prevista para ocorrer no dia 13 de dezembro de 2016.

No entanto, é necessário realizar uma análise de como irá ocorrer as atividades de periferia no empreendimento. Caso sejam mobilizadas novas equipes para estas atividades, ou ainda, realocadas as equipes que já estão com suas atividades concluídas, os trabalhos de periferia podem ser antecipados e ocorrer simultaneamente às atividades nos pavimentos. Portanto, o prazo de entrega do empreendimento poderia ser antecipado, ocasionando uma folga até a data limite de conclusão. Este *buffer* poderia ser utilizado para absorver algum tipo de imprevisto ou desvio na programação.

As linhas de balanço indicam que todas as atividades foram programadas seguindo as premissas da técnica. Verifica-se que a disposição dos serviços ao longo do tempo respeita as precedências entre as atividades, garantindo assim a continuidade das atividades.

Esta representação da programação através de linha permite verificar facilmente os tempos de abertura entre as atividades, representada pela distância horizontal entre dois processos consecutivos. Enquanto o tempo de espera é determinado pela distância vertical entre duas linhas consecutivas, indicando o número de unidades de repetição na fila entre serviços, aguardando o início das atividades.

A representação da programação através de linhas se mostrou adequada para identificar a diferença de ritmo entre as atividades e possíveis interferência. Esta forma de apresentação pode ser adequada para avaliar a execução do empreendimento a longo prazo, no entanto, não o grau de detalhamento das informações é baixo, evidenciando a necessidade de representar a programação em uma escala menor.

Diante desta situação, foram geradas linhas de balanço mensais do empreendimento, onde é possível definir facilmente quais atividades estão sendo executadas, em que período de tempo e em qual pavimento. Nas linhas de balanço mensais, o eixo horizontal do gráfico indica a escala de tempo, dividida em dias úteis. No eixo vertical estão dispostas as unidades de repetição do empreendimento, desde o primeiro pavimento tipo até a cobertura. As atividades estão discriminadas por cores, enquanto a largura das barras indica a duração de cada serviço no pavimento tipo.

A representação mensal das linhas de balanço evidencia uma das principais vantagens de aplicação do método, a objetividade na coleta de informações. É possível definir rapidamente no

gráfico qual atividade deve ser executada no pavimento no período determinado e qual equipe estará alocada na execução.

O entendimento do gráfico se torna simples e objetivo, o que pode facilitar a troca de informações para o setor operacional da obra. As linhas de balanço mensais do projeto estão representadas no Apêndice D.

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi cumprido ao realizar a programação de um edifício de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço. Sendo possível programar as atividades que formam o empreendimento de acordo com a sequência executiva do projeto e a disponibilidade de equipes, respeitando os conceitos de aplicação da técnica. No entanto, devido ao longo prazo de execução do empreendimento, o ritmo calculado para execução do empreendimento foi baixo. Em consequência disto, a composição das equipes se mostrou suficientemente grande para cumprir com o prazo estabelecido. O cálculo da quantidade de equipes sugere que pode haver uma redução no número de oficiais, distribuindo de maneira mais eficiente as atividades ao longo do período de execução do empreendimento.

A técnica de linha de balanço mostra-se simples e eficaz durante o processo de programação de um empreendimento. Principalmente durante a fase de balanceamento e análise da programação. No caso de edifício de múltiplos pavimentos, a grande quantidade de serviços e atividades envolvidas no processo de execução pode tornar a rede de serviços muito complexa. A simplicidade da representação da técnica facilita o entendimento e troca de informações, o que pode facilitar a fase subsequente de controle.

Foi verificado a aplicabilidade da LDB para programação de um empreendimento com caráter repetitivo. No entanto, as atividades não repetitivas que fazem parte do projeto não foram consideradas na aplicação da técnica. A utilização de outra técnica de programação em conjunto com a LDB pode suprir esta necessidade, sendo possível avaliar os efeitos das atividades não repetitivas na mobilização das equipes, disponibilidade de recursos e prazo de conclusão do empreendimento.

Foi de fundamental importância a participação do corpo técnico e empreiteira executora do empreendimento. As informações fornecidas permitiram definir com mais exatidão o processo construtivo da obra, elaborando uma EAP de acordo com a realidade do empreendimento. No entanto a falta de dados de produtividade para os serviços tornou-se um entrave durante o processo de programação.

Como a técnica de linha de balanço está baseada em índices de produtividade, a coleta destes índices baseou-se em publicações dos autores Heineck *et al.* (2006), Limeira *et al.* (1997), Prado (2002), Coelho (1998) e Guch (1997). No entanto, a grande variabilidade destes resultados pode levar a uma programação distante da realidade observada em obra. Assim destaca-se a importância de manter um histórico de dados da empresa, capaz de fornecer todos os insumos necessários a fase de planejamento do empreendimento.



A aplicação de uma técnica de programação se mostra uma ferramenta importante de tomada de decisão nas empresas. A partir da representação da gráfica da linha de balanço é possível antever imprevistos, o que poderia causar problemas para a continuidade dos serviços. Como a implantação da linha de balanço está baseada na continuidade dos serviços, pode-se ter um ganho de produtividade devido ao efeito aprendido.

No entanto, isto evidencia uma limitação da técnica. A linha de balanço sugere que todas as atividades serão atividades executadas com o mesmo ritmo desde o primeiro até o último pavimento tipo. Essa hipótese seria uma simplificação da técnica, pois desconsidera o efeito aprendido ao longo da repetitividade dos serviços. Isso sugere a necessidade de uma atualização constante na programação, corrigindo os ritmos ao longo do período de execução do empreendimento.

A principal dificuldade durante a aplicação da técnica foi a disponibilidade de dados. A ausência de dados impossibilita a realização de uma programação mais completa, com grau de detalhamento das atividades maior. Portanto, o empreendimento em questão foi decomposto em pacotes de trabalho, que representam um sequenciamento de atividades mais genérico para a obra. Em um plano de médio a curto prazo, estes pacotes de trabalhos precisam ser representados por um conjunto de serviços menores e mais detalhados.

As ferramentas computacionais aplicadas à programação, Excel e MS Project, se mostram fundamentais durante o desenvolvimento do trabalho, promovendo uma simplificação no processo de planejamento e garantindo facilidade na retirada de informações e apresentação dos resultados. No entanto a ferramenta MS Project não monta a representação gráfica da LDB automaticamente, tornando a montagem dos diagramas laborioso. Tal fato pode tornar-se um entrave na utilização da técnica, visto que a reprogramação do projeto gera a necessidade de atualização dos diagramas, o que demanda uma quantidade de serviço significativa a depender da complexidade da programação.

A fase atual do empreendimento, em novembro de 2016, sugere que a execução do empreendimento se encontra atrasada, com prazo de entrega para março de 2017. A ausência de um método de planejamento e controle no empreendimento pode justificar o atraso da obra. Portanto, justifica-se a utilização de técnicas de planejamento e controle na Construção Civil. De acordo com a programação proposta, o prazo de entrega do empreendimento deveria ser cumprido.

- Para trabalhos futuros, sugere-se:
- Realizar um levantamento da produtividade das equipes na obra em estudo, corrigindo os valores adotados neste trabalho e reprogramando o empreendimento.
- Avaliar qual é o ganho de produtividade das equipes com a repetitividade dos serviços devido ao efeito aprendido.

- Sugere-se dar continuidade ao planejamento da obra em estudo, verificando a aplicabilidade desta proposta de programação na fase de controle do empreendimento.
- Realizar o planejamento completo da obra em estudo, incluindo as atividades não repetitivas do projeto, combinando a utilização da linha de balanço com diagrama de Gantt e técnicas de rede.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPTÃO, J.F.P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

AVILA, Antonio Victorino; JUNGLES, Antônio Edésio. **Gestão do Controle e Planejamento de Empreendimentos**. Florianópolis: Fundação Biblioteca Nacional, 2013.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COELHO, Renato de Quadros. **Programação de obras repetitivas com o software de gerenciamento de projetos Time Line 6.5 for Windows baseada na Técnica da Linha de Balanço**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DEPEXE, M.; DORNELES, J.; HEINECK, L.; KEMMER, S.; MELO, M. **Aplicação da técnica da linha de balanço segundo os princípios da Lean Construction**. Anais: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006, Florianópolis, Santa Catarina.

FILHO, Mario K. **Diretrizes para a Programação de Recursos em Obras de Curto Prazo**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GUCH, Daniel Umsza. **Índices de consumo de mão de obra segundo a percepção dos mestres de obras. Aplicação em casas de alto padrão na cidade de Florianópolis - SC**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HERNANDES, Fernando Santos. **Análise da Importância do Planejamento de Obras para Contratantes e Empresas Construtoras**. 2002. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HERNANDES, Fernando S.; JUNGLES, Antônio E. **Análise da Importância do Planejamento de Obras para Contratantes e Empresas Construtoras**. 2005. IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre.

LIMEIRA, U. R. et al. **Produtividade em obras de construção: economia de escala**. In: 17º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 1997. Anais. Gramado: ENEGEP.

LOSSO, Iseu Reichmann; ARAÚJO, Hércules Nunes. **Aplicação do método da linha de balanço: estudo de caso**. In: 6º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. Anais. Rio de Janeiro: ANTAC.

MADERS, Berenice. **Técnica de programação e controle da construção repetitiva, linha de balanço, estudo de caso de um conjunto habitacional**. 1987. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2010.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço no Planejamento de Obras Repetitivas**. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação. 1990. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MENDES JUNIOR, Ricardo. **Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. 1999. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M.. **Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos**. In: XVII ENEGEP - 3rd International Congress Of Industrial Engineering, 1997, Gramado.

MORAES, Rosa Maria de Mattos. **Procedimentos para o Processo de Planejamento da Construção: Estudo de Caso**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PMI – Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 5. ed. Eua: Global Standard, 2013.

PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da linha de balanço**. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 2002.

SÃO THIAGO, E. C. P.; SOARES, C. A. P. **Ferramentas de programação utilizadas no planejamento de construção civil.** In: SEMENGE 99. Artigo técnico. Niterói, 1999.

SCARDOELLI, Lisiane Salerno. **Iniciativas de melhorias voltadas à qualidade e à produtividade desenvolvidas por empresas de construção de edificações.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SILVA, Sérgio Alfredo Rosa da; GUELPA, Dante Francisco V. **Métodos de programação de empreendimentos: Avaliação e critérios para seleção.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP; BT/PCC/106; São Paulo: Escola Politécnica; Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo, 1993.

SOUSA, H.; MONTEIRO, A. **Linha de Balanço: Uma nova abordagem ao planejamento e controle na construção.** In: 2º FÓRUM INTERNACIONAL DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO. 2011, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Anais.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática.** São Paulo: Editora Atlas, 2007.

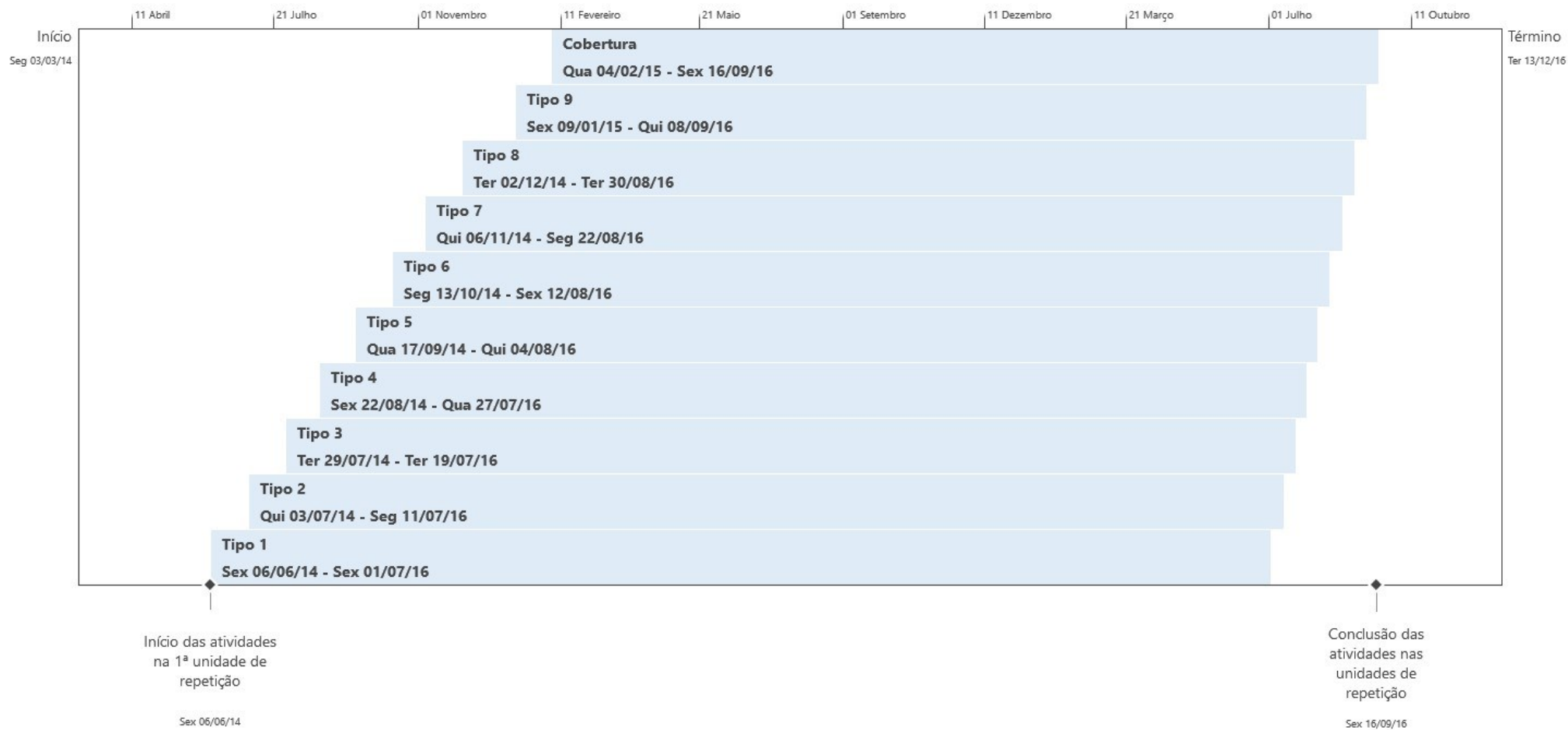
**APÊNDICE A - EQUIPES DE PRODUÇÃO DA OBRA EM ESTUDO**

<b>Serviço</b>	<b>Armador</b>	<b>Carpinteiro</b>	<b>Pedreiro</b>	<b>Especialista</b>	<b>Meio-Oficial</b>	<b>Servente</b>	<b>Nº de oficiais</b>
Estrutura	4	6	2	-	-	6	12
Alvenaria de vedação	-	-	8	-	-	8	8
Contramarcos	-	-	1	-	-	1	1
Instalação da tubulação elétrica	-	-	-	3	-	-	3
Instalação da tubulação hidro/sanitária	-	-	-	5	-	-	5
Instalação da tubulação de incêndio	-	-	-	3	-	-	3
Instalação dos pontos de gás	-	-	-	2	-	-	2
Chapisco	-	-	-	-	2	-	2
Reboco	-	-	8	-	-	4	8
Contrapiso	-	-	2	-	-	2	2
Impermeabilização	-	-	1	-	-	1	1
Revestimento Cerâmico	-	-	-	5	-	-	5
Forro de Gesso	-	-	-	3	-	-	3
Esquadrias de alumínio	-	-	-	2	-	-	2
Fiação das instalações elétricas	-	-	-	3	-	-	3
Pintura - 1ª demão	-	-	-	10	-	-	10
Esquadrias de madeira	-	-	-	2	-	-	2
Louças	-	-	-	2	-	-	2
Metais	-	-	-	2	-	-	2
Pintura - 2ª e 3ª demão	-	-	-	10	-	-	10
Acabamento Elétrica	-	-	-	2	-	-	2
Acabamento Incêndio	-	-	-	2	-	-	2
Limpeza Final	-	-	-	-	-	4	4

**APÊNDICE B – PLANILHA DE BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES DO PROJETO**

<b>Predecessora</b>	<b>Ritmo (pvto/dia)</b>	<b>D1 (dias)</b>	<b>tb1 (dias)</b>	<b>te (dias)</b>	<b>Sucessora</b>	<b>Ritmo (pvto/dia)</b>	<b>D2 (dias)</b>	<b>tb2 (dias)</b>	<b>Latência (dias)</b>
Estrutura	0,06	180	18	28	Alvenaria	0,08	120	12	82
Alvenaria	0,08	120	12	0	Contramarco	0,2	50	5	63
Alvenaria	0,08	120	12	0	Tub. Elétrica	0,2	60	6	54
Alvenaria	0,08	120	12	0	Inst. Gás	0,33	30	3	81
Contrapiso	0,09	110	11	28	Impermeabilização	0,11	90	9	46
Rev. Cerâmico	0,08	130	13	0	Gesso	0,14	70	7	54
Rev. Cerâmico	0,08	130	13	0	Esq. Alumínio	0,2	50	5	72
Reboco	0,1	100	10	0	Fiação Elétrica	0,2	50	5	45
Pintura - 1ª demão	0,2	50	5	0	Louças	0,25	40	4	9
Pintura - 2ª e 3ª demão	0,13	80	8	0	Acab. Elétrica	0,33	30	3	45
Inst. Tub. Elétrica	0,17	60	6	0	Contramarco	0,2	50	5	9
Contramarco	0,2	120	12	0	Inst. Gás	0,33	30	3	81
Esq. Madeira	0,14	70	7	0	Louças	0,25	40	4	27
Gesso	0,14	70	7	0	Esq. Alumínio	0,2	50	3	16

## APÊNDICE C – DATAS DE INÍCIO DE TÉRMINO DAS ATIVIDADES NAS UNIDADES DE REPETIÇÃO.





**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUA)**

		Linha de Balanço - Junho de 2014															
		sex 6/6/14	seg 9/6/14	ter 10/6/14	qua 11/6/14	qui 12/6/14	sex 13/6/14	seg 16/6/14	ter 17/6/14	qua 18/6/14	sex 20/6/14	seg 23/6/14	ter 24/6/14	qua 25/6/14	qui 26/6/14	sex 27/6/14	seg 30/6/14
<b>Pavimento</b>	Cobertura																
	9º Tipo																
	8º Tipo																
	7º Tipo																
	6º Tipo																
	5º Tipo																
	4º Tipo																
	3º Tipo																
	2º Tipo																
	1º Tipo																

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Estrutura	12

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Julho de 2014																						
		ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui
		1/7/14	2/7/14	3/7/14	4/7/14	7/7/14	8/7/14	9/7/14	10/7/14	11/7/14	14/7/14	15/7/14	16/7/14	17/7/14	18/7/14	21/7/14	22/7/14	23/7/14	24/7/14	25/7/14	28/7/14	29/7/14	30/7/14	31/7/14
<b>Pavimento</b>	Cobertura																							
	9º Tipo																							
	8º Tipo																							
	7º Tipo																							
	6º Tipo																							
	5º Tipo																							
	4º Tipo																							
	3º Tipo																							
	2º Tipo																							
	1º Tipo																							

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Estrutura	12



**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Setembro de 2014																						
		seg 1/9/14	ter 2/9/14	qua 3/9/14	qui 4/9/14	sex 5/9/14	seg 8/9/14	ter 9/9/14	qua 10/9/14	qui 11/9/14	sex 12/9/14	seg 15/9/14	ter 16/9/14	qua 17/9/14	qui 18/9/14	sex 19/9/14	seg 22/9/14	ter 23/9/14	qua 24/9/14	qui 25/9/14	sex 26/9/14	seg 29/9/14	ter 30/9/14	
<b>Pavimento</b>	Cobertura																							
	9º Tipo																							
	8º Tipo																							
	7º Tipo																							
	6º Tipo																							
	5º Tipo																							
	4º Tipo																							
	3º Tipo																							
	2º Tipo																							
	1º Tipo																							

Serviço	Equipe (oficiais)
Estrutura	12

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Outubro de 2014																							
		qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	
		1/10/14	2/10/14	3/10/14	6/10/14	7/10/14	8/10/14	9/10/14	10/10/14	13/10/14	14/10/14	15/10/14	16/10/14	17/10/14	20/10/14	21/10/14	22/10/14	23/10/14	24/10/14	27/10/14	28/10/14	29/10/14	30/10/14	31/10/14	
<b>Pavimento</b>	Cobertura																								
	9º Tipo																								
	8º Tipo																								
	7º Tipo																								
	6º Tipo																								
	5º Tipo																								
	4º Tipo																								
	3º Tipo																								
	2º Tipo																								
	1º Tipo																								

Serviço	Equipe (oficiais)
Estrutura	12
Alvenaria	8

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Novembro de 2014																			
		seg 3/11/14	ter 4/11/14	qua 5/11/14	qui 6/11/14	sex 7/11/14	seg 10/11/14	ter 11/11/14	qua 12/11/14	qui 13/11/14	sex 14/11/14	seg 17/11/14	ter 18/11/14	qua 19/11/14	qui 20/11/14	sex 21/11/14	seg 24/11/14	ter 25/11/14	qua 26/11/14	qui 27/11/14	sex 28/11/14
<b>Pavimento</b>	Cobertura																				
	9º Tipo																				
	8º Tipo																				
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo																				
	4º Tipo																				
	3º Tipo																				
	2º Tipo																				
	1º Tipo																				

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Estrutura	12
	Alvenaria	8
	Inst. Hidro/Sanitária	5

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Dezembro de 2014														
		seg 1/12/14	ter 2/12/14	qua 3/12/14	qui 4/12/14	sex 5/12/14	seg 8/12/14	ter 9/12/14	qua 10/12/14	qui 11/12/14	sex 12/12/14	seg 15/12/14	ter 16/12/14	qua 17/12/14	qui 18/12/14	sex 19/12/14
<b>Pavimento</b>	Cobertura															
	9º Tipo															
	8º Tipo															
	7º Tipo															
	6º Tipo															
	5º Tipo															
	4º Tipo															
	3º Tipo															
	2º Tipo															
	1º Tipo															

	<b>Serviço</b>	<b>Equipe (oficiais)</b>
	Estrutura	12
	Alvenaria	8
	Inst. Hidro/Sanitária	5

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Janeiro de 2015																			
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex
		5/1/15	6/1/15	7/1/15	8/1/15	9/1/15	12/1/15	13/1/15	14/1/15	15/1/15	16/1/15	19/1/15	20/1/15	21/1/15	22/1/15	23/1/15	26/1/15	27/1/15	28/1/15	29/1/15	30/1/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura																				
	9º Tipo																				
	8º Tipo																				
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo																				
	4º Tipo																				
	3º Tipo																				
	2º Tipo																				
	1º Tipo																				

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Estrutura	12
	Alvenaria	8
	Inst. Hidro/Sanitária	5



**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Fevereiro de 2015																			
		seg 2/2/15	ter 3/2/15	qua 4/2/15	qui 5/2/15	sex 6/2/15	seg 9/2/15	ter 10/2/15	qua 11/2/15	qui 12/2/15	sex 13/2/15	seg 16/2/15	ter 17/2/15	qua 18/2/15	qui 19/2/15	sex 20/2/15	seg 23/2/15	ter 24/2/15	qua 25/2/15	qui 26/2/15	sex 27/2/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura																				
	9º Tipo																				
	8º Tipo																				
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo																				
	4º Tipo																				
	3º Tipo																				
	2º Tipo																				
	1º Tipo																				

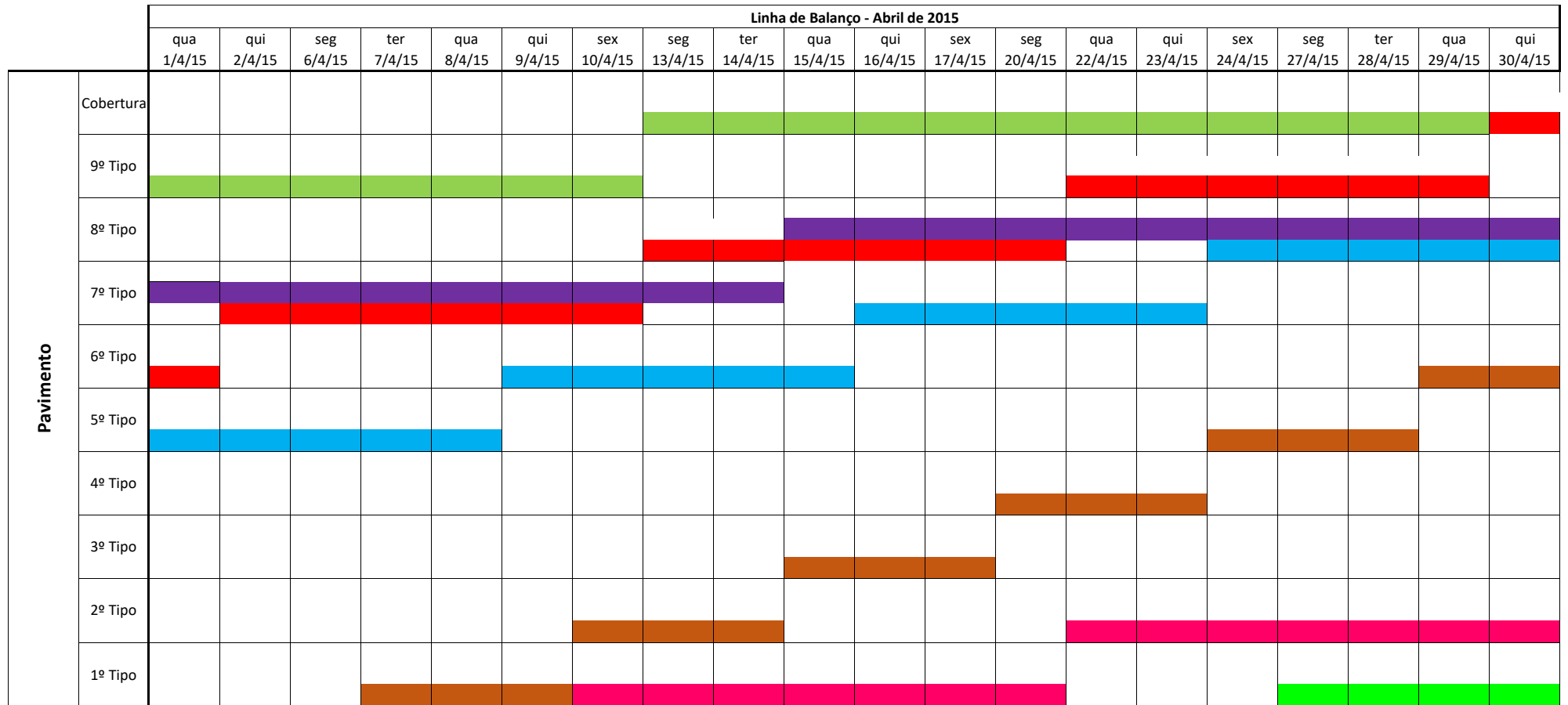
Serviço	Equipe (oficiais)
Estrutura	12
Alvenaria	8
Inst. Hidro/Sanitária	5
Inst. Tub. Elétrica	3

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Março de 2015																					
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	ter	qua	qui	sex	seg	ter	
		2/3/15	3/3/15	4/3/15	5/3/15	6/3/15	9/3/15	10/3/15	11/3/15	12/3/15	13/3/15	16/3/15	17/3/15	18/3/15	19/3/15	20/3/15	24/3/15	25/3/15	26/3/15	27/3/15	30/3/15	31/3/15	
Pavimento	Cobertura																						
	9º Tipo																						
	8º Tipo																						
	7º Tipo																						
	6º Tipo																						
	5º Tipo																						
	4º Tipo																						
	3º Tipo																						
	2º Tipo																						
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
Alvenaria	8
Inst. Hidro/Sanitária	5
Inst. Tub. Elétrica	3
Contramarcos	1

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**



Serviço	Equipe (oficiais)
Alvenaria	8
Inst. Hidro/Sanitária	5
Inst. Tub. Elétrica	3
Contramarcos	1

Serviço	Equipe (oficiais)
Inst. Gás	2
Chapisco	2
Reboco	8

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Maio de 2015																		
		seg 4/5/15	ter 5/5/15	qua 6/5/15	qui 7/5/15	sex 8/5/15	seg 11/5/15	ter 12/5/15	qua 13/5/15	qui 14/5/15	sex 15/5/15	seg 18/5/15	ter 19/5/15	qua 20/5/15	qui 21/5/15	sex 22/5/15	seg 25/5/15	ter 26/5/15	qua 27/5/15	qui 28/5/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura																			
	9º Tipo																			
	8º Tipo																			
	7º Tipo																			
	6º Tipo																			
	5º Tipo																			
	4º Tipo																			
	3º Tipo																			
	2º Tipo																			
	1º Tipo																			

Serviço	Equipe (oficiais)
Inst. Hidro/Sanitária	5
Inst. Tub. Elétrica	3
Contramarcos	1
Contrapiso	2

Serviço	Equipe (oficiais)
Inst. Gás	2
Chapisco	2
Reboco	8

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Junho de 2015																					
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter
		1/6/15	2/6/15	3/6/15	4/6/15	5/6/15	8/6/15	9/6/15	10/6/15	11/6/15	12/6/15	15/6/15	16/6/15	17/6/15	18/6/15	19/6/15	22/6/15	23/6/15	24/6/15	25/6/15	26/6/15	29/6/15	30/6/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura	[Barra colorida: Roxo até 15/6/15, Amarelo de 16/6/15 a 19/6/15]																					
	9º Tipo															[Barra colorida: Amarelo de 18/6/15 a 19/6/15]							
	8º Tipo																	[Barra colorida: Amarelo de 22/6/15 a 23/6/15]		[Barra colorida: Rosa de 22/6/15 a 30/6/15]			
	7º Tipo										[Barra colorida: Rosa de 11/6/15 a 19/6/15]						[Barra colorida: Amarelo de 24/6/15 a 25/6/15]						
	6º Tipo	[Barra colorida: Rosa de 2/6/15 a 10/6/15]												[Barra colorida: Amarelo de 26/6/15 a 29/6/15]									
	5º Tipo	[Barra colorida: Rosa de 1/6/15 a 2/6/15]																	[Barra colorida: Verde de 23/6/15 a 30/6/15]				
	4º Tipo							[Barra colorida: Verde de 9/6/15 a 22/6/15]											[Barra colorida: Roxo de 26/6/15 a 30/6/15]				
	3º Tipo	[Barra colorida: Verde de 1/6/15 a 8/6/15]						[Barra colorida: Roxo de 11/6/15 a 26/6/15]															
	2º Tipo	[Barra colorida: Roxo de 1/6/15 a 10/6/15]																					
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
[Barra colorida: Roxo]	Inst. Hidro/Sanitária 5
[Barra colorida: Roxo]	Contrapiso 2
[Barra colorida: Amarelo]	Inst. Tub. Incêndio 3
[Barra colorida: Rosa]	Chapisco 2
[Barra colorida: Verde]	Reboco 8

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Julho de 2015																						
		qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex
		1/7/15	2/7/15	3/7/15	6/7/15	7/7/15	8/7/15	9/7/15	10/7/15	13/7/15	14/7/15	15/7/15	16/7/15	17/7/15	20/7/15	21/7/15	22/7/15	23/7/15	24/7/15	27/7/15	28/7/15	29/7/15	30/7/15	31/7/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura																							
	9º Tipo																							
	8º Tipo																							
	7º Tipo																							
	6º Tipo																							
	5º Tipo																							
	4º Tipo																							
	3º Tipo																							
	2º Tipo																							
	1º Tipo																							

Serviço	Equipe (oficiais)
Contrapiso	2
Inst. Tub. Incêndio	3
Chapisco	2

Serviço	Equipe (oficiais)
Reboco	8
Fiação Elétrica	3
Impermeabilização	1

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Agosto de 2015																					
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	
		3/8/15	4/8/15	5/8/15	6/8/15	7/8/15	10/8/15	11/8/15	12/8/15	13/8/15	14/8/15	17/8/15	18/8/15	19/8/15	20/8/15	21/8/15	24/8/15	25/8/15	26/8/15	27/8/15	28/8/15	31/8/15	
<b>Pavimento</b>	Cobertura																						
	9º Tipo																						
	8º Tipo																						
	7º Tipo																						
	6º Tipo																						
	5º Tipo																						
	4º Tipo																						
	3º Tipo																						
	2º Tipo																						
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
Contrapiso	2
Reboco	8
Fiação Elétrica	3

Serviço	Equipe (oficiais)
Impermeabilização	1
Revest. Cerâmico	5

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Setembro de 2015																			
		ter 1/9/15	qua 2/9/15	qui 3/9/15	sex 4/9/15	ter 8/9/15	qua 9/9/15	qui 10/9/15	sex 11/9/15	seg 14/9/15	ter 15/9/15	qua 16/9/15	qui 17/9/15	sex 18/9/15	seg 21/9/15	ter 22/9/15	qua 23/9/15	qui 24/9/15	sex 25/9/15	seg 28/9/15	ter 29/9/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura	Reboco										Fiação Elétrica									
	9º Tipo	Fiação Elétrica										Reboco									
	8º Tipo	Fiação Elétrica					Reboco														
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo											Impermeabilização									
	4º Tipo						Impermeabilização														
	3º Tipo	Impermeabilização															Revest. Cerâmico				
	2º Tipo	Revest. Cerâmico																			
	1º Tipo																				

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Contrapiso	2
	Reboco	8
	Fiação Elétrica	3

	Serviço	Equipe (oficiais)
	Impermeabilização	1
	Revest. Cerâmico	5



**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Outubro de 2015																										
		qui 1/10/15	sex 2/10/15	seg 5/10/15	ter 6/10/15	qua 7/10/15	qui 8/10/15	sex 9/10/15	ter 13/10/15	qua 14/10/15	qui 15/10/15	sex 16/10/15	seg 19/10/15	ter 20/10/15	qua 21/10/15	qui 22/10/15	sex 23/10/15	seg 26/10/15	ter 27/10/15	qua 28/10/15	qui 29/10/15	sex 30/10/15						
<b>Pavimento</b>	Cobertura																											
	9º Tipo																											
	8º Tipo																											
	7º Tipo																											
	6º Tipo																											
	5º Tipo																											
	4º Tipo																											
	3º Tipo																											
	2º Tipo																											
	1º Tipo																											

Serviço	Equipe (oficiais)
	Contrapiso 2
	Impermeabilização 1
	Revest. Cerâmico 5

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Novembro de 2015																			
		ter 3/11/15	qua 4/11/15	qui 5/11/15	sex 6/11/15	seg 9/11/15	ter 10/11/15	qua 11/11/15	qui 12/11/15	sex 13/11/15	seg 16/11/15	ter 17/11/15	qua 18/11/15	qui 19/11/15	sex 20/11/15	seg 23/11/15	ter 24/11/15	qua 25/11/15	qui 26/11/15	sex 27/11/15	seg 30/11/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura																				
	9º Tipo																				
	8º Tipo																				
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo																				
	4º Tipo																				
	3º Tipo																				
	2º Tipo																				
	1º Tipo																				

Serviço	Equipe (oficiais)
Impermeabilização	1
Revest. Cerâmico	5
Forro de Gesso	3

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Dezembro de 2015													
		ter 1/12/15	qua 2/12/15	qui 3/12/15	sex 4/12/15	seg 7/12/15	ter 8/12/15	qua 9/12/15	qui 10/12/15	sex 11/12/15	seg 14/12/15	ter 15/12/15	qua 16/12/15	qui 17/12/15	sex 18/12/15
<b>Pavimento</b>	Cobertura														
	9º Tipo														
	8º Tipo														
	7º Tipo														
	6º Tipo														
	5º Tipo														
	4º Tipo														
	3º Tipo														
	2º Tipo														
	1º Tipo														

Serviço	Equipe (oficiais)
Impermeabilização	1
Revest. Cerâmico	5
Forro de Gesso	3

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Janeiro de 2016																		
		seg 4/1/16	ter 5/1/16	qua 6/1/16	qui 7/1/16	sex 8/1/16	seg 11/1/16	ter 12/1/16	qua 13/1/16	qui 14/1/16	sex 15/1/16	seg 18/1/16	ter 19/1/16	qua 20/1/16	qui 21/1/16	sex 22/1/16	seg 25/1/16	ter 26/1/16	qua 27/1/16	qui 28/1/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																			
	9º Tipo																			
	8º Tipo																			
	7º Tipo																			
	6º Tipo																			
	5º Tipo																			
	4º Tipo																			
	3º Tipo																			
	2º Tipo																			
	1º Tipo																			

Serviço	Equipe (oficiais)
Revest. Cerâmico	5
Forro de Gesso	3
Esq. Alumínio	2

Serviço	Equipe (oficiais)
Pintura - 1ª demão	10
Esq. Madeira	2

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Fevereiro de 2016																				
		seg 1/2/16	ter 2/2/16	qua 3/2/16	qui 4/2/16	sex 5/2/16	seg 8/2/16	ter 9/2/16	qua 10/2/16	qui 11/2/16	sex 12/2/16	seg 15/2/16	ter 16/2/16	qua 17/2/16	qui 18/2/16	sex 19/2/16	seg 22/2/16	ter 23/2/16	qua 24/2/16	qui 25/2/16	sex 26/2/16	seg 29/2/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																					
	9º Tipo																					
	8º Tipo																					
	7º Tipo																					
	6º Tipo																					
	5º Tipo																					
	4º Tipo																					
	3º Tipo																					
	2º Tipo																					
	1º Tipo																					

Serviço	Equipe (oficiais)
Revest. Cerâmico	5
Forro de Gesso	3
Esq. Alumínio	2

Serviço	Equipe (oficiais)
Pintura - 1ª demão	10
Esq. Madeira	2

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Março de 2016																								
		ter 1/3/16	qua 2/3/16	qui 3/3/16	sex 4/3/16	seg 7/3/16	ter 8/3/16	qua 9/3/16	qui 10/3/16	sex 11/3/16	seg 14/3/16	ter 15/3/16	qua 16/3/16	qui 17/3/16	sex 18/3/16	seg 21/3/16	ter 22/3/16	qui 24/3/16	seg 28/3/16	ter 29/3/16	qua 30/3/16	qui 31/3/16				
<b>Pavimento</b>	Cobertura	[Orange]					[Green]					[Purple]														
	9º Tipo						[Green]					[Purple]														
	8º Tipo	[Green]	[Purple]																							
	7º Tipo	[Purple]																								
	6º Tipo							[Blue]																		
	5º Tipo	[Blue]																								
	4º Tipo																				[Magenta]					
	3º Tipo																				[Magenta]					
	2º Tipo											[Magenta]														
	1º Tipo						[Magenta]															[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]		

Serviço	Equipe (oficiais)
[Orange]	Forro de Gesso 3
[Green]	Esq. Alumínio 2
[Purple]	Pintura - 1ª demão 10

Serviço	Equipe (oficiais)
[Blue]	Esq. Madeira 2
[Magenta]	Louças 2
[Yellow]	Metals 2

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Abril de 2016																			
		sex 1/4/16	seg 4/4/16	ter 5/4/16	qua 6/4/16	qui 7/4/16	sex 8/4/16	seg 11/4/16	ter 12/4/16	qua 13/4/16	qui 14/4/16	sex 15/4/16	seg 18/4/16	ter 19/4/16	qua 20/4/16	sex 22/4/16	seg 25/4/16	ter 26/4/16	qua 27/4/16	qui 28/4/16	sex 29/4/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																				
	9º Tipo																				
	8º Tipo																				
	7º Tipo																				
	6º Tipo																				
	5º Tipo																				
	4º Tipo																				
	3º Tipo																				
	2º Tipo																				
	1º Tipo																				

Serviço	Equipe (oficiais)
Esq. Madeira	2
Louças	2
Metais	2
Pintura - 2ª/3ª demão	10

### APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)

		Linha de Balanço - Maio de 2016																					
		seg 2/5/16	ter 3/5/16	qua 4/5/16	qui 5/5/16	sex 6/5/16	seg 9/5/16	ter 10/5/16	qua 11/5/16	qui 12/5/16	sex 13/5/16	seg 16/5/16	ter 17/5/16	qua 18/5/16	qui 19/5/16	sex 20/5/16	seg 23/5/16	ter 24/5/16	qua 25/5/16	qui 26/5/16	sex 27/5/16	seg 30/5/16	ter 31/5/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																						
	9º Tipo																						
	8º Tipo																						
	7º Tipo																						
	6º Tipo																						
	5º Tipo																						
	4º Tipo																						
	3º Tipo																						
	2º Tipo																						
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
Louças	2
Metais	2
Pintura - 2ª/3ª demão	10







**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Junho de 2016																					
		qua 1/6/16	qui 2/6/16	sex 3/6/16	seg 6/6/16	ter 7/6/16	qua 8/6/16	qui 9/6/16	sex 10/6/16	seg 13/6/16	ter 14/6/16	qua 15/6/16	qui 16/6/16	sex 17/6/16	seg 20/6/16	ter 21/6/16	qua 22/6/16	qui 23/6/16	sex 24/6/16	seg 27/6/16	ter 28/6/16	qua 29/6/16	qui 30/6/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																						
	9º Tipo																						
	8º Tipo																						
	7º Tipo																						
	6º Tipo																						
	5º Tipo																						
	4º Tipo																						
	3º Tipo																						
	2º Tipo																						
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
<span style="color: red;">■</span> Pintura - 2ª/3ª demão	10
<span style="color: yellow;">■</span> Acab. Elétrica	2
<span style="color: blue;">■</span> Acab. Incêndio	2
<span style="color: green;">■</span> Limpeza final	4

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Julho de 2016																					
		sex 1/7/16	seg 4/7/16	ter 5/7/16	qua 6/7/16	qui 7/7/16	sex 8/7/16	seg 11/7/16	ter 12/7/16	qua 13/7/16	qui 14/7/16	sex 15/7/16	seg 18/7/16	ter 19/7/16	qua 20/7/16	qui 21/7/16	sex 22/7/16	seg 25/7/16	ter 26/7/16	qua 27/7/16	qui 28/7/16	sex 29/7/16	
<b>Pavimento</b>	Cobertura																						
	9º Tipo																						
	8º Tipo																						
	7º Tipo																						
	6º Tipo																						
	5º Tipo																						
	4º Tipo																						
	3º Tipo																						
	2º Tipo																						
	1º Tipo																						

Serviço	Equipe (oficiais)
 Pintura - 2ª/3ª demão	10
 Acab. Elétrica	2
 Acab. Incêndio	2
 Limpeza final	4

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Agosto de 2016																						
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua
		1/8/16	2/8/16	3/8/16	4/8/16	5/8/16	8/8/16	9/8/16	10/8/16	11/8/16	12/8/16	15/8/16	16/8/16	17/8/16	18/8/16	19/8/16	22/8/16	23/8/16	24/8/16	25/8/16	26/8/16	29/8/16	30/8/16	31/8/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																							
	9º Tipo																							
	8º Tipo																							
	7º Tipo																							
	6º Tipo																							
	5º Tipo																							
	4º Tipo																							
	3º Tipo																							
	2º Tipo																							
	1º Tipo																							

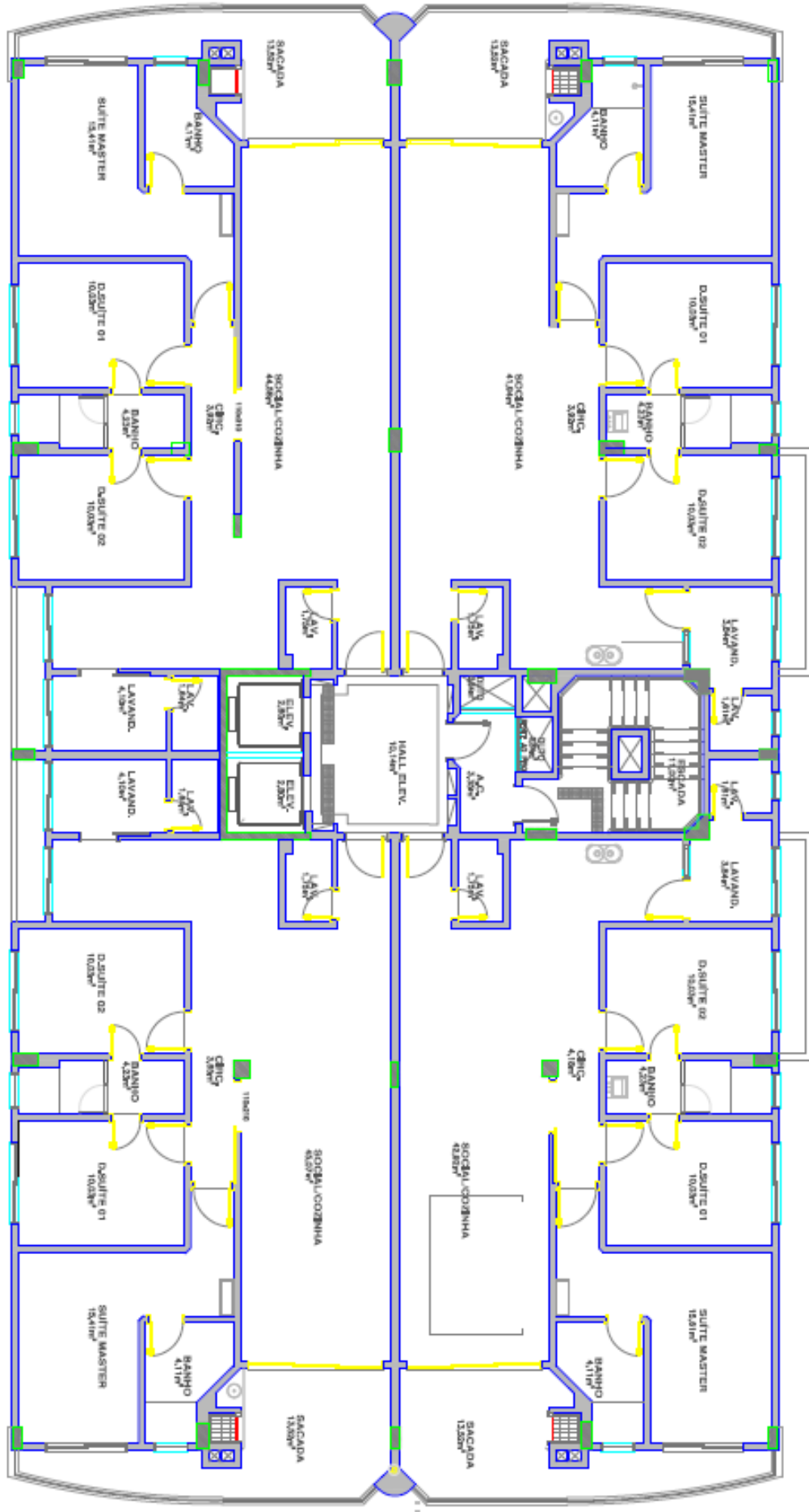
Serviço	Equipe (oficiais)
Acab. Incêndio	2
Limpeza final	4

**APÊNDICE D – LINHAS DE BALANÇO MENSAIS DA OBRA (CONTINUAÇÃO)**

		Linha de Balanço - Setembro de 2016																				
		qui 1/9/16	sex 2/9/16	seg 5/9/16	ter 6/9/16	qui 8/9/16	sex 9/9/16	seg 12/9/16	ter 13/9/16	qua 14/9/16	qui 15/9/16	sex 16/9/16	seg 19/9/16	ter 20/9/16	qua 21/9/16	qui 22/9/16	sex 23/9/16	seg 26/9/16	ter 27/9/16	qua 28/9/16	qui 29/9/16	sex 30/9/16
<b>Pavimento</b>	Cobertura																					
	9º Tipo																					
	8º Tipo																					
	7º Tipo																					
	6º Tipo																					
	5º Tipo																					
	4º Tipo																					
	3º Tipo																					
	2º Tipo																					
	1º Tipo																					

Serviço	Equipe (oficiais)
Limpeza final	4

ANEXO A – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TIPO



ANEXO B – PLANTA BAIXA COBERTURA

