

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANA BEATRIZ FERNANDES HERTHEL**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LINHA DE  
BALANÇO EM OBRAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM JOÃO  
PESSOA – PB: ESTUDO DE CASO**

**João Pessoa  
2015**

**ANA BEATRIZ FERNANDES HERTHEL**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA LINHA DE  
BALANÇO EM OBRAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM JOÃO  
PESSOA – PB: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal da  
Paraíba como requisito parcial à  
conclusão do curso de Engenharia Civil

Área de Concentração:  
Engenharia de Construção Civil e Urbana.

Orientador: Professor Dr. Claudino Lins  
Nóbrega Júnior

**João Pessoa  
2015**

Dedico este trabalho à minha avó Eulália (in memoriam)  
por me ensinar o verdadeiro significado da força feminina.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela determinação que me foi dada de oferecer sempre o meu melhor diante dos cinco anos de curso superior e durante toda a execução deste trabalho.

Agradeço à minha mãe Ana Margarethe por sua presença constante e disponibilidade de ouvir minhas preocupações e ansiedades diante de cada desafio, aconselhando e acalmando sempre da melhor maneira possível, ao meu pai Nilton pelos ensinamentos passados ao longo de sua vida e a certeza de saber de sua felicidade com mais uma etapa concluída e ao meu irmão Nilton Júnior por estar sempre presente e torcer por minhas vitórias.

Agradeço ao meu namorado Antônio por sempre me dar forças e por todo o tempo desprendido para ouvir, ensinar, ajudar e aconselhar.

Aos colegas do curso Lígia Rabay, Camila Cunha, Roberta de Carvalho, Alice Moreira e Sérgio Pereira, além de tantos outros que estiveram presentes nos bons e maus momentos nos últimos cinco anos. Que os laços que construímos nesse tempo sejam permanentes.

Ao professor Claudino Lins Nóbrega Júnior pelas orientações durante toda esta pesquisa e por despertar o gosto pelo estudo do planejamento e gerenciamento de obras.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Com o desenvolvimento da indústria da construção civil no Brasil nos últimos anos e, com o mercado ainda aquecido neste setor na região Nordeste, faz-se necessário às empresas inseridas neste segmento uma mudança de comportamento diante do mercado, de maneira a aumentar suas vantagens competitivas. Para isto destaca-se a importância do planejamento associado ao desenvolvimento de novos empreendimentos. Este trabalho tem por objetivo a análise de viabilidade de aplicação da técnica de planejamento Linha de Balanço na construção de uma obra residencial na cidade de João Pessoa, na Paraíba. Foi utilizado o estudo de caso como metodologia para atingir o objetivo, sendo realizado um comparativo entre uma Linha de Balanço desenvolvida com base nas práticas usuais da empresa estudada e outra baseada nos preceitos apresentados pela bibliografia pertinente. Este trabalho tem como conclusão a aplicabilidade da técnica através da consideração de atividades usualmente planejadas pela empresa e definição de unidades de repetição similares, porém não necessariamente sendo aplicado na totalidade do empreendimento. A facilidade de visualização de informações contidas na Linha de Balanço e a simplicidade do método permitem otimizar a divisão de trabalho às equipes associadas resultando em consequente diminuição nos prazos e possível redução de custos de execução de um projeto.

Palavras-chave: Linha de balanço, planejamento de obras residenciais, construção civil, controle de produção.

## **ABSTRACT**

With the development of the industry of civil construction in Brazil in the later years and with this sector still at peak in the northeast region of the country, it is necessary for the companies inserted in this segment of the market to make severe behavior changes, aiming to increase their competitive advantages. To achieve this, the importance of planning associated with the development of new projects is highlighted. The main objective of this research is the analysis of the viability of application of the planning technique Line of Balance on the construction process of a residential building in the city of João Pessoa, in Paraíba. A case study was utilized to achieve the proposed objective, being developed a comparison between a Line of Balance created based on the usual practices of the company in study, and another one based on the precepts presented by the pertinent bibliography. This research brings as its conclusion the applicability of the technique through consideration of activities usually presented in the company's planning and definition of unities of repetition, but not necessarily being applied in the construction phases as a whole. The easiness of visualization of information built in the Line of Balance and the simplicity of the method allow the optimization of division of labor to the teams associated with them, resulting in consequent decrease of time spent and possible reduction of costs of a project execution.

**Keywords:** Line of balance, planning of residential buildings, civil construction, production control.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico de variação do PIB Nacional e PIB da Construção Civil de 2003 a 2013.	13
Figura 2- Tradicional visão do processo produtivo	20
Figura 3- Modelo de processo da Nova Filosofia de Produção.	21
Figura 4- Informações da Linha de Balanço	33
Figura 5- Zona de aplicação da Linha de Balanço.	34
Figura 6- Exemplo de gráfico gerado pela aplicação da técnica de Linha de Balanço	35
Figura 7- Variáveis da Linha de Balanço	37
Figura 8- Conflitos entre atividades.	40
Figura 9- Tipos de precedências entre atividades	40
Figura 10- Fachada esperada do empreendimento	44
Figura 11- Layout do pavimento Tipo	46
Figura 12- Diagrama de precedência para a execução do Pavimento Tipo	48
Figura 13- Linha de Balanço 01	51
Figura 14- Linha de Balanço 02	52
Figura 15- Linha de Balanço das Atividades Externas	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quadro de áreas do empreendimento	46
Tabela 2- Atividades realizadas no Pavimento Tipo	47
Tabela 3- Duração de atividades realizadas no Pavimento Tipo com respectivas equipes	48
Tabela 4- Definição de número de equipes para a realização das atividades	49
Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 1/4)	54
Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 2/4)	55
Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 3/4)	56
Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 4/4)	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Elaboração de questionário</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Planejamento e controle da produção</b>	<b>18</b>
<b>5.1.1</b>	<i>Objetivos do planejamento</i>	<i>19</i>
<b>5.1.2</b>	<i>Lean Construction</i>	<i>20</i>
<b>5.1.3</b>	<i>Níveis de planejamento</i>	<i>24</i>
<b>5.2</b>	<b>PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method)</b>	<b>29</b>
<b>5.2.1</b>	<i>Definição</i>	<i>29</i>
<b>5.2.2</b>	<i>Aplicação das técnicas</i>	<i>30</i>
<b>5.2.3</b>	<i>Vantagens e desvantagens</i>	<i>31</i>
<b>5.3</b>	<b>Linha de Balanço (LDB)</b>	<b>32</b>
<b>5.3.1</b>	<i>Definição</i>	<i>32</i>
<b>5.3.2</b>	<i>Aplicação da técnica</i>	<i>33</i>
<b>5.3.3</b>	<i>Vantagens e desvantagens</i>	<i>41</i>
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>43</b>
<b>6.1</b>	<b>Caracterização da empresa</b>	<b>43</b>
<b>6.2</b>	<b>Caracterização do empreendimento</b>	<b>43</b>
<b>6.3</b>	<b>Aplicação da ferramenta Linha de Balanço</b>	<b>46</b>
<b>6.3.1</b>	<i>Definição de atividades e quantitativos</i>	<i>47</i>
<b>6.3.2</b>	<i>Duração das atividades e dimensionamento das equipes</i>	<i>48</i>

6.3.3	<i>Montagem das Linhas de Balanço</i>	50
7	<b>RESULTADOS</b>	54
7.1	<b>Análise do método de gerenciamento de obras da empresa</b>	54
7.2	<b>Comparativo entre as Linhas de Balanço</b>	58
8	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	60
8.1	<b>Conclusões</b>	60
8.2	<b>Recomendações</b>	61
9	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	62
	<b>ANEXOS</b>	65
	<b>Anexo A – Questionário aplicado para avaliar possível melhoria no planejamento da empresa estudada através da aplicação da técnica Linha de Balanço</b>	65

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil, tradicionalmente uma indústria com raiz em processos ultrapassados no Brasil, e ainda, substancialmente, vítima da baixa qualificação profissional e da falta de definição e padronização dos métodos utilizados, tem, nas últimas décadas, estado frente à necessidade de maior eficiência produtiva devido às crescentes exigências do mercado por preços mais baixos e prazos de entrega menores, porém com bom acabamento e garantia de servicibilidade.

A maioria das empresas construtoras, hoje em dia, ainda associa a eficiência produtiva e otimização dos processos à descoberta e adoção de novos métodos construtivos e de modernos materiais e ferramentas em seus canteiros de obras. No entanto, segundo Hirschfeld (1996, apud GIARETTA, 2006), para que exista qualidade nos trabalhos de uma empresa, um dos fatores importantes é o desenvolvimento de novas técnicas, não apenas de construção, mas também de planejamento e controle de materiais e mão-de-obra.

O padrão de desenvolvimento de atividades da indústria da construção civil tem sido realizado, de acordo com Junqueira (2006), baseando-se em um modelo de gerenciamento da produção enfatizando as atividades de conversão, as quais representam atividades de processamento ou modificação da forma ou substância de um insumo. Porém, Junqueira (2006) ainda adiciona que vem sendo realizados esforços nos últimos anos, no campo da modernização da indústria da construção civil com a introdução de um modelo de produção que considera atividades de conversão e fluxo.

No entanto sabe-se que projetos de edificação em geral, mesmo desenvolvidos no âmbito de uma mesma empresa, terão particularidades e diferenças entre si, a fim seja de buscar novos nichos de mercado e novos perfis de cliente, ou mesmo, de modificar a imagem da empresa diante de novas possibilidades arquitetônicas e conceituais. Desta maneira, um método de gerenciamento a ser adotado considerando características de um projeto específico pode não ser a melhor opção para uma empresa.

As obras da construção civil, no entanto, ainda são caracterizadas pela repetição de atividades, como no caso de assentamento de tubulações de água e esgoto ou de pavimentos asfálticos e de concreto, sendo até mesmo tal fato

observado no caso de atividades realizadas em obras de edificações altas com muitos pavimentos tipo, como alvenaria, reboco, pintura, etc.

É tirando proveito desta particularidade das obras da indústria da construção civil que se pode utilizar a técnica de gerenciamento através da Linha de Balanço, a qual, segundo Prado (2002) consiste simplesmente na construção de um gráfico que representa o tempo e as unidades de repetição dos trabalhos, ou seja, quem está fazendo o quê e onde, sendo assim uma poderosa ferramenta a ser utilizada na fase de programação e mesmo no andamento da obra.

## 2 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil tem atravessado, no Brasil, um período histórico em termos de crescimento nos últimos anos. De acordo com o Estudo Setorial da Construção Civil realizado pelo Dieese (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos) em 2010:

[...]parte da explicação para este fato pode ser encontrada na adoção e ampliação de um conjunto de medidas adotadas pelo governo para combater os efeitos da crise sobre a economia e nas obras necessárias devido a eventos internacionais que acontecerão no país, a saber:

- redução da taxa básica de juros;
- ampliação de linhas de financiamento habitacional, como o programa Minha Casa, Minha Vida;
- manutenção e ampliação do programa de recuperação da infraestrutura, conhecido como PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e;
- os investimentos para realização da Copa do Mundo de Futebol em 2014, que acontecerá em 12 cidades (capitais) de diferentes regiões brasileiras, além das Olimpíadas de 2016 que acontecerão no Rio de Janeiro. (DIEESE, 2010, p. 4).

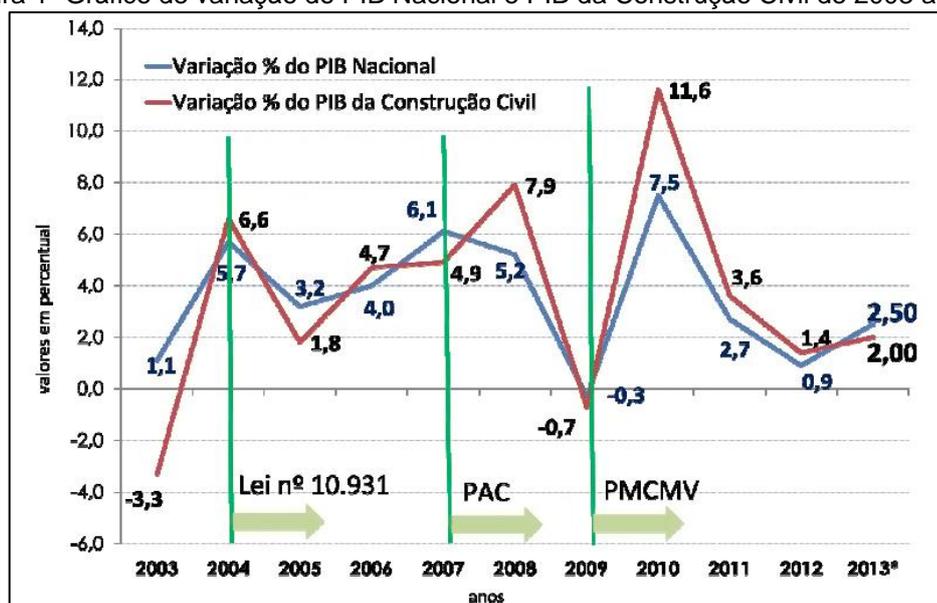
A adoção de medidas de combate à crise econômica mundial pelo governo, como a redução da taxa de juros e a ampliação de crédito subsidiado, foi responsável pela manutenção e retomada do financiamento imobiliário. Essas ações contribuíram para reaquecer a construção a partir de 2009, apesar de que, no ano de 2015, este setor tem apresentado redução nas atividades, devido a recentes mudanças na economia do país.

No entanto, mesmo com a crise econômica mundial agravada no ano de 2009, o Brasil pôde manter-se economicamente estável, evitando maiores danos à população. Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), disponibilizados através do Balanço Nacional da Indústria da Construção de 2013,

pode-se ver que, a partir do ano de 2004, vem sendo registrado um incremento do PIB da construção civil tendo este obtido seu desempenho recorde em 2010.

O gráfico mostrado na Figura 1 ilustra as variações do PIB da construção civil frente ao PIB Nacional, com destaque para as variações após implantação da Lei nº 10.931, do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e do PMCMV (Programa Minha Casa, Minha Vida).

Figura 1- Gráfico de variação do PIB Nacional e PIB da Construção Civil de 2003 a 2013.



Fonte: CBIC, 2013.

Dados da CBIC mostram também que, no mês de agosto de 2014 a Construção Civil apresentou um saldo positivo de 2.239 empregos, sendo o destaque do mês a Região Nordeste, que registrou a maior geração de novas vagas no setor: 4.699.

Desta maneira, é possível perceber que, mesmo menor que os índices de 2010, a construção civil encontra-se em uma fase de crescimento, ainda que pequeno, exceto na Região Nordeste, onde a demanda por habitação e infraestrutura ainda são significativas.

Segundo o presidente do Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON- SP), Sergio Watanabe, em entrevista à revista Exame (2013), a elevação da produtividade é o maior desafio do setor, devendo nortear o próximo ciclo de crescimento da indústria da construção civil.

Sendo a eficiência da produção um dos grandes desafios nas próximas fases da construção civil, é natural que as empresas inseridas neste setor se tornem

ávidas por novas tecnologias e materiais de caráter modular, que demandem menos tempo e mão-de-obra que os métodos e insumos construtivos tradicionais. No entanto é necessário que haja um sistema capaz de controlar o ritmo das atividades realizadas no empreendimento de maneira a capacitar o gerente de obra a obter uma visão global da alocação de mão-de-obra, dos prazos a serem cumpridos, assim como do material a ser utilizado em cada fase da construção.

Neste contexto introduz-se o conceito do uso da Linha de Balanço na construção civil.

Justifica-se o uso desta ferramenta, de acordo com Mendes Jr. (1999), pela facilidade no arranjo das atividades ao longo do planejamento da obra, pela simplicidade de aplicação da técnica Linha de Balanço além da facilidade de obtenção de informações adicionais da programação como as necessidades de recursos humanos e materiais.

Assim sendo, com um gerenciamento personalizado, objetivo e eficientemente aplicado, aliado à praticidade e facilidade de acesso e compreensão oferecido pela Linha de Balanço, pode-se alavancar a produtividade de uma empresa inserida no setor da construção civil, de maneira a conferir-lhe mais competitividade diante de outras que disputem o mesmo mercado, controlando melhor a produção, a fim de evitar imprevistos e atrasos capazes de reduzir a confiabilidade do próprio mercado.

Sendo a Linha de Balanço já consolidada em outros estados do país e frente à necessidade de implantação de novas técnicas de planejamento e programação de obras no aquecido cenário da construção civil em João Pessoa-PB, justifica-se esta pesquisa pela necessidade de verificação de aplicabilidade desta ferramenta na cidade em estudo, pretendendo, assim, ampliar as opções de empresas construtoras nativas no que se refere a técnicas eficientes de controle de produção. Pretende-se também agregar novas fontes de referência ao acervo bibliográfico da Universidade Federal da Paraíba, visto que, academicamente, a ferramenta Linha de Balanço ainda não foi inteiramente explorada com foco na construção civil paraibana. Finalmente, o estudo da LDB também será de proveito da pesquisadora e de outros que vierem a ler o presente trabalho, pois, ao estudar a filosofia desta técnica, além do referente à construção civil, vê-se que a mesma pode vir a trazer benefícios quando aplicada a outros aspectos produtivos que precisam de organização de tarefas repetitivas e programação.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

- Verificar a viabilidade de aplicação da Linha de Balanço na obra de execução de uma edificação residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos na cidade de João Pessoa – PB.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar os conceitos teóricos de Linha de Balanço;
- Identificar conceitos teóricos de ferramentas auxiliares no desenvolvimento da aplicação da técnica de Linha de Balanço;
- Determinar mão-de-obra e tempo demandado para cada atividade a ser realizada na obra analisada, mediante pesquisa de campo;
- Analisar vantagens e desvantagens do método de Linha de Balanço em aplicação teórica em obra de edificação residencial, mediante estudo de caso.

#### 4 METODOLOGIA

A fim de se alcançarem os objetivos listados previamente, será realizada, inicialmente, pesquisa bibliográfica para identificar a importância do planejamento agregado e direcionado a uma obra de construção civil, as novas tendências de modelo de gerenciamento de produção neste setor, os conceitos teóricos de Linha de Balanço, suas principais aplicações em diversos setores produtivos, obtendo embasamento teórico necessário para avaliar criticamente suas vantagens e desvantagens, além de adquirir o conhecimento necessário à implantação desta técnica de controle de produção, considerando as particularidades do setor da construção civil. A pesquisa se estenderá também à reunião de conceitos teóricos acerca de ferramentas de programação em redes, PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*), a qual será utilizada no desenvolvimento da aplicação da técnica de Linha de Balanço. Tal pesquisa será desenvolvida com a utilização de bibliografia pertinente ao assunto no formato de livros, revistas técnicas, *websites*, dissertações, teses, artigos, entre outros trabalhos acadêmicos relacionados.

A segunda fase do desenvolvimento do presente trabalho será a escolha e caracterização de uma empresa inserida no setor da construção civil e predominantemente atuante no subsetor de edificações de caráter residencial multifamiliar. Será feita a análise de sua estrutura organizacional e definidas as principais funções de cada cargo administrativo a fim de que se possam, então, buscar aqueles responsáveis pelo gerenciamento, a fim de, assim, obter informações concernentes ao objetivo da pesquisa realizada. A partir destas análises será escolhido um empreendimento de caráter residencial, de múltiplos pavimentos, pertencente à empresa estudada, localizado na cidade de João Pessoa.

A terceira parte deste trabalho consistirá na elaboração e aplicação de um questionário referente às partes pertinentes da empresa caracterizada, com o objetivo de realizar um diagnóstico do perfil da mesma com relação ao seu sistema de gerenciamento e programação de obras, analisando qualitativamente as respostas obtidas a fim de avaliar a possibilidade de beneficiamento desta empresa com a utilização da técnica Linha de Balanço.

Junto à empresa serão obtidas também informações relacionadas às atividades realizadas no âmbito de cada fase da obra de edificação residencial

escolhida, a usual alocação de mão-de-obra e tempo para a realização de cada uma das citadas atividades.

Será então desenvolvido um sistema de gerenciamento de produção das fases de execução do empreendimento foco da pesquisa, baseado nos conceitos estudados da Linha de Balanço e nas práticas adotadas pela empresa, verificando possíveis benefícios ou dificuldades encontrados em sua elaboração e implantação, levando em conta aspectos relacionados à quantidade de mão-de-obra e prazos executivos.

#### **4.1 Elaboração de questionário**

O questionário é composto por 17 perguntas de respostas “SIM” ou “NÃO” e são direcionadas especificamente à gerência da obra escolhida para aplicação da ferramenta em estudo. As perguntas foram confeccionadas a partir das vantagens de aplicação da ferramenta encontradas na bibliografia utilizada, bem como das práticas usuais de empresas que se utilizam da Linha de Balanço e que se mostram importantes para o bom andamento da aplicação desta técnica, como: Organização do canteiro com pequenos estoques de materiais referentes apenas ao que as atividades programadas para determinado período demandam, preferencialmente localizados próximo aos postos de trabalho das equipes; padronização dos processos para haver uniformidade de material e serviços diminuindo possíveis retrabalhos e outras causas de variações nos ritmos das atividades considerados na programação; preocupação com segurança para evitar possíveis acidentes e, conseqüentemente, variações nos ritmos.

O questionário completo encontra-se no Apêndice A.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Planejamento e controle da produção

O planejamento pode ser definido como um processo que tem em vista as antecipações de um futuro desejado, o qual envolve um grande número de atividades e um alto grau de incerteza relativa ao tempo, espaço, custo e disponibilidade de recursos (ASSUMPÇÃO, 1996 e MENDES Jr., 1999 apud PRADO, 2002).

Formoso et al (2001) alertam que, na Construção Civil, deficiências no planejamento e controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos.

Segundo Prado (2002), o planejamento é um processo complexo cujos resultados são destinados à determinação do que deve ser feito e como, sua forma e sequência de execução, considerando os recursos necessários e os custos envolvidos, a fim de garantir a melhor eficácia dos planos, sendo efetivo somente se acompanhado do controle de processos.

No entanto, no Brasil, ainda existe grande resistência por parte das empresas da construção civil à adoção de técnicas eficientes de planejamento, quer seja pela falsa impressão da necessidade de grande burocracia e enfadonhos processos, quer pela simples falta de pessoal para a implementação e retroalimentação contínua do planejamento e programação.

Formoso et al. (2001) comentam sobre cinco relevantes problemas na falta de implementação do planejamento na construção Civil:

1. Falta de visão do processo: O planejamento é comumente encarado como trabalho isolado de um setor da empresa. Carecendo tanto de base de informações consistentes, quanto de procedimentos que garantam a disseminação das informações geradas aos seus usuários, num formato adequado e no tempo certo;
2. Negligência da incerteza: Existência de errônea expectativa de eliminação da incerteza, falhando em aceitar que a mesma é inerente ao processo de construção em função da variabilidade do produto e das condições locais.

3. Informalidade do planejamento: A execução da obra, com frequência, é guiada por um planejamento excessivamente informal, realizado, de forma improvisada pelo mestre de obras ou pelo engenheiro responsável, que tem pouca relação com o planejamento formal realizado a nível tático.
4. Reduzido impacto dos computadores: Em algumas situações, o uso de sofisticados pacotes computacionais tende apenas a aumentar a quantidade de dados gerados, dificultando a identificação das informações que são efetivamente importantes, e dão a falsa impressão de que tais informações são precisas.
5. Necessidade de mudanças comportamentais: São necessárias para que haja um efetivo envolvimento dos agentes do processo de produção no processo de planejamento. No entanto, há falta de percepção por parte de gerentes de produção quanto aos benefícios do planejamento, quando estes normalmente preferem se basear em sua experiência e intuição, julgando que o planejamento é uma perda de tempo.

### **5.1.1 Objetivos do planejamento**

Laufer (1990, apud BORTOLAZZA, 2006), afirma que o planejamento se faz necessário pelos seguintes motivos:

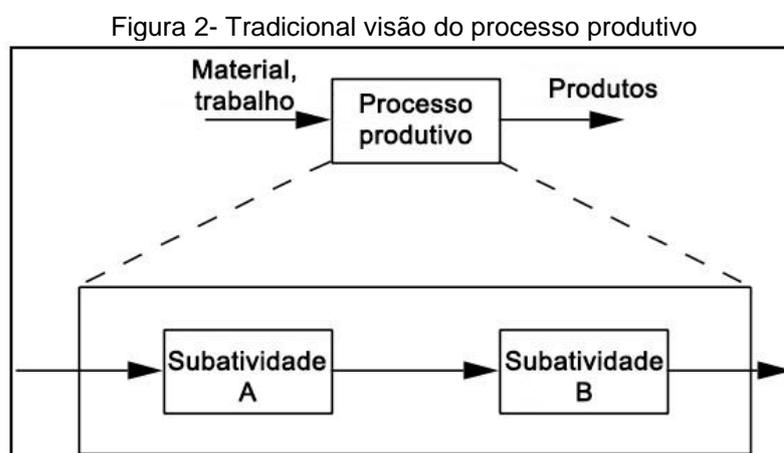
- a) Compreender melhor os objetivos para aumentar a possibilidade de alcançá-los;
- b) Definir o trabalho necessário para habilitar cada participante do empreendimento a identificar e planejar suas atividades;
- c) Desenvolver uma referência básica para um processo de orçamentação e programação;
- d) Melhorar a coordenação e integração multi-nível (vertical), multi-funcional (horizontal) além de produzir informações para a tomada de decisões mais consistentes;
- e) Evitar decisões errôneas para projetos futuros, através da análise do impacto das decisões atuais;
- f) Melhorar o desempenho da produção através da consideração e análise de processos alternativos;
- g) Aumentar a velocidade de resposta para mudanças futuras;
- h) Fornecer padrões para monitorar, revisar e controlar a execução do empreendimento;
- i) Explorar a experiência acumulada do gerenciamento e execução de empreendimentos, em um processo de aprendizagem sistemático. (LAUFER apud BORTOLAZZA, 2006, p. 18)

Oliveira (1999 apud PRADO, 2002), destaca que a realização do planejamento pode trazer uma economia da ordem de 25% do custo total da construção. Já Koskela (1992), alerta ainda que melhoramentos no processo de planejamento são fundamentais para a redução dos acidentes de trabalho e de tempo improdutivo em decorrência dos mesmos, pois é capaz de garantir um fluxo de atividades seguro e previsível no canteiro.

Prado (2002) mostra, então, que o propósito principal do planejamento na construção consiste em auxiliar o gerente no desempenho de suas tarefas diárias tais como execução, controle, previsão e otimização.

### 5.1.2 *Lean Construction*

Tradicionalmente, a indústria da construção civil adota como modelo convencional de visão do processo produtivo aquele denominado modelo de conversão. De acordo com esta visão, todo o processo produtivo pode ser resumido em atividades de conversão, ou seja, transformação de insumos e trabalho (materiais, equipamentos e mão-de-obra) em produtos (edificações). Este modelo também carrega consigo os conceitos de que: o processo de conversão pode ser dividido em subatividades, que também são considerados processos de conversão; o custo total do processo produtivo pode ser minimizado com a minimização do custo de cada subatividade; e o valor do produto de um processo está associado aos custos dos insumos necessários para sua realização (KOSKELA, 1992). Um resumo deste modelo de administração da produção pode ser observado na Figura 2.



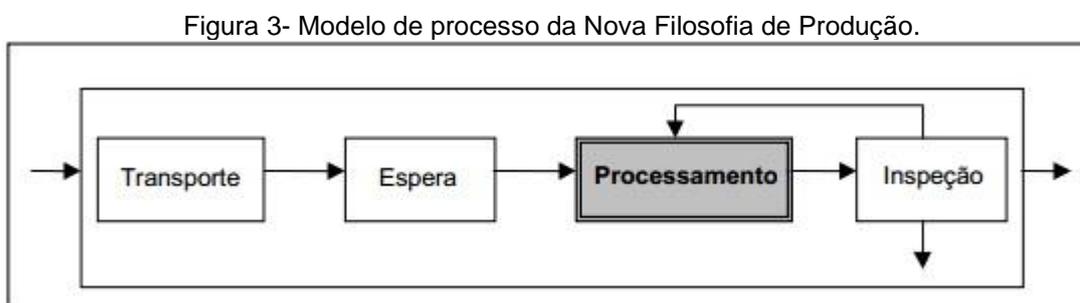
Fonte: KOSKELA, 1992. Adaptado.

No entanto, esta filosofia não leva em consideração a relevância de fluxos no processo produtivo. De acordo com Mendes Jr. (1999) e Koskela (1992), este pensamento faz sentido do ponto de vista do cliente pois, como não são atividades que geram valor ao produto final, não necessitam ser consideradas. Porém Koskela (1992) diz que, em processos produtivos mais complexos, uma parte majoritária dos custos totais de produção é devido a atividades de fluxo em comparação às atividades de conversão.

Tendo em vista a necessidade da consideração das atividades de fluxo na programação da produção, foi desenvolvida uma nova filosofia para visão da produção, baseada nas diretrizes do toyotismo, criado nos anos 50, chamada de *Lean Production*. A aplicação desta filosofia à indústria da construção civil é denominada *Lean Construction*.

A Lean Construction traz como mudança conceitual mais importante um modelo de processos que passa a considerar que, além das atividades de conversão, são inerentes ao processo de produção também as atividades de fluxo. Estas são caracterizadas pela movimentação (trabalhadores no canteiro), espera (materiais), retrabalhos e inspeção (TONIN; SCHAEFER, 2013), além de necessidade de readequação de materiais e informações caso haja inconformidade com os requisitos pré-estabelecidos em projeto (BALLARD, 2000). Ao passo que todas as atividades, no entanto, consumem tempo e custos, aquelas associadas ao fluxo não geram valor ao produto final e, por isso, a melhoria deste tipo de atividade deve ser focada em sua redução ou eliminação (KOSKELA, 1992).

A Figura 3 ilustra um modelo de processo da nova filosofia de produção.



Fonte: KOSKELA, 1992. Adaptado.

Desta forma, Koskela (1992) listou e desenvolveu onze princípios heurísticos para controlar, projetar e melhorar as atividades de fluxo. São eles:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor – Principal princípio da *Lean Construction*, destina-se a reduzir ou mesmo eliminar as atividades de fluxo, ou seja, que demandam tempo e custos mas que não gerarão valor ao produto final. No entanto essa filosofia não deve ser estendida para todas as áreas do processo produtivo, pois há atividades que agregam valor ao consumidor interno, como planejamento, contabilidade e prevenção de acidentes;
2. Redução da variabilidade – Considerando-se o ponto de vista dos clientes, um produto mais uniforme é sempre melhor, pois garante suas especificações. A padronização de atividades através da implementação de procedimentos pré-estabelecidos, além da padronização dos insumos utilizados são maneiras de reduzir a variabilidade, tendo em vista a diminuição das incertezas e aumento da previsibilidade;
3. Aumento do valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes – Para cada atividade existem dois clientes: a atividade seguinte e o cliente final. A melhor ação a ser tomada para atingir este princípio seria o desenvolvimento de um fluxo de atividades sistemático onde os clientes são definidos em cada estágio e seus requisitos analisados;
4. Diminuição do tempo de ciclo – Esta grandeza é definida como sendo o somatório dos tempos de processo, inspeção, espera e movimentação. A *Lean Construction* tem como objetivo a diminuição dos tempos de inspeção, espera e movimentação, portanto diminuindo o tempo de ciclo;
5. Simplificação através da diminuição do número de passos e/ou partes – Complexidade implica em geração de mais custos à atividade, ao mesmo tempo que sistemas complexos são menos confiáveis do que aqueles mais simples. Para atingir a simplificação, deve-se eliminar as atividades que não agregam valor, ao passo que se deve, também, reconfigurar partes ou passos das atividades que agregam valor ao produto final;
6. Aumento da flexibilidade na execução do produto – Apesar de parecer contraditório frente ao princípio de diminuição da variabilidade, Koskela (1992) citando outros trabalhos (CHILD et al., 1991; STALK e HOUT, 1990), lista algumas maneiras de atingir este princípio, como: permitir customização quanto mais tarde possível no processo e treinar mão-de-obra versátil;

7. Incremento da transparência – Falta de transparência nos processos gera maior propensão a erros, reduzindo a visibilidade dos mesmos, além de diminuir motivação e melhoras. Algumas maneiras de atingir este princípio seriam tornar os processos diretamente observáveis e reconhecíveis através da utilização de um *layout* adequado e sinalização, além de usar controles visuais que possibilitem quaisquer pessoas reconhecerem os padrões utilizados e possíveis desvios do mesmo;
8. Foco no controle do processo global – Controle segmentado do fluxo ocasiona empecilhos no objetivo de otimização de um processo produtivo. Para evitar tal problema, é preciso medir o processo como um todo, além de utilizar de autoridades que controlem todo o processo. A realização de parcerias com fornecedores e planejamento de longo, médio e curto prazos são maneiras de atingir este princípio;
9. Implementação de melhoria constante nos processos – Reduzir desperdícios e agregar valor ao produto trata-se de um processo iterativo e incremental, sendo necessária constante adequação da empresa a possíveis desafios que possam vir a surgir nesta busca. Algumas maneiras de atingir este princípio são: Medição e monitoramento das melhorias; atribuir responsabilidade de melhorias a todos os empregados, sendo esta melhoria recompensada quando atingida; além de utilizar processos padrões como hipótese de melhor prática a ser seguida, porém a ser constantemente desafiada por melhores maneiras;
10. Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões – Melhoria dos fluxos e melhoria das conversões estão intimamente interligados: Melhores fluxos requerem menos capacidade de conversão e, portanto, menos investimento em equipamentos; fluxos mais controlados fazem com que a implementação de novas tecnologias de conversão seja mais fácil; novas tecnologias de conversão podem vir a diminuir a variabilidade, gerando benefícios aos fluxos;  
Realização de benchmarking – Através de benchmarking é possível atingir significativas melhorias através da reconfiguração de processos. Camp (1989 apud KOSKELA, 1992) cita alguns passos para realização de benchmarking: Conhecimento do processo; conhecer os líderes ou competidores na construção civil, entendendo e comparando as melhores práticas, aplicando-

as e adaptando-as em seus próprios processos; combinar pontos fortes já existentes com as melhores práticas externas.

### **5.1.3 Níveis de planejamento**

O processo de planejamento envolve duas dimensões distintas, uma vertical e outra horizontal (LAUFER; TUCKER, 1987 apud PRADO, 2002). Onde a primeira está associada ao planejamento em diferentes níveis gerenciais, ao passo que a segunda relaciona-se às etapas contidas nos planejamentos de longo, médio e curto prazos.

FORMOSO et al. (2001), sugere que, além das 3 etapas de programação tradicionalmente utilizadas nas empresas de construção civil (longo, médio e curto prazos), deve-se levar em consideração também as etapas de Preparação do processo de planejamento e controle, que gerará informações necessárias à elaboração do planejamento de longo prazo, e de Avaliação do processo, a qual mostra-se de grande importância para a melhoria contínua e adequação dos planejamentos em todos os níveis a diferentes empreendimentos a serem desenvolvidos pela empresa.

#### **5.1.3.1 Planejamento de longo prazo**

O planejamento de longo prazo, também definido como planejamento estratégico, abrange as principais atividades envolvidas na execução da obra. Este nível possui como horizonte dos planos todo o período de construção do empreendimento e tem como principal produto o plano mestre (ASSUMPÇÃO, 1996 apud PRADO, 2002).

Para Limmer (1997 apud VARGAS, 2009), a elaboração do plano mestre é um conjunto de hipóteses, entendimentos e interpretações dos fatores externos e internos que influem o desenvolvimento do projeto. Assim, a qualidade das informações e uma boa definição do projeto proporcionam uma menor probabilidade de erro.

Neste nível de planejamento são definidos os principais ritmos de produção que, segundo Bernardes et al. (1999 apud PRADO, 2002), os ritmos das equipes são considerados como variável principal nesse estudo, visto que é por meio de sua

análise que poderão ser verificadas as questões das interferências entre o previsto e o realizado. Em conjunto com os dados do orçamento, o ritmo define um fluxo de despesas, o qual deve ser compatível com o estudo de viabilidade.

Os citados autores ainda afirmam que o planejamento de longo prazo deve ser atualizado periodicamente, em função de mudanças no andamento da obra, devido a atrasos na execução ou mudanças no fluxo de receitas.

De acordo com Formoso et al (2001), as principais atividades envolvidas neste nível de planejamento são:

1. Coletar informações: As informações necessárias para a geração do plano mestre no início da obra são originárias, principalmente, da etapa de preparação do processo de planejamento. Para a revisão do plano mestre, devem-se buscar também informações geradas nos níveis inferiores de planejamento, principalmente do planejamento de médio prazo.
2. Gerar fluxo de caixa: A partir do plano mestre, elabora-se um fluxo de caixa mais detalhado do que aquele gerado no início do empreendimento. Algumas vezes é necessário modificar o plano mestre da obra de forma a tornar favorável o fluxo de despesas, principalmente em função das altas taxas de juros praticadas no país. O fluxo de caixa gerado é base para o controle financeiro da obra.
3. Preparar plano: Podem-se utilizar várias técnicas para gerar o plano mestre, sendo as principais o diagrama de Gantt, os diagramas de precedência de atividades, as técnicas de rede e a linha de balanço. A técnica de linha de balanço tem a vantagem, em relação às duas primeiras, de apresentar explicitamente o fluxo de trabalho das diferentes equipes na obra. Isto facilita a definição de ritmos que garantam a continuidade do trabalho das principais equipes de produção, que é um dos requisitos ao aumento da eficiência das mesmas. O grau de detalhe utilizado neste plano depende, principalmente, da incerteza envolvida no processo de produção.  
Existe uma retroalimentação entre o plano mestre e o plano de médio prazo.
4. Difundir o plano mestre: Este deve ser apresentado em um ou mais formatos, em função da necessidade de seus usuários. Para difundi-lo, algumas empresas fazem uso de reuniões com os principais usuários deste plano tanto na fase inicial da obra como a cada alteração substancial no mesmo.

5. Programar recursos classe 1: Envolve a programação dos recursos cuja previsão de compra, aluguel e/ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo. Caracterizam-se, geralmente, pelo longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade deste ciclo, por exemplo, elevadores, cerâmica, pastilhas, entre outros. O lote de compra geralmente corresponde ao total da quantidade de recursos a serem utilizados.
6. Difundir programação de recursos: Uma vez gerada a programação de recursos classe 1, esta deve ser disseminada aos setores de recursos humanos para a contratação de mão-de-obra e de suprimentos para aquisição dos materiais e equipamentos necessários.

#### 5.1.3.2 Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo constitui-se num nível que faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. (ALVES et al., 1996 apud PRADO, 2002).

Neste nível, o planejamento tende a ser móvel, sendo, por esta razão, denominado de *look ahead planning* (“planejamento olhado para frente”) (FORMOSO et al., 2001).

É comum haver variações entre os procedimentos adotados por diferentes empresas neste nível de planejamento. Existem casos em que o ciclo de planejamento pode ser bi ou trimestral, sendo os planos atualizados mensalmente. Entretanto, algumas empresas subdividem o planejamento de médio prazo em dois níveis, um com ciclo mensal e outro com ciclo trimestral. Por outro lado, em obras muito rápidas com elevado grau de incerteza o ciclo de planejamento de médio prazo pode ser semanal (ALVES et al., 1996 apud PRADO, 2002).

Neste nível procede-se a proteção da produção contra as incertezas associadas à disponibilidade dos recursos financeiros. Assim, ao se gerar o plano de médio prazo, faz-se uma avaliação da disponibilidade financeira para o período correspondente a este horizonte de planejamento frente ao volume de despesas previstas a partir do plano mestre. (FORMOSO et al., 2001).

De acordo com Formoso et al. (2001), as principais atividades envolvidas neste nível de planejamento são:

1. Coletar informações: O plano de médio prazo é gerado a partir do plano mestre e também de informações retroalimentadas do gerenciamento operacional.
2. Preparar plano de médio prazo: Geralmente realizado através do uso do gráfico de Gantt ou de um desdobramento do diagrama de precedência de atividades. A partir do plano, analisam-se as restrições, revisando-se o sequenciamento da produção. A cada ciclo de replanejamento de médio prazo pode ser necessário, também, reestudar o fluxo de materiais da obra, fazendo os ajustes de layout necessários à medida que a obra evolui.
3. Difundir plano: Novamente os planos devem ser difundidos num formato adequado aos seus usuários, com destaque ao setor de suprimentos. A partir do plano de médio prazo é realizada a aquisição de recursos classe 2, e também a contratação de equipes de mão-de-obra, cujo prazo de contrato é relativamente curto.
4. Programar a aquisição dos recursos classe 2: refere-se àqueles recursos cuja programação de compra, aluguel e/ou contratação deverá ser realizada a partir do planejamento tático de médio prazo. Caracterizam-se, geralmente, por um ciclo de aquisição inferior a 30 dias e por uma média frequência de repetição deste ciclo. Os lotes de compra são, geralmente, frações da quantidade total do recurso, por exemplo: blocos cerâmicos, vidros, tubos e conexões de PVC, entre outros.
5. Difundir Programação: A programação deve ser difundida para os setores de suprimentos para a negociação e compra do material e também para contratação de mão-de-obra. A partir do planejamento de médio prazo, devem ser liberadas previamente ordens de produção, montagem ou compra, de modo a assegurar que todos os recursos necessários para a execução de um serviço existente no plano de longo prazo estejam disponíveis nos momentos apropriados (MACHADO, 2001 apud PRADO, 2002).

#### *5.1.3.3 Planejamento curto prazo*

O planejamento de curto prazo, ou planejamento operacional, tem como objetivo a designação específica dos pacotes de trabalho às equipes de produção (BALLARD, 1997).

A elaboração deste nível de planejamento é de responsabilidade da gerência da obra, do mestre-de-obras e dos chefes das equipes de produção (encarregados), sendo esta uma característica fundamental para o engajamento das equipes de produção em busca do cumprimento das metas estabelecidas (BALLARD, 1997).

A elaboração do plano inicia pela listagem de todas as tarefas que possuem recursos (material, mão de obra e equipamentos) disponíveis para serem realizadas no período. Faz-se a distribuição dessas tarefas às equipes de trabalho, por ordem de prioridade, de forma a constituir os pacotes de trabalho semanais a serem atribuídos a cada equipe. (FORMOSO et al., 2001).

O monitoramento da eficiência do planejamento mediante análise da situação atual e futura da obra pode ser realizado por meio de indicadores de desempenho relacionados ao número de tarefas da semana concluídas em função do número total de tarefas planejadas para a mesma semana. Estes indicadores são denominados PPC - Percentagem do Planejamento Concluído (BALLARD, 1997).

No caso em que há excesso de tarefas, as menos prioritárias são colocadas em um estoque de tarefas substitutas, (*buffer*, segundo Ballard, 2000) as quais serão realizadas por alguma equipe cuja tarefa principal tenha seu andamento comprometido, ou cuja produtividade tenha superado o programado. Este procedimento é denominado de produção protegida (*shielding production*), uma vez que protege a produção contra as incertezas relacionadas à disponibilidade dos recursos físicos (FORMOSO et al., 2001).

De acordo com Formoso et al. (2001), as principais atividades envolvidas neste nível de planejamento são:

1. Coletar informações: As principais informações que servem de suporte para a elaboração do plano de curto prazo são o plano de médio prazo e o plano de curto prazo do ciclo anterior.
2. Preparar o plano de curto prazo: Em geral, o mestre-de-obras elabora uma primeira versão que é revisada pelo gerente da obra antes da reunião semanal.
3. Difundir o plano: Este plano deve ser difundido para toda a obra assim como as avaliações periódicas realizadas a partir do indicador PPC e de um gráfico de causas do não cumprimento das atividades planejadas.

4. Programar recursos classe 3: Em algumas empresas, existe uma terceira categoria de recursos cuja programação pode ser realizada em ciclos relativamente curtos. Estes são os recursos cuja compra é realizada a partir do controle de estoque da obra e do almoxarifado central (se houver), considerando níveis de estoque mínimo, ou de acordos de entregas intermitentes com fornecedores. Caracterizam-se, geralmente, por pequeno ciclo de aquisição e pela alta repetitividade deste ciclo, por exemplo: areia, pregos, parafusos, aditivos, entre outros.
5. Difundir Programação: a programação deverá ser difundida para o setor de suprimentos, para que o mesmo tenha condição de repor os estoques no prazo previsto.

Para a implementação do plano de curto prazo (*last planner*) são necessários os seguintes procedimentos descritos por Ballard (1997):

- Identificar e priorizar as tarefas realizáveis;
- Determinar a capacidade de mão-de-obra para a próxima semana;
- Selecionar atividades por tamanho e capacidade;
- Listar os excessos de tarefas e de mão-de-obra;
- Verificar o andamento de cada atividade a cada dia e listar os motivos pelos quais uma tarefa não foi completada;
- O gerente deve analisar o plano semanal e atuar sobre as causas dos problemas.

## **5.2 PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method)**

### **5.2.1 Definição**

O método PERT foi desenvolvido em 1958 pela empresa de consultoria Booz, Allen & Hamilton permitindo instituir uma linguagem de planejamento e controle entendível por todos aqueles atuantes no projeto (AVILA, 2010). Na mesma época, a Cia E. U. Dupont desenvolveu o método CPM, com o objetivo de aprimorar a programação de projetos ligados à fabricação de produtos químicos (SCHMITT, 1992 apud PRADO, 2002).

Os procedimentos operacionais de montagem de redes propostos pelos dois métodos se mostraram similares, muitas vezes gerando confusão de que trata-se de uma única técnica. No entanto, Barraza et al. (2000, apud PRADO, 2002) atestam que, no PERT, a base de cálculo é toda probabilística tendo como referência estimativas de tempo para as atividades, já o CPM trata-se de técnica com bases determinísticas, desenvolvido normalmente a partir da experiência profissional do engenheiro diretamente ligado à produção.

Giaretta (2006) define rede CPM, ou Método do Caminho Crítico, como uma técnica de preparação de plano, que consiste no desenvolvimento de uma rede de atividades na qual são realizados cálculos simples para explicitar as datas de início e término de cada atividade.

Já o sistema PERT, se difere do CPM, pois as datas de início e fim de cada atividade são calculadas em patamares otimistas, pessimistas ou prováveis. Desta forma, pode apresentar variações, e envolve um grande número de atividades e dados de duração (BERNARDES, 2003 apud GIARETTA, 2006).

Avila (2010) determina os principais objetivos para o desenvolvimento das técnicas PERT/CPM, dentre eles, pode-se citar: Minimizar problemas localizados de projetos, tais como: atrasos, estrangulamentos da produção e interrupções de serviços; conhecer, antecipadamente, atividades críticas cujo cumprimento possa influenciar a duração total do programa e estabelecer o “quando” cada envolvido deverá iniciar ou concluir suas atribuições.

### **5.2.2 Aplicação das técnicas**

Para aplicação das técnicas PERT/CPM é necessário, primeiramente, estimar a data de início da primeira atividade. A seguir, devem-se listar as atividades a serem desenvolvidas na obra, de maneira a hierarquiza-las de acordo com a sequência lógica de execução, estimando-se as datas previstas para o término de uma ação e início da subsequente, sendo formada, assim, uma rede sem folgas de execução, ou com folgas praticamente nulas. Por não haverem folgas previstas no planejamento, imprevistos que acarretem o atraso no andamento de uma das atividades corroborará com o atraso de toda a obra. O caminho mais longo a ser percorrido, do início das atividades até o final das mesmas, é chamado de caminho crítico.

As estimativas de datas diferenciarão conforme utilização do método CPM de características determinísticas e variáveis reais ou do método PERT com tempos otimista, mais provável ou pessimista, características probabilísticas e variáveis aleatórias.

### **5.2.3 Vantagens e desvantagens**

Prado (2002) cita algumas vantagens associadas ao uso da programação em rede, PERT e CPM, entre elas a possibilidade de:

- a) Visualização e análise de toda a sequência e interferências entre as atividades;
- b) Análise e a indicação de medidas corretivas;
- c) Criação de histogramas de alocação de recursos e consequentemente de suas otimizações por meio de nivelamento;
- d) Previsão dos custos, partindo-se do preço global e deduzindo-se os preços unitários,
- e) Elaboração de cronogramas financeiros e fluxos de caixa reais, fugindo ao tradicional fluxo linear,

No campo das desvantagens associadas à aplicação da técnica de programação em rede, Murgel (1981, apud PRADO, 2002) cita a dificuldade de leitura da rede resultante devido ao grande número de atividades e de inter-relacionamentos além da necessidade de acompanhamento e controle das atividades já que os tempos resultantes para a execução de algumas delas são considerados pequenos, o que torna a ação ineficiente.

Outras desvantagens das técnicas de programação em redes são apontadas por Bernardes (2001), citando vários autores. São elas:

- (a) Necessidade da presença de especialistas para gerar ou alterar o plano da obra, mesmo com o uso de pacotes computacionais;
- (b) Dificuldade de aplicação da técnica pela variabilidade das durações e falta de precisão na estimativa de atividades e recursos;
- (c) Dificuldade de se assegurar a continuidade das operações no canteiro, visto que a técnica focaliza mais restrições tecnológicas, do que, propriamente, restrições de recursos;
- (d) Incompatibilidade com o processo construtivo, visto que a técnica é aplicável a processos que envolvam montagem de componentes, exigindo, portanto, um sequenciamento bem detalhado das operações envolvidas, o

que, em geral, não acontece durante determinadas fases da construção, nas quais o sequenciamento de atividades não é rígido;

(e) Dificuldade dos profissionais encarregados do gerenciamento da construção de entender a complexidade das redes;

(f) Dificuldade de se explicitar atividades de fluxo. (BIRREL, 1980; HEINECK, 1984; KOSKELA, 1992; LAUFER E TUCKER, 1987 apud BERNARDES, 2001, p. 23)

### 5.3 Linha de Balanço (LDB)

#### 5.3.1 Definição

Tendo em mente a recente necessidade de mudança de visão quanto ao processo produtivo, foram desenvolvidas diversas ferramentas que auxiliam as empresas na adequação de sua programação à nova filosofia da *Lean Construction*. A Linha de Balanço é uma destas ferramentas, que, como a Construção Enxuta, tem seu embasamento na diminuição e, se possível, eliminação das atividades que não agregam valor ao produto final, ou seja, as atividades de fluxo.

A Linha de Balanço é utilizada para planejamento de obras consideradas lineares, ou seja, aqueles que envolvem muitas tarefas repetitivas. Neste caso se enquadram os edifícios de múltiplos pavimentos, conjuntos habitacionais, túneis, estradas, obras de redes de água ou esgoto, entre outros (SCHMITT, 1992 apud PRADO, 2002).

A técnica de programação da Linha de Balanço (LDB) teve sua origem nos anos de 1940, na linha de produção da empresa Goodyear. Posteriormente, nos anos de 1950, a técnica foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos para o controle e programação de projetos. Aplicada primordialmente à indústria manufatureira, seu objetivo era avaliar o fluxo de produtos finais uma linha de produção. (SAKER, 2010).

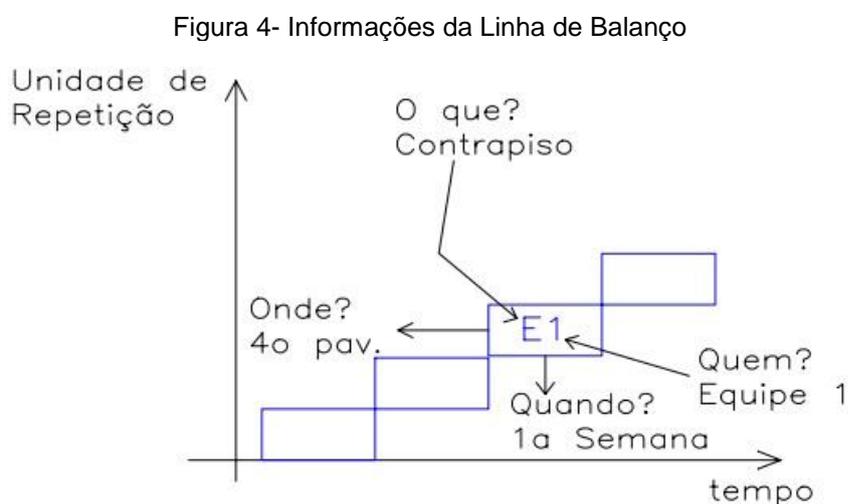
De acordo com Mendes Jr. (1999), esta técnica é derivada do gráfico de barras (Gantt), onde ao invés de colocarmos as atividades ou fases da obra no eixo vertical, colocamos, por exemplo, os pavimentos. Assim cada barra continua representando uma atividade, ou fase da obra, porém deixa de ser horizontal para se ter uma inclinação, que representará o ritmo com que avança pelos pavimentos.

Mendes Jr. (1999) ainda ressalta que seu uso permite a simular diversas alternativas de estratégia de ataque à obra, além de ritmos de produção dos

diversos serviços. O objetivo principal destas simulações deve ser o atendimento ao prazo da obra ou ao cronograma financeiro previamente estabelecido.

Alves et al. (1996, apud PRADO, 2002), ainda atestam que a Linha de Balanço é uma ferramenta poderosa na programação de obras, capaz de fornecer um relatório visual fundamental para o gerenciamento de empreendimentos. O gráfico mostra quem (recursos alocados) faz o que (atividade), quando (duração, início e término) e onde (pavimento).

A Figura 4 ilustra onde encontrar as informações associadas à Linha de Balanço.



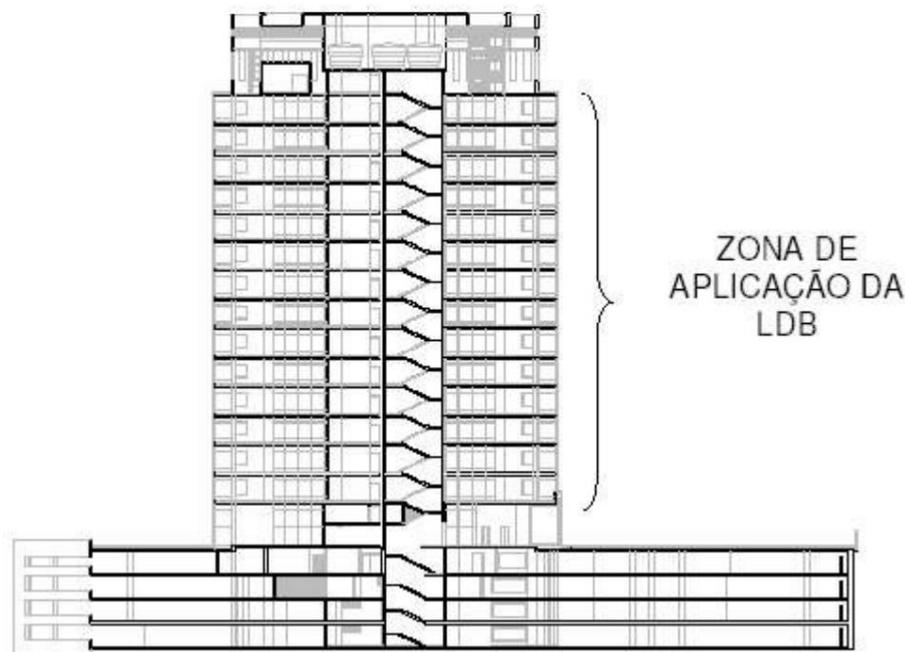
Fonte: MENDES JR (1999, apud PRADO, 2002)

### 5.3.2 Aplicação da técnica

Como já mencionado anteriormente, a aplicação da Linha de Balanço tende a alcançar maior êxito quando direcionada a atividades repetitivas. Esta ferramenta é usada na programação de longo prazo, ou seja, no início do planejamento do empreendimento. O primeiro passo para iniciar sua aplicação, no entanto, é determinar qual será a unidade base a ser repetida, para que se possa realizar o planejamento. No caso de obras de construção civil de múltiplos andares, é comum adotar-se a execução de pavimentos tipo como a unidade base de aplicação da Linha de Balanço, já que a utilização de unidades menores pode resultar num planejamento excessivamente detalhado e confuso. Áreas como cobertura, subsolos e áreas externas da edificação não são locais de melhor aplicação da LDB, sendo

necessária aplicação de outras técnicas de programação de suporte. A Figura 5 ilustra a zona mais comum de aplicação da LDB.

Figura 5- Zona de aplicação da Linha de Balanço.



Fonte: SOLANO (2004, apud GIARETTA, 2006).

Segundo Mendes Jr. (1999), os passos para a aplicação da linha de balanço estão diretamente relacionados com a tomada de decisões táticas ou operacionais que originam os principais fatores intervenientes na programação da construção.

Mendes Jr. e Heineck (1997) sugerem a seguinte sequência de passos na aplicação da técnica de Linha de Balanço:

1. Definir as atividades a serem programadas e suas precedências;
2. Obter as quantidades de serviços a executar;
3. Definir o tamanho das equipes, a produtividade esperada e as durações das atividades no pavimento tipo;
4. Definir o prazo da obra e datas (marcos) importantes;
5. Programar as atividades, considerando uma equipe por atividade;
6. Modificar a programação para atender aos objetivos. Esta etapa pode ser realizada em conjunto com a 5. (MENDES JR.; HEINECK, 1997, p. 2)

Em linhas gerais, ao se definir a unidade básica de aplicação da LDB, deve-se determinar então as atividades envolvidas na execução desta unidade, bem como as relações de dependências entre elas. A seguir devem-se levar em conta os quantitativos de serviços a serem realizados no empreendimento e as mais variadas

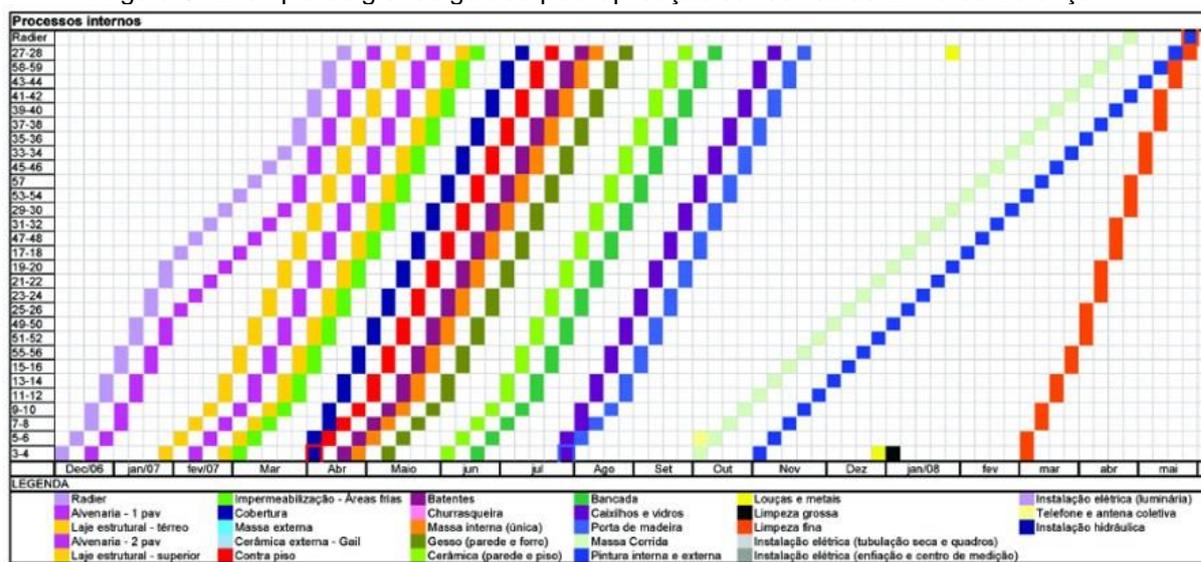
possibilidades de agregação de atividades. A seguir, definem-se a produção de uma equipe e durações de execução de cada atividade, desenvolvendo-se um caminho crítico e, por intermédio dele, o tempo total de execução da unidade básica. Para definir este caminho crítico, no entanto, técnicas de suporte são necessárias, como o uso do CPM.

De posse do prazo estipulado para a obra, aloca-se determinado número de equipes para realização de cada atividade, ajustando-se o número de conjuntos de profissionais de acordo com o ritmo esperado para cada atividade, a fim de que se atinja o prazo esperado.

Por fim, é gerado então um gráfico, contendo as retas que representam o desenvolvimento das atividades ao longo do tempo e espaço da obra.

A Figura 6 ilustra um exemplo de gráfico gerado pela aplicação da técnica Linha de Balanço.

Figura 6- Exemplo de gráfico gerado pela aplicação da técnica de Linha de Balanço



Fonte: Google Imagens

Mendes Jr. e Heineck (1997) ainda relatam que o roteiro proposto pode ser aplicado de três maneiras distintas: A primeira delas seria programando todas as atividades sequencialmente, com o objetivo de simplificar a programação, tendo características: máximo em torno de 40 atividades (agrupadas), rede de precedências quase linear, isto é, a maioria das atividades é programada no mesmo pavimento sequencialmente, balanceamento realizado sucessivamente para todas

as atividades, atividades nas fachadas do edifício serão programadas separadamente, respeitando as datas de suas precedentes já programadas.

A segunda maneira de aplicar o roteiro seria elaborando uma rede de precedências mais complexa para as atividades no pavimento tipo, tendo as seguintes características: a rede de precedências pode ser mais detalhada (até 120 atividades), a rede do pavimento tipo deve ser calculada pelo método do caminho crítico (CPM), atividades que tem folga (fora do caminho crítico) serão programadas consumindo a folga, o balanceamento será realizado sucessivamente para todas as atividades, as atividades nas fachadas do edifício serão programadas separadamente, respeitando as datas de suas precedentes já programadas.

. Mendes Jr. e Heineck (1997) ainda sugerem uma simplificação para esta metodologia: Programar primeiramente as atividades do caminho crítico. Neste caso, as atividades fora do caminho crítico terão que respeitar as datas já programadas.

A terceira e última metodologia proposta por Mendes Jr. e Heineck (1997) consiste em: Agrupar as atividades em fases construtivas, com o objetivo de facilitar a simulação de diversas situações entre as fases subseqüentes, tendo as seguintes características: Definir de 3 a 10 fases construtivas, agrupar as atividades em fases de acordo com o momento de execução na obra, o balanceamento será realizado duas vezes: 1) entre as fases construtivas; 2) entre as atividades que compõem cada fase construtiva, se necessário modificar a programação das atividades em alguma fase, até se chegar ao ponto desejado (prazo ou desembolso financeiro).

Para que o roteiro utilizando a metodologia escolhida seja aplicado de maneira bem sucedida, deve-se levar em conta o cálculo de algumas variáveis listadas por Prado (2002):

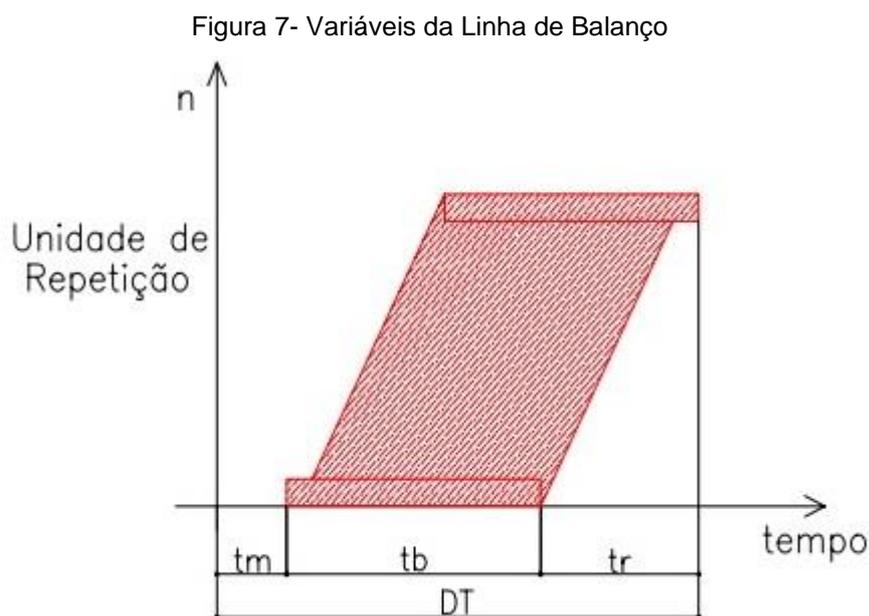
- a) Unidade de repetição: a determinação da unidade de repetição é uma decisão estratégica que depende de vários fatores tais como: tipo de obra; tipo de tecnologia a ser empregada; disponibilidade de mão-de-obra e equipamentos e possibilidade de agregar atividades afins. O número total de repetição é representado pela letra (n).
- b) Duração Total (DT): a duração total do empreendimento pode ser uma imposição política, comercial ou técnica.
- c) Tempo de mobilização (tm): é o tempo necessário para executar os serviços preliminares não repetitivos, tais como: fundações, pilotis e térreo.
- d) Tempo de base (tb): é o tempo necessário para a execução de uma unidade de repetição.
- e) Tempo de ritmo (tr): é o tempo necessário para a execução de todas as unidades de repetição (menos a primeira).

f) Ritmo (R): é a taxa de produção ou razão de execução definido em número de unidade por tempo ou tempo necessário para cada unidade de repetição.

g) Tempo para imprevistos (k): numa obra real é necessário considerar tempos para absorção de atrasos como, por exemplo: chuvas, baixa produtividade e esperas por materiais. Esses tempos podem ser considerados diretamente no tempo de base ou acrescentados na duração total. (PRADO, 2002, p. 47)

Prado (2002), citando vários autores, ainda ressalta que, para uma aplicação ideal da Linha de Balanço, é preciso reduzir ao máximo o tempo de espera entre as atividades a serem realizadas, maximizando os efeitos benéficos da continuidade (redução de custos e efeito aprendizagem).

Heineck (1996, apud PRADO, 2002) mostra, através da Figura 7, que a Duração Total da obra (DT) pode ser dada pela soma do Tempo de Mobilização (Tm), Tempo de Base (Tb) e Tempo de Ritmo (Tr).



Fonte: HEINECK (1996, apud PRADO, 2002)

Mendes Jr e Heineck (1997) propõem o cálculo da duração de cada atividade da unidade base escolhida ( $Du$ ) através da Equação 1, mostrada a seguir.

$$Du = \frac{Qu \cdot Pr}{E \cdot J} \quad (1)$$

onde,  $Du$  - Duração da atividade na unidade base, em dias;

$Qu$  - Quantidade de serviço na unidade base;

Pr - Produtividade em hh/unidade de produção da atividade;

E - Tamanho da equipe, em número de operários;

J - jornada de trabalho. Recomenda-se 8,8 horas por dia.

Para realizar este cálculo, pode-se então fixar o tamanho da equipe (E) com base na disponibilidade de operários da empresa ou a duração da atividade na unidade base escolhida (Du), levando-se em consideração um tempo considerado razoável para a conclusão de determinada atividade.

A produtividade pode ser obtida através de, principalmente, três métodos: valores recomendados pela empresa onde será aplicada a técnica; média de valores obtidos através de pesquisas de campo, preferencialmente na região em que será aplicada a técnica; valores apresentados em tabelas como a TCPO (PINI). Neste caso deve haver preferência por um dos dois primeiros métodos, pois estes traduzem maior fidelidade no âmbito de aplicação da técnica de Linha de Balanço.

Ao iniciar-se uma obra, geralmente já está prevista a Duração Total da mesma (DT). Assim sendo, estima-se o tempo de mobilização (Tm), diminuindo seu valor da Duração Total e, por consequência, o tempo que resta será o tempo para a execução das unidades base escolhidas (por exemplo: pavimentos tipo), (Tp).

A seguir, determina-se o Ritmo (R). Mendes Jr. e Heineck (1997) definem ritmo como o número de unidades (pavimentos) (N) que se deve concluir num dado período (semana ou mês) para que o prazo final de conclusão seja atendido ou inversamente em unidades de tempo por unidade de produção (semanas por pavimento, por exemplo). O Ritmo está relacionado com o Tempo de Base (Tb) e o Tempo de Ritmo (Tr), (MENDES JR.; HEINECK, 1997), desta forma, como mostra a Equação 2:

$$R = \frac{Tr}{(N-1)} = \frac{DT-Tm-Tb}{(N-1)} \quad (2)$$

Mendes Jr. e Heineck (1997) ainda lembram que o objetivo da técnica LDB é balancear todas as atividades, isto é, se todas forem executadas com o mesmo ritmo será obtida uma programação paralela que não resultará em tempos desperdiçados entre uma atividade e outra ou entre na passagem de uma unidade para outra.

Ainda é possível obter o Ritmo desejado numa atividade ( $R_a$ ), para isto, Mendes Jr. e Heineck (1997) recomendam colocar um número de equipes ( $N_e$ ) igual à duração da atividade (em dias) na primeira unidade ( $D_u$ ) dividido pelo Ritmo (em dias por unidade), assim, como mostra a Equação 3:

$$N_e = \text{Inteiro} \left( \frac{D_u}{R} \right) \quad (3)$$

De acordo com as pesquisas realizadas por Mendes Jr. e Heineck (1997), em função da composição usual de equipes adotada na construção de edifícios, tem-se que o número de equipes calculado pela Equação 3 na maioria das vezes será menor que um, o que significa que a atividade deve ser programada com uma única equipe, implicando que o ritmo desta atividade será igual à duração da mesma no pavimento tipo, o que é conhecido como Ritmo Natural. Sendo assim, uma atividade terá, provavelmente, um Ritmo Natural diferente daquele de suas anteriores e posteriores, e, por consequência, atividades diversas serão executadas em todos os pavimentos e somente próximo do término da obra estas unidades serão concluídas, o que é o usual na construção civil no Brasil.

### 5.3.2.1 *Balanceamento de atividades*

O próximo passo na execução da programação de atividades em uma obra pelo uso da Linha de Balanço seria o balanceamento destas, ou seja, o ajuste de ritmos de cada uma delas de maneira a obedecer ao prazo de entrega do empreendimento, tomando cuidado para não haverem conflitos entre início e término das diversas operações.

Pelo que foi citado anteriormente, é possível concluir que a maioria das atividades em uma obra de um edifício de múltiplos pavimentos poderá ser realizada com a alocação de apenas uma equipe. Assim sendo, é possível obter a duração de cada atividade realizada em todas as unidades base mediante a Equação 4.

$$D_a = D_u \cdot N \quad (4)$$

onde,  $D_a$  – Duração total da atividade analisada;

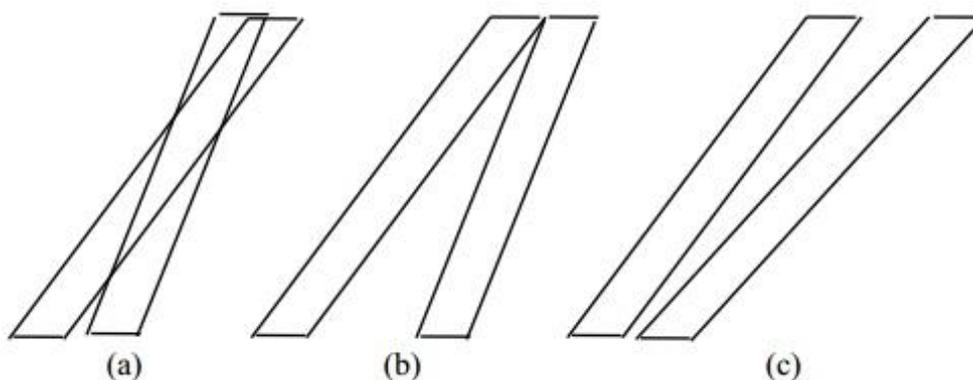
$D_u$  – Duração da atividade em uma unidade base;

N – Número total de unidades base.

Então, para determinar a duração total de construção das unidades base, portanto, devem-se somar os Da de todas as atividades listadas na execução de uma unidade base.

Contudo, no caso de surgimento de conflitos entre as atividades, como mostrado na Figura 8 (a), Mendes Jr. e Heineck (1997) sugerem que o início da atividade subsequente seja atrasado (b) ou que seu ritmo seja intensificado mediante alocação de mais equipes, evitando interferência (c).

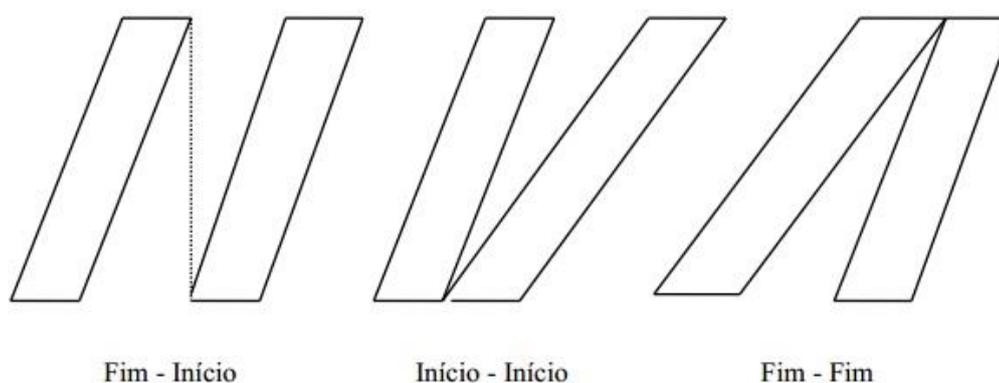
Figura 8- Conflitos entre atividades.



Fonte: MENDES JR e HEINECK. (1997)

Também deve ser levada em conta, durante o balanceamento das atividades, a relação de interdependência entre atividades precedentes e subsequentes, como mostra a Figura 9, sejam do tipo: Início-Início – atividades que podem ser iniciadas ao mesmo tempo; Fim-Início – a atividade subsequente só pode ser iniciada após o término da anterior; Fim-Fim – as atividades devem ser finalizadas ao mesmo tempo.

Figura 9- Tipos de precedências entre atividades



Fonte: MENDES JR. e HEINECK (1997)

### **5.3.3 Vantagens e desvantagens**

A LDB, assim como outras técnicas de programação, apresenta vantagens e desvantagens em sua aplicação. Entre algumas das vantagens destacadas por Mendes Jr. e Heineck (1997), Mendes Jr. (1999) e Prado (2002) em seus trabalhos, podem ser citadas a facilidade de visualização e compreensão dos gráficos produzidos pela técnica tanto pelos integrantes da administração da obra e da empresa, como também pelos trabalhadores do canteiro, agilizando assim a troca de informações e o senso de quantidade e ritmo do trabalho a ser realizado, bem como, na ocorrência de atrasos na produção, a possibilidade de observar facilmente os pontos onde há ritmos incoerentes com a realidade da obra ou equipes de produção mal distribuídas, havendo ainda a possibilidade da realização de retroalimentação constante entre as atividades diárias do canteiro e o que foi planejado.

Mendes Jr. (1999) ainda aponta que, a partir da LDB é possível obter, a qualquer instante:

1. As atividades ou processos que estão abaixo do desejado e requerem ritmos mais acelerados para satisfazer as quantidades de produção planejadas;
  2. As atividades ou processos que estão adiantados e que podem resultar em recursos operacionais além do necessário;
  3. Uma previsão das unidades concluídas por atividade, grupo de trabalho, ou processo para apoiar a programação de entrega ou conclusão da obra;
  4. Desvios de entrega de materiais que possam influir na produção; e
  5. Materiais que estão sendo entregues em excesso e que podem causar manuseio adicional ou requerer mais espaço para estocar.
- (MENDES JR., 1999)

Losso e Araújo (1995) ainda destacam como vantagens da aplicação da Linha de Balanço a especialização da mão-de-obra, através de efeito aprendizagem, proporcionada pela repetitividade e a fixação de metas bem definidas, proporcionando uma maior motivação na mão-de-obra.

Acerca das desvantagens desta ferramenta, Losso e Araújo (1995) mencionam a necessidade de se elaborar uma programação à parte para serviços não repetitivos, a necessidade de um projeto integrado à forma de execução, além da dificuldade de se considerar o grande número de variáveis influentes no processo construtivo. Já Prado (2002) aponta mais uma inconveniência à utilização desta

técnica: a inadequação dos programas de orçamento e controle de obras com a realidade dos canteiros, e com a metodologia da Linha de Balanço.

Além disto, Ichihara (1997) alerta para a preocupação demasiada com o ritmo de produção em detrimento da sanidade do trabalhador, pois, ao não levarem-se em consideração os tempos de recuperação do trabalhador, falha-se em proteger a vida mental do mesmo. Dejours (1980, apud ICHIHARA, 1997) cita ainda:

A imposição de ritmos de trabalho cria ansiedade no trabalhador, motivada mais pela busca da produtividade, dos prêmios, das bonificações e das cotas de produção a serem cumpridas, que pelas próprias condições físico-químicas do trabalho. Mesmo quando o trabalhador adquire habilidade por aprendizado, o resultado é inúmeras vezes afrontado por eventuais aumentos de cadência impostos, por mudanças súbitas de postos de trabalho (para compensar a ausência de um outro trabalhador), ou pela mudança de empreendimento. (DEJOURS, 1980, apud ICHIHARA, 1997, p. 3)

## **6 ESTUDO DE CASO**

### **6.1 Caracterização da empresa**

A empresa escolhida é uma construtora e incorporadora com sede em João Pessoa, na Paraíba, que atua na construção de edifícios multifamiliares residenciais e de caráter misto, além de condomínios residenciais. Seu público alvo normalmente é pertencente às classes média e alta.

A empresa tem 25 anos de mercado e mais de 1.300 imóveis construídos, entre prédios de apartamentos, salas comerciais e lotes em condomínios horizontais na Paraíba e Rio Grande do Norte. É consolidada no mercado por consequência da seriedade de sua administração, objetivando a satisfação de seus clientes, agilidade no cumprimento dos prazos, bem como a qualidade das obras através do selo ISO 9001.

A empresa conta com mais de 500 funcionários em seu quadro, caracterizando-a como uma empresa de grande porte, de acordo com a classificação do SEBRAE. Atualmente possui seis obras em andamento na cidade de João Pessoa e uma na cidade de Natal, todas elas do tipo edificações residenciais multifamiliares.

Como principal ferramenta na programação de obras a empresa utiliza o Gráfico de Gantt, desenvolvido através do *software MS-Project* em reuniões com os integrantes da gerência de planejamento e supervisão de obras.

A escolha desta empresa específica deu-se, primeiramente, por conhecimento prévio por parte da pesquisadora acerca dos métodos construtivos, distribuição de mão-de-obra e controles realizados pela empresa. Como a ferramenta Linha de Balanço trata de atividades repetitivas, foi primordial a escolha de uma empresa que trabalhasse com edifícios de múltiplos pavimentos, para que a técnica de programação fosse bem utilizada e melhor visualizada.

### **6.2 Caracterização do empreendimento**

A edificação estudada tem caráter residencial e comercial, e está localizada no bairro Jardim Luna, na cidade João Pessoa, Paraíba. A obra encontra-se na fase

de acabamento na presente data, tendo sido iniciada no ano de 2011, pela empresa estudada.

A Figura 10 ilustra a fachada esperada do empreendimento.

Figura 10- Fachada esperada do empreendimento



Fonte: Website da construtora em estudo

O terreno destinado à obra possui uma área de 3040,49m<sup>2</sup>, com perfil topográfico regularizado e poucos desníveis.

O condomínio de apartamentos, de padrão médio-alto, é composto de dois blocos conjugados contendo subsolo, pilotis, mezanino, 24 pavimentos tipo e coberta, totalizando 144 apartamentos residenciais e uma área comercial composta por 11 lojas com lavabo, assim distribuídos:

- Pavimento Subsolo: constituído de 113 vagas de garagem cobertas para veículos de médio porte, rampa de acesso, escadas, elevadores, reservatório inferior de água, casa de bombas, bicicletários;
- Pavimento Térreo: constituído de 56 vagas de garagem cobertas para veículos de médio porte, rampas de acesso, escadas, elevadores, circulação de veículos, sala de estar, halls, guarita, WC masculino e feminino, casa de lixo e casa de gás. Área comercial composta por 11 lojas com lavabo e 24 vagas descobertas;

- Pilotis: possui 71 vagas de garagem cobertas para veículos de médio porte, rampa de acesso, circulação de veículos, escadas, elevadores, circulação, gerador de energia, casa de medidores;
- Mezanino: composto por sala de estar, salão de festas, terraço, fitness center, copa/bar, cozinha, home cinema, salão de jogos, brinquedoteca, WCs masculinos e femininos, terraço coberto, sauna, escada, elevadores, mini quadra, playground, piscina de natação, piscina infantil, deck molhado, jardim suspenso, jardineira, deck e terraço descoberto;
- Pavimentos Tipo: 24 no total, cada um com hall, 4 elevadores sociais e 2 de serviços, escadas, antecâmaras, shafts técnicos para instalações prediais e 6 unidades residenciais autônomas;
- Coberta: composto por casas de máquinas, reservatórios superiores de água, telhados e lajes impermeabilizadas.

Sobre as unidades residenciais autônomas:

- As unidades de números finais 1 e 4 possuem duas vagas cobertas de garagem cada e os seguintes ambientes: varanda, sala de estar/jantar, dois quartos, uma suíte, WC social, copa/cozinha, área de serviço e suíte reversível. Possui área privativa de 85,31m<sup>2</sup>;
- As unidades de números finais 2 e 3 possuem duas vagas cobertas de garagem cada, área privativa de 86,18m<sup>2</sup> e os seguintes ambientes: varanda, sala de estar/jantar, dois quartos, uma suíte, WC social, copa/cozinha, área de serviço e suíte reversível. As áreas são dispostas da seguinte forma:
- As unidades de números finais 5 e 6 possuem uma vaga coberta de garagem cada, área privativa de 71,83m<sup>2</sup> e os seguintes ambientes: varanda, sala de estar/jantar, um quarto, uma suíte, WC social, copa/cozinha, área de serviço e quarto reversível. As áreas são dispostas da seguinte forma:

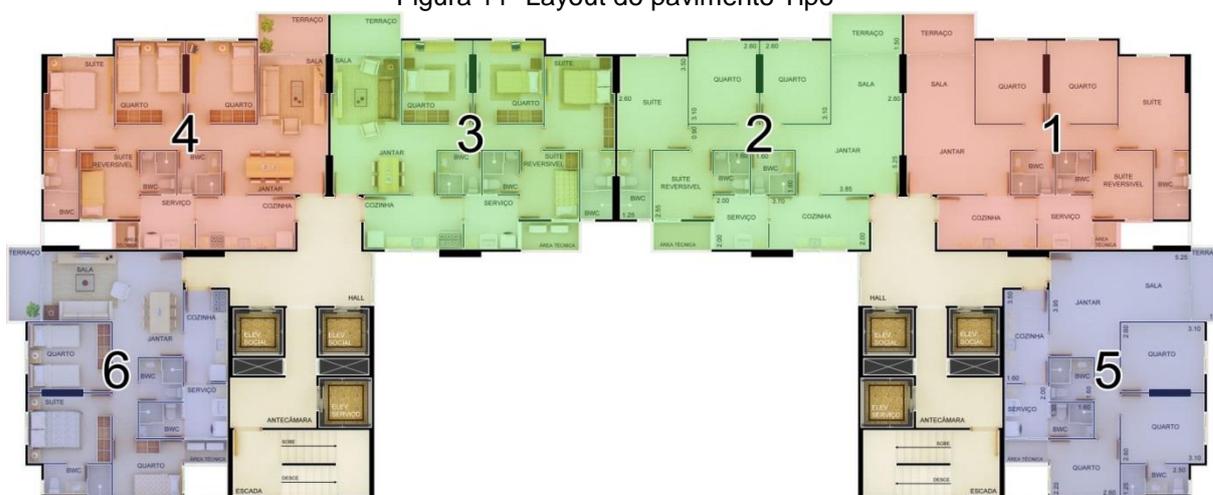
A seguir, a Tabela 1 fornece as áreas de todos os pavimentos do empreendimento e a Figura 11 ilustra o pavimento tipo com diferenciação dos tipos de apartamentos.

Tabela 1- Quadro de áreas do empreendimento

QUADRO DE ÁREAS	
PAVIMENTOS	ÁREAS (m <sup>2</sup> )
Subsolo	2485,98
Térreo	2892,20
Pilotis	2230,17
Mezanino	1958,17
Tipo privativo	489,24
Coberta	607,50

Fonte: Acervo próprio

Figura 11- Layout do pavimento Tipo



Fonte: Website da construtora em estudo (modificada)

A obra em análise teve sua data de entrega adiada três vezes por motivos diversos, dentre os quais podem ser citados: falta de mão-de-obra e problemas executivos. Estas dificuldades no cumprimento dos prazos estipulados foram determinantes para a escolha desta obra como objeto de estudo para a pesquisa realizada.

### 6.3 Aplicação da ferramenta Linha de Balanço

Baseando-se nas diretrizes recolhidas através de pesquisas bibliográficas bem como na programação original da obra estudada e nas práticas usuais da empresa, foi desenvolvida uma nova programação teórica para a execução da unidade base do empreendimento, utilizando a ferramenta Linha de Balanço.

A unidade base escolhida para aplicar a Linha de Balanço foi o pavimento tipo, sendo esta uma unidade usual utilizada por projetistas na aplicação desta técnica.

Para o desenvolvimento da técnica, escolheu-se trabalhar segundo uma das maneiras propostas por Mendes Jr. e Heineck (1997) na qual a rede do pavimento tipo deve ser calculada pelo método do caminho crítico (CPM) e as atividades nas fachadas do edifício serão programadas separadamente, respeitando as datas de suas precedentes já programadas.

Foi utilizado o *software* Excel para a reunião dos dados e a montagem das Linhas de Balanço.

### 6.3.1 Definição de atividades e quantitativos

Definiram-se as atividades a serem realizadas em cada pavimento tipo, baseado nas práticas usuais da empresa em estudo e no que está discriminado no cronograma de atividades da obra alvo do estudo de caso.

Os quantitativos foram recolhidos de acordo com planilhas disponibilizadas pela própria empresa, assim como projetos pertinentes, organizando-se os valores para cada pavimento tipo.

As informações sobre atividades, interdependências e quantitativos por pavimento encontram-se listadas na Tabela 2.

Tabela 2- Atividades realizadas no Pavimento Tipo

Atividade	Precedência	Quantitativos	Un.
Superestrutura	-----	189,7	m <sup>3</sup>
Alvenaria e Contrapiso	Superestrutura	1682,44	m <sup>2</sup>
Instalações Hidrossanitárias	Rede de gás	66	pto
Rede de incêndio	Rede de gás	44	un.
Instalações Elétricas	Instalações Hidrossanitárias e Rede de Incêndio	504	pto
Rede de gás	Alvenaria e Contrapiso	12	pto
Revestimentos e Acabamentos internos	Alvenaria e Contrapiso e Instalações	1843,94	m <sup>2</sup>
Revestimentos externos	Alvenaria e Contrapiso	12032,04	m <sup>2</sup>
Limpeza	Toda a obra	722,43	m <sup>2</sup>

Fonte: Acervo próprio

A definição do sequenciamento de atividades no pavimento tipo, com a definição do caminho crítico, ou seja, a sequência de atividades que determina o tempo de execução baseou-se na sequência já utilizada no planejamento existente, como mostra a Figura 12.

Figura 12- Diagrama de precedência para a execução do Pavimento Tipo



Fonte: Acervo próprio

### 6.3.2 Duração das atividades e dimensionamento das equipes

Para definição da duração de cada atividade a ser realizada em um pavimento tipo, levou-se em consideração o planejamento previamente realizado pela empresa em estudo, utilizando-se de conhecimento prévio da metodologia construtiva da mesma por parte da pesquisadora, para que fossem obtidos os valores necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

A determinação das equipes destinadas à realização dos serviços no pavimento tipo foi feita através de observações no canteiro de obras, bem como experiência da pesquisadora com o método construtivo da empresa, visto que estas informações não foram divulgadas pela construtora. Estas informações encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3- Duração de atividades realizadas no Pavimento Tipo com respectivas equipes

Atividade	Duração pavimento (dias)	Equipe
Superestrutura	14	3C+3A+1P+5S
Alvenaria e Contrapiso	15	3P+2S
Instalações Hidrossanitárias	9	1En
Rede de incêndio	3	1T
Instalações Elétricas	4	2T
Rede de gás	2	1T
Revest. e Acabamentos Internos	17	4P+2Pi+4S
Revestimentos externos	14	3P+2S
Limpeza	8	4S

Legenda: C – Carpinteiro; A – Armador; P – Pedreiro; S – Servente; En – Encanador; T – Trabalhador Terceirizado

Fonte: Acervo próprio

O valor usado de duração total da obra menos o tempo de mobilização e tempo para imprevistos foi de 1656 dias e o tempo de base se deu pela soma das durações das atividades críticas.

A empresa realiza controle da produtividade de seus operários, no entanto estes valores não foram divulgados para a realização da pesquisa, portanto, para definir esta grandeza, utilizou-se uma variante da Equação 1 (p. 37), sugerida por Prado (2002) para casos em que se dispõe apenas das durações das atividades, equipes, carga horária e quantidade de serviço, como mostra a Equação 5.

$$Produtividade = \frac{n^{\circ} \text{ de trabalhadores} \times \text{duração da atividade} \times \text{carga horária}}{\text{quantidade de serviço}} \quad (5)$$

Para definir a quantidade de equipes a serem destinadas a cada atividade, mostradas na Tabela 4, utilizou-se primeiramente a Equação 2 (p. 37) para definir o ritmo de execução do pavimento tipo, e, posteriormente, fez-se uso da Equação 3 (p. 38), arredondando-se o valor obtido para o próximo número inteiro.

Tabela 4- Definição de número de equipes para a realização das atividades

Atividade	Número de equipes (calculado)	Número de equipes (adotado)
Superestrutura	0,20	1
Alvenaria e Contrapiso	0,22	1
Instalações Hidrossanitárias	0,13	1
Rede de incêndio	0,04	1
Instalações Elétricas	0,06	1
Rede de gás	0,03	1
Revestimentos e Acabamentos internos	0,25	1
Revestimentos externos	0,20	1
Limpeza	0,12	1

Fonte: Acervo próprio

Observou-se que todos os números de equipes calculados foram menores que 1, implicando dizer que todas as atividades devem ser programadas com uma

só equipe, como, previamente observado por Mendes Jr. e Heineck (1997), é o que comumente ocorre na construção civil no Brasil.

### **6.3.3 Montagem das Linhas de Balanço**

De posse de dados como o sequenciamento das atividades, período destinado a cada atividade bem como dimensionamento prévio de mão-de-obra é possível então elaborar um estudos dos fluxos de trabalho no pavimento tipo por meio da Linha de Balanço.

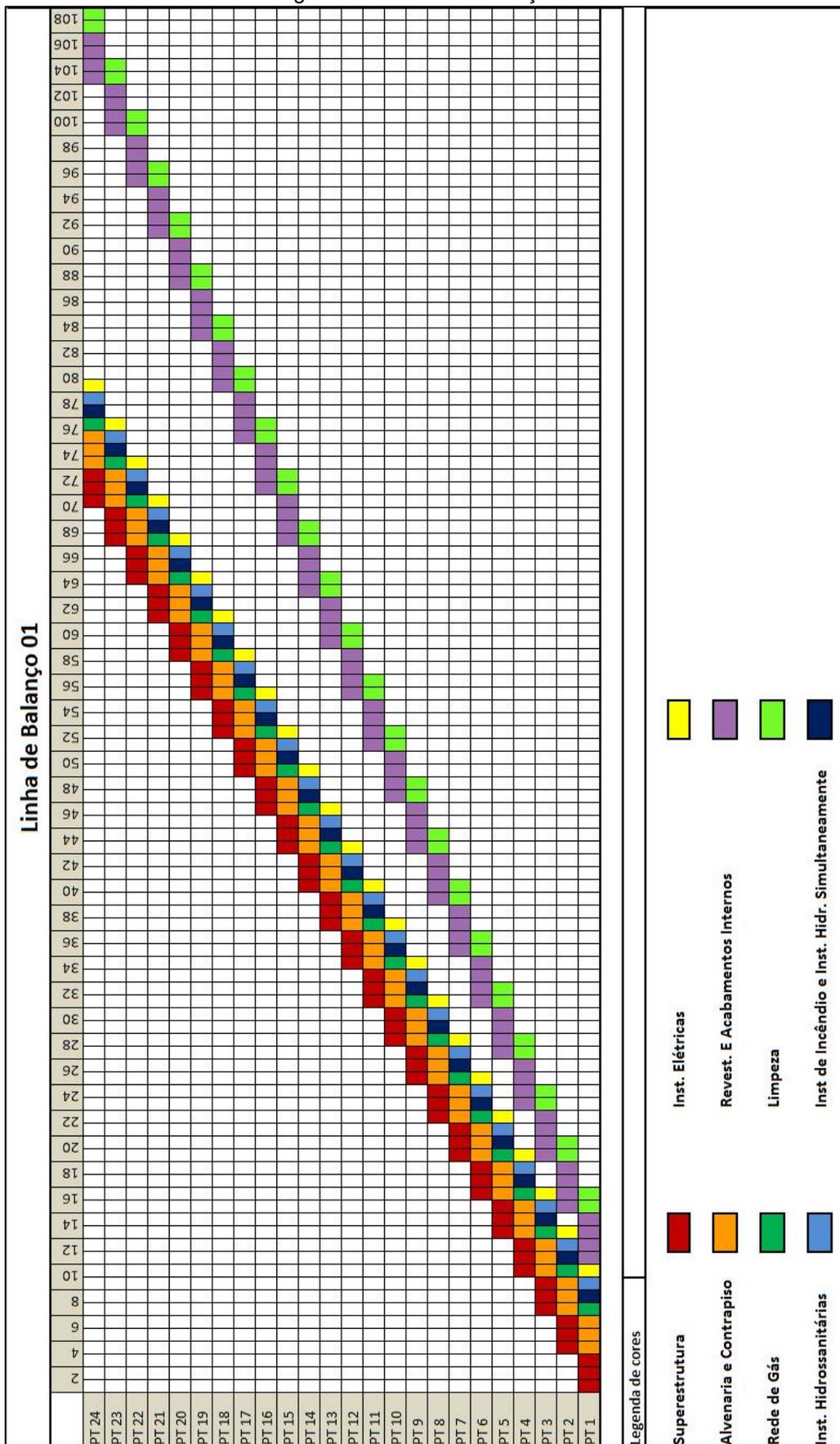
Foram desenvolvidas três Linhas de Balanço para o planejamento da obra em estudo. A primeira delas foi realizada com base nas diretrizes usuais da empresa, utilizando o planejamento disponibilizado pela mesma e seus números de equipes habituais, como mostra a Figura 13.

A segunda Linha de Balanço, por sua vez, foi desenvolvida de acordo com as bibliografias pertinentes, de modo a visar o menor tempo entre as atividades, balanceando as atividades quando necessário, adicionando equipes, o que foi o caso da atividade de Revestimentos e Acabamentos Internos, como mostra a Figura 14.

A terceira e última Linha de Balanço desenvolvida destina-se às atividades que ocorrem nos níveis dos Pavimentos Tipo, no entanto exteriores ao mesmo, não interferindo junto às atividades internas e deve ser aplicada juntamente à primeira ou segunda LDB. Houve necessidade do desenvolvimento desta Linha de Balanço para evitar poluir visualmente as duas primeiras.

As atividades presentes nas Linhas de Balanço desenvolvidas foram alocadas de maneira a se realizarem em números de semana exatos, sendo arredondados para o valor seguinte, a fim de que a programação pudesse se apresentar de maneira mais limpa visualmente, e ainda, na maioria dos casos, proporcionar uma folga na realização destes serviços por consequência. Considerou-se como semana o conjunto de cinco dias úteis (segunda-feira à sexta-feira).

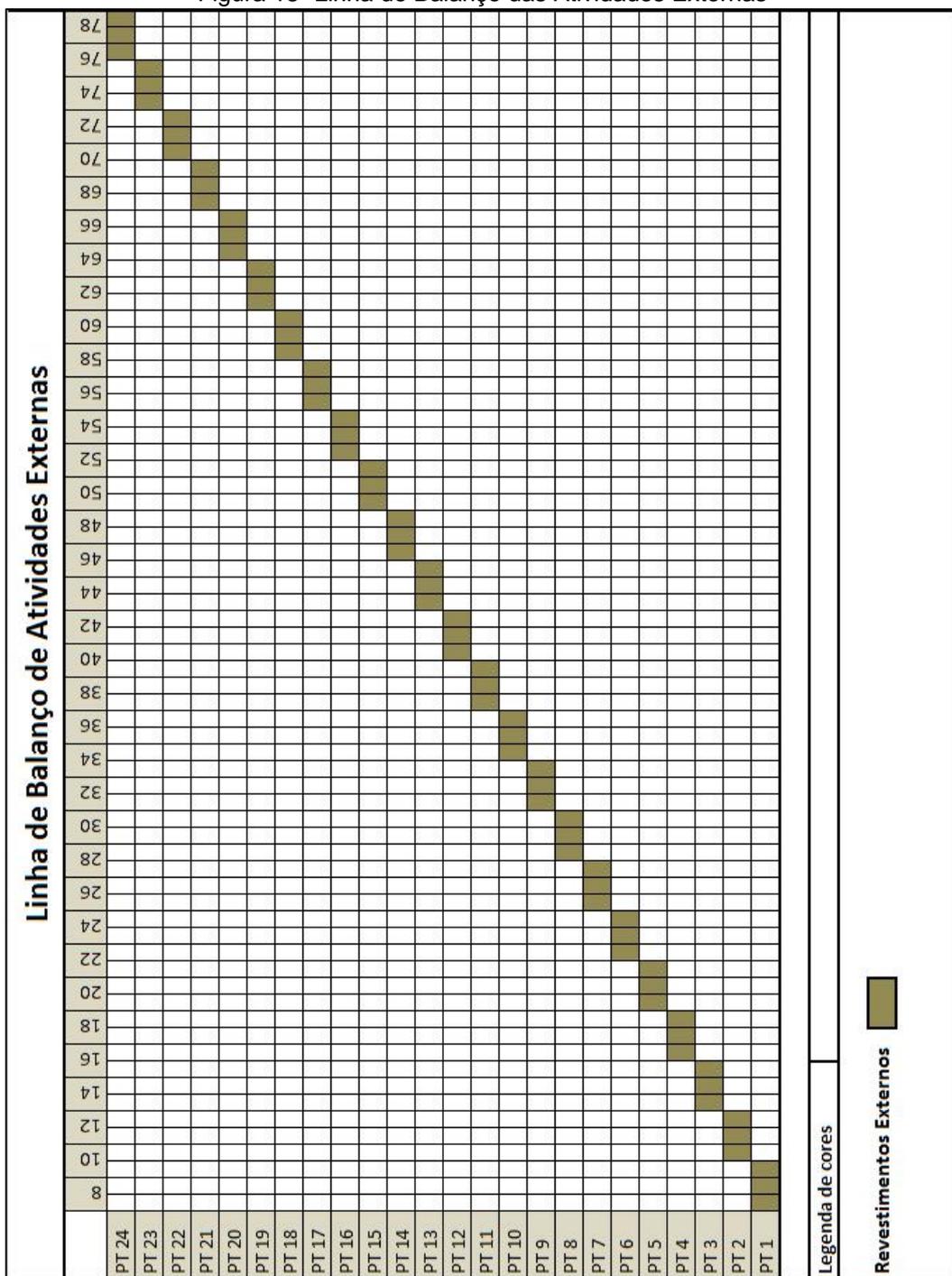
Figura 13- Linha de Balanço 01



Fonte: Acervo Próprio



Figura 15- Linha de Balanço das Atividades Externas



Fonte: Acervo Próprio

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Análise do método de gerenciamento de obras da empresa

Foi aplicado questionário qualitativo ao responsável pela gerência da obra estudada, a fim de que se pudessem obter informações quanto aos métodos de coordenação do planejamento realizado pela empresa. Aliado ao questionário, também foram feitas observações pela pesquisadora na obra estudada e em outras obras da mesma empresa, de maneira a obter melhor avaliação do gerenciamento de obras da mesma. A Tabela 5 reúne as informações supracitadas.

Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 1/4)

ANÁLISE DE RESPOSTAS OBTIDAS NO QUESTIONÁRIO APLICADO			
QUESTÕES	RESPOSTA OBTIDA	COMENTÁRIOS	
1	Há controle de produção através de índice de produção das atividades? (Ex: m <sup>2</sup> de alvenaria/h/equipe)	SIM	Apesar da resposta obtida, foi observado que esta prática não é levada para todas as obras da empresa, desta maneira, o controle de produção se torna falho, já que não são levados em conta todos os trabalhadores da empresa.
2	O ritmo das equipes é considerado na programação?	SIM	Não havendo controle corretamente realizado pela empresa, há a possibilidade de se considerarem ritmos não condizentes com a realidade dos trabalhadores.
3	Existe mapeamento de processos com estudo de interferências entre as atividades a serem realizadas?	SIM	Em observação ao planejamento de atividades da empresa, muitas das atividades poderiam ser realizadas concomitantemente, o que não ocorre.
4	Há processos de padronização dos serviços?	SIM	Existem documentos de processos de execução de serviços descrevendo as atividades realizadas na empresa, contendo informações sobre equipamentos e materiais, condições para início do serviço e o método de execução. Todos os trabalhadores têm acesso a estes documentos.

Fonte: Acervo próprio

Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 2/4)

<b>ANÁLISE DE RESPOSTAS OBTIDAS NO QUESTIONÁRIO APLICADO</b>			
<b>QUESTÕES</b>	<b>RESPOSTA OBTIDA</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>	
5	Há processos de padronização de conferência e recebimento de material, controlando a qualidade dos insumos recebidos?	SIM	Não foi possível acesso a documentos que descrevam as atividades de conferência e recebimento de material mas os trabalhadores destinados a estes serviços possuem
6	Existe sistema de gestão de qualidade que permita inspecionar os serviços?	SIM	A equipe administrativa de cada obra composta por engenheiro, estagiários e técnico de segurança tem, em suas atribuições, a obrigação de inspecionar os serviços e registrar em Fichas de Verificação de Serviços possíveis falhas de execução bem como soluções para as mesmas.
7	Há treinamento de modo a haver instrução na execução de novas atividades?	SIM	Todo novo contratado passa por um período de experiência trabalhando sob as orientações de um trabalhador qualificado e pertencente à empresa há mais tempo. Passado este período, o trabalhador passa por exames e passa a ser qualificado como uma função um nível acima daquela ocupada anteriormente.
8	Há preocupação na solução de desperdício de tempo por movimentação e espera?	SIM	Foi observado que isso depende mais dos interesses da gerência da obra do que da empresa em si. Não foi observada preocupação com relação a melhoria contínua das atividades.
9	Consegue realização de atividades em paralelo?	SIM	Foi observado que, no planejamento da obra estudada, são poucas as atividades a serem realizadas paralelamente num mesmo pavimento.

Fonte: Acervo próprio

Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 3/4)

<b>ANÁLISE DE RESPOSTAS OBTIDAS NO QUESTIONÁRIO APLICADO</b>			
<b>QUESTÕES</b>	<b>RESPOSTA OBTIDA</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>	
10	A mão-de-obra consegue exercer as atividades designadas no prazo determinado?	SIM	Apesar da resposta obtida, devido aos registrados atrasos de entrega da obra, vê-se que não é uma prática constante, possivelmente pelo mau dimensionamento da mão-de-obra ou determinação de prazos impossíveis de cumprir.
11	Existe alguma comunicação visual concernente à programação, de fácil acesso e entendimento a funcionários e visitantes?	NÃO	Percebe-se a necessidade de transparência do dos níveis mais altos da empresa aos níveis operários, de modo a haver orientação dos trabalhadores quanto às quantidades de trabalho, bem como dos clientes quanto à previsão concreta de entrega do empreendimento.
12	Emprega-se a prática de trabalhar com estoques reduzidos, fazendo pedidos parciais de insumos com data marcada?	SIM	Foi observado que são realizados pedidos parciais, porém não há uma data marcada com antecedência, os pedidos são feitos de acordo com o andamento da obra. Dependendo do insumo, no entanto, existe ainda um tempo de espera para liberação do mesmo por parte de outra obra da mesma construtora, como escoras, vigas mestras e cubetas para lajes nervuradas.
13	As equipes designadas de uma atividade são fixas?	SIM	Foi observada que esta não é uma prática constantemente levada em consideração. As equipes são remanejadas para atividades consideradas mais urgentes na programação.
14	Existem boas condições de trabalho com segurança e equipamentos adequados?	SIM	Foi observada grande preocupação da empresa no que concerne à segurança dos trabalhadores e visitantes da obra.

Fonte: Acervo próprio

Tabela 5- Análise de respostas obtidas no questionário aplicado (Continua 4/4)

<b>ANÁLISE DE RESPOSTAS OBTIDAS NO QUESTIONÁRIO APLICADO</b>			
<b>QUESTÕES</b>		<b>RESPOSTA OBTIDA</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
15	Existe divisão dos ciclos de produção (pacotes de trabalho, conclusão de pavimento)?	SIM	Existem pacotes de trabalho, porém, os mesmos não são claramente definidos sempre aos trabalhadores, podendo gerar falta de motivação aos mesmos.
16	Existe organização no canteiro, com relação a armazenamento de materiais e equipamentos, a fim de reduzir movimentação?	SIM	Foi observado que isso depende mais dos interesses da gerência da obra do que da empresa em si, visto que não foi observada preocupação na otimização da distribuição de atividades no projeto do canteiro de obras.
17	Existe controle sobre local de trabalho de determinada equipe num dado dia de trabalho?	SIM	Este controle, ao contrário do proposto pela Linha de Balanço, é feito visualmente e não remotamente através de prévia programação de atividades.

Fonte: Acervo próprio

Através das respostas obtidas, das observações realizadas e da bibliografia estudada, é possível verificar que existe possibilidade de benefícios à empresa no emprego da Linha de Balanço em empreendimentos futuros. Com a utilização desta ferramenta, o controle da produtividade dos operários poderia ser mais bem empregado e, com melhor administração do levantamento destes dados, inclusive levando em consideração produtividades dos trabalhadores terceirizados com os quais a firma trabalha com frequência, a ferramenta pode ser ainda mais adequada e personalizada de acordo com as necessidades da empresa e dos trabalhadores, pois mais deles deverão ser capazes de realizar suas atividades designadas no prazo estipulado.

Ainda é possível perceber que, com a facilidade de visualização da interdependência das atividades por meio da Linha de Balanço, pode-se organizar melhor o sequenciamento dos serviços, de maneira que mais deles venham a ser executados concomitantemente e, por consequência, diminuam-se os tempos de ociosidade de equipes e o prazo de entrega da obra.

Ao designar uma atividade a uma equipe específica, como é prática das empresas que trabalham com a Linha de Balanço, é possível promover um melhor

aprendizado das técnicas associadas à atividade, fazendo com que a equipe se torne especialista e, portanto, a incentive a otimizar seu posto de trabalho, diminuindo tempo e materiais gastos na execução do serviço já que as quantidades de trabalho em cada pavimento são similares e com repetição constante.

Com a transparência e facilidade de compreensão do planejamento proporcionada pelo *lay-out* da Linha de Balanço, este gráfico pode ser posicionado em vários pontos da obra, tornando do conhecimento de todos os níveis de gerência e execução do empreendimento, bem como de visitantes, o ponto exato em que a obra se encontra, sem a necessidade de visitar todos os postos de trabalho da mesma, gerando cobrança e fiscalização por parte dos próprios níveis operários com relação às outras equipes, além de proporcionar aos trabalhadores melhor percepção dos pacotes de trabalho a eles designados e também prazos mais concretos de possibilidade de entrega do empreendimento aos clientes.

A Linha de Balanço também promove a possibilidade de ajuste e retroalimentação em seu processo de desenvolvimento, o que viabiliza uma melhoria contínua nos processos através da utilização de informações advindas de todos os níveis de planejamento e do próprio canteiro de obras.

## **7.2 Comparativo entre as Linhas de Balanço**

Tendo como base o referencial teórico e as informações recolhidas durante a realização da pesquisa, pôde-se atingir um resultado positivo.

É possível observar que, com a alocação de duas equipes na atividade Revestimentos e Acabamentos Internos ao invés de apenas uma, houve uma redução do período de trabalho em vinte e três semanas, ou seja, cento e quinze dias úteis, diminuindo também o tempo ocioso entre a atividade de Instalações Elétricas e aquela supracitada a partir do segundo pavimento tipo. Isto denota a necessidade do balanceamento das atividades mencionado pela bibliografia a fim de que se possam atingir melhores resultados em termos de tempo despendido para a execução de um empreendimento.

Pode-se observar também o fato de que, de acordo com as práticas da empresa estudada, o revestimento externo é realizado dos pavimentos inferiores aos superiores, o que, por sua vez, proporciona menores tempos de execução do que

nos casos de práticas construtivas de revestimentos externos sendo realizados da cobertura ao térreo.

É importante analisar, no entanto, que, a programação de obras pela Linha de Balanço se dá apenas para as atividades realizadas no pavimento tipo, sendo excluídas aquelas realizadas na cobertura, áreas externas e pavimentos como subsolo, mezanino e pilotis. Desta maneira, é necessária a utilização de outra ferramenta de programação auxiliar de maneira a cobrir todas as fases da construção do empreendimento.

Apesar de mais rápida a execução dos pavimentos tipo com a alocação de duas equipes de Revestimentos e Acabamentos Internos, deve ser feita análise de custos comparativamente entre a contratação de duas equipes para esta atividade com entrega do empreendimento adiantada e o caso de apenas uma equipe alocada na atividade com período de tempo excedente.

## **8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **8.1 Conclusões**

Muitas empresas ainda hoje consideram o tempo gasto no planejamento e programação de atividades como perdido, pois para elas é mais conveniente usar-se de alguma experiência por parte de seus gestores no desenvolvimento de atividades, sejam elas relacionadas ao projeto ou à execução.

Com o planejamento é possível obter uma simplificação do processo, definindo etapas e prazos de maneira a possibilitar melhor organização das fases do empreendimento, o que reduz as incertezas aliadas à falta de programação, aumentando as vantagens competitivas da empresa no mercado, bem como melhorando sua reputação com diminuição e até mesmo erradicação de atrasos.

A Linha de Balanço, apesar de suas visíveis vantagens, trata de uma ferramenta de planejamento teórica, apesar de baseada nos dados advindos da prática. Desta maneira, o responsável pelo desenvolvimento desta programação deve levar em conta possíveis folgas em atividades, baseando-se tanto em suas experiências práticas como em informações coletadas pela empresa, tornando assim o processo de planejamento mais rico e condizente com a realidade encontrada.

Foi possível observar que a empresa estudada pode vir a se beneficiar com a utilização da Linha de Balanço, através da especialização de equipes alocadas fixamente em uma atividade até sua finalização naquele empreendimento além de possibilidade de melhor organização no sequenciamento de atividades, visto que, através da utilização desta técnica, é possível visualizar mais facilmente como as atividades se relacionam em cada pavimento tipo.

É recomendável que a empresa possa vir a realizar seus planejamentos com maior divisão das atividades ao invés de agrupá-las em um só pacote de serviços. Desta maneira a programação de atividades se torna mais eficiente, o controle de produtividades melhor utilizado e gera ainda melhor visualização de cada fase do empreendimento. Ainda pode haver maior benefício através do controle de produtividade dos trabalhadores terceirizados, para alcançar ainda maior eficiência no desenvolvimento do planejamento.

A técnica estudada mostra-se eficaz no na transparência proporcionada a respeito das atividades a serem executadas, assim como seus prazos. Desta maneira, sua aplicação é viabilizada para programações de longo prazo. Porém, no caso de obras mais complexas, com muitas atividades e pouca repetitividade, a aplicação da Linha de Balanço pode vir a gerar confusão na compreensão do gráfico.

Pode-se observar também que, por falta de *softwares* desenvolvidos para esta técnica, seu desenvolvimento requer bastante trabalho manual e tempo, o que pode se tornar inviável no caso de obras de maior complexidade. No caso da pesquisa realizada, foi possível o uso do *software* Excel, por se tratar de uma obra com poucas atividades e muitas repetições.

Houve grande dificuldade na obtenção dos dados necessários ao desenvolvimento do estudo de caso, visto que, na cidade de João Pessoa, não existe interesse por parte das grandes empresas inseridas na indústria da construção civil na contribuição com a academia, o que dificulta a possibilidade de novas pesquisas na área prática do gerenciamento e planejamento de obras.

## 8.2 Recomendações

Como recomendações para trabalhos futuros têm-se:

- Levantamento de produtividade em diversas atividades da construção civil em João Pessoa – PB, de modo a desenvolver bibliografia condizente com a realidade da cidade;
- Verificação da viabilidade de aplicação da Linha de Balanço em outros segmentos da construção civil na Paraíba, como obras industriais, estradas ou instalações de rede de água e esgoto;
- Levantamento de causas frequentes de atrasos nas atividades de obras em João Pessoa – PB, de modo a obter um fator de folga em dias condizente com a realidade a ser utilizado em planejamentos;
- Desenvolvimento de *softwares* de gerenciamento e planejamento que levem em conta todas as variáveis do processo e incorporem ainda a possibilidade de evolução do aprendizado com a experiência devido à repetição.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, Antonio Victorino; JUNGLES, Antonio Edésio. **Planejamento e Controle da Construção**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

Disponível em: <[http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento\\_cap04.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap04.pdf)> Acesso em: 08 dez. 2014

BALLARD, G. **Lookahead Planning: the missing link in production control**. In: Annual Conference on Lean Construction. Gold Coast, 1997. Disponível em:

<[http://www.leanconstruction.dk/media/16980/Lookahead\\_Planning\\_\\_The\\_Missing\\_Link\\_in\\_Production\\_Control\\_.pdf](http://www.leanconstruction.dk/media/16980/Lookahead_Planning__The_Missing_Link_in_Production_Control_.pdf)> Acesso em: 12 dez. 2014.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Thesis (Doctor in Philosophy). School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham. Birmingham, 2000. Disponível em:

<<http://www.leanconstruction.org/media/docs/ballard2000-dissertation.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2014.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas empresas de Construção**. Tese (Doutorado). Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>> Acesso em: 03 dez. 2014.

BORTOLAZZA, Rodrigo C. **Contribuições para a Coleta e a Análise de Indicadores de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil**.

Dissertação (Mestrado). Porto Alegre, 2006. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13516/000649537.pdf?sequence=1>> Acesso em: 03 dez. 2014.

CBIC. **Balanco Nacional da Indústria da Construção**. São Paulo, 2013.

Disponível em: <[http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Balanco\\_2013.pdf](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Balanco_2013.pdf)>, Acesso em: 11 out. 2014.

DIEESE. **Estudo Setorial da Construção Civil**. São Paulo, 2010. Disponível em:

<<http://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2010/estpesq51ConstrucaoCivil.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2014.

FERRAZ, José Landim Macêdo; NASCIMENTO, Kilson; ROMANO, Willy Castelo Branco Teixeira. **Roteiro para Programação da Produção com Linha de Balanço em Edifícios Altos**. Fortaleza, 2005. Publicação interna. Disponível em:

<[http://www.construtoracasteLDBranco.com.br/filesupload/tpub12\\_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf](http://www.construtoracasteLDBranco.com.br/filesupload/tpub12_22bf162339bdd97c83eeb488312db410.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2014.

FIGUEIREDO, Lydia. **Planejamento e Programação de um Projeto de Construção Civil**. EPUSP, São Paulo, 2009. Disponível em:

<<http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2012/pubs/planejamento-e-programacao-de-um-projeto-de-construcao-civil.pdf>> Acesso em: 20 set. 2014.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L.; OLIVEIRA, K. A. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção**. Porto Alegre, 2001. Disponível em:  
<<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Gestao%20Producao/Texto2UFBA2007%20PCP.pdf>> Acesso em: 15 set. 2014.

GIARETTA, O. **Aplicação do método da Linha de Balanço em edifícios de múltiplos pavimentos tipo**. Chapecó, 2006. Disponível em:  
<<http://www.unochapeco.edu.br/saa/tese/2493/Giaretta.pdf>> Acesso em: 13 set. 2014.

ICHIHARA, Jorge de Araújo. **A Base Filosófica da Linha de Balanço**. São Paulo, 1997. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3105.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3105.PDF)> Acesso em: 09 set. 2014.

ICHIHARA, J. A. **Um método de solução heurística para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos - tipo**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998. Disponível em:  
<<http://www.infohab.org.br>> Acesso em: 23 set. 2014.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos da casa 1.0®**. Dissertação (Especialização). São Paulo, 2006. Disponível em:  
<<https://leanconstruction.wordpress.com/2009/05/29/lean-construction-para-reducao-dos-custos-de-producao-casa-1-0/>> Acesso em: 23 set. 2014.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical report 72, Stanford, 1992. Disponível em:  
<<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf>> Acesso em: Acesso em: 03 dez. 2014.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. Ed. Atlas, 2ª ed., São Paulo, 1992.

LOSSO, Iseu R.; ARAÚJO, Hércules N. **Aplicação Do Método Da Linha De Balanço: Estudo De Caso**. Artigo Técnico. Rio de Janeiro, 1995. Disponível em  
<<http://www.infohab.org.br>> Acesso em: 23 set. 2014.

MENDES JR, Ricardo e HEINECK, Luiz Fernando M. **Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos**, *Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP 97*. Porto Alegre, 1997. Disponível em:  
<<http://www.cesec.ufpr.br/docente/mendesjr/artigos/>> Acesso em: 06 set. 2014.

MENDES JR, Ricardo e HEINECK, Luiz Fernando M. **Dados básicos para programação de edifícios com Linha de Balanço - Estudos de caso**, Não publicado. Florianópolis, 1997. Disponível em:  
<<http://www.cesec.ufpr.br/docente/mendesjr/artigos/>> Acesso em: 06 set. 2014.

MENDES JR, Ricardo. **Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. Tese (Doutorado). Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/docente/mendesjr/tese/mendesjrtese.pdf>> Acesso em: 09 set. 2014.

PRADO, Renato Lucio. **Aplicação e Acompanhamento da programação de obras de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da Linha de Balanço**. Dissertação (Mestrado). Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/8482.pdf>> Acesso em: 20 out. 2014.

REVISTA EXAME. São Paulo: Editora Abril, 01 out. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/construcao-civil-deve-acompanhar-pib-entre-2013-e-2014>> Acesso em: 08 set. 2014

SAKER, Tarek. **The Line of Balance Scheduling Technique**. The American University in Cairo. Cairo, 2010. Disponível em: <<http://leanconstruction.wordpress.com/downloads/>> Acesso em: 03 dez. 2014.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da Lean Construction em construtora**. Iniciação científica CESUMAR. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/iccesumar/article/viewFile/2867/1922>> Acesso em: 13 nov. 2014.

VARGAS, B. H. **Aplicabilidade do método da Linha de Balanço em obras industriais: Estudo de Caso para a obra industrial**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/6044/4351>> Acesso em: 13 set. 2014.

## **ANEXOS**

**Anexo A – Questionário aplicado para avaliar possível melhoria no planejamento da empresa estudada através de aplicação da técnica Linha de Balanço.**

		<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA</b> DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL	
		Orientador: Prof. Dr. Claudino Lins Nóbrega Júnior Aluna: Ana Beatriz Fernandes Herthel	
<b>QUESTIONÁRIO</b> <b>AVALIAÇÃO DE POSSÍVEL MELHORIA NO PLANEJAMENTO ATRAVÉS DE</b> <b>APLICAÇÃO DA TÉCNICA LINHA DE BALANÇO</b>			
QUESTÕES		SIM	NÃO
1	Há controle de produção através de índice de produção das atividades? (Ex: m <sup>2</sup> de alvenaria/h/equipe)		
2	O ritmo das equipes é considerado na programação?		
3	Existe mapeamento de processos com estudo de interferências entre as atividades a serem realizadas?		
4	Há processos de padronização dos serviços?		
5	Há processos de padronização de conferência e recebimento de material, controlando a qualidade dos insumos recebidos?		
6	Existe sistema de gestão de qualidade que permita inspecionar os serviços?		
7	Há treinamento de modo a haver instrução na execução de novas atividades?		
8	Há preocupação na solução de desperdício de tempo por movimentação e espera?		
9	Consegue realização de atividades em paralelo?		
10	A mão-de-obra consegue exercer as atividades designadas no prazo determinado?		
11	Existe alguma comunicação visual concernente à programação, de fácil acesso e entendimento a funcionários e visitantes?		
12	Emprega-se a prática de trabalhar com estoques reduzidos, fazendo pedidos parciais de insumos com data marcada?		
13	As equipes designadas de uma atividade são fixas ou possuem rotatividade?		

14	Existem boas condições de trabalho com segurança e equipamentos adequados?		
15	Existe divisão dos ciclos de produção (pacotes de trabalho, conclusão de pavimento)?		
16	Existe organização no canteiro, com relação a armazenamento de materiais e equipamentos, a fim de reduzir movimentação?		
17	Existe controle sobre local de trabalho de determinada equipe num dado dia de trabalho?		