

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS HILGERT SANTOS

APLICAÇÃO DO MÉTODO PERT/CPM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2018

LUCAS HILGERT SANTOS

APLICAÇÃO DO MÉTODO PERT/CPM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Me. Peterson Diego Kunh

Medianeira

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ**
CAMPUS MEDIANEIRA



Diretoria de Graduação
Nome da Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DO MÉTODO PERT/CPM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por

LUCAS HILGERT SANTOS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 15 horas e 50 minutos do dia 15 de junho de 2018 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Me. Peterson Diego Kunh
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Carlos Laercio Wrasse
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Aos meus pais, minha irmã e amigos.

Sem eles não estaria aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar a vida.

Aos meus pais Alicia Maria e José Ubaldo por todo apoio e suporte para eu conseguir meus objetivos.

A minha irmã Lourdes Maria por ser uma companheira e me ajudar em todos os momentos.

Aos meus amigos Junio Crevelaro, Ruan Gomes, Lucas Costas, Edelvan Severiano e Caio Specia por todas as risadas e conselhos ao longo dos anos de convívio na graduação.

Ao Me. Peterson Diego Kunh por todo o auxílio e orientação durante esse trabalho; todos os resultados foram conseguidos somente com seus ensinamentos.

Ao meu amigo Lucas Segateli pelas dicas e apoio para fabricação desse trabalho.

Aos meus tios Agueda Cristina e João Augusto por todo carinho e acolhimento durante o período da graduação.

A disciplina é a mãe do êxito.

RESUMO

SANTOS, Lucas Hilgert. **Aplicação do método PERT/CPM na construção civil.** 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Este trabalho teve como objetivo buscar a demonstração da utilização do método PERT/CPM como forma de auxiliar a gestão de projetos de uma obra de construção civil. O setor de construção civil é um ramo que tem muitos desafios a serem superados dia após dia, e o mais grave problema são os atrasos, que geram custos elevadíssimos as construtoras. O PERT/CPM é uma ferramenta que auxilia o gestor de projetos a calcular o tempo correto de execução de uma obra e calcular as folgas de cada atividade, e o mais importante o caminho crítico, ou seja, as atividades que compõem o caminho crítico não podem ter atrasos pois a folga delas são zero. Com as folgas determinadas e o caminho crítico estabelecido o gestor saberá qual matéria-prima ele terá maior poder de negociação ou não, pois quanto maior a folga maior o poder de negociação. Com as melhorias propostas pode-se notar que pequenas decisões estratégicas de gestão podem tornar um projeto bem executado ou não.

Palavras-chave: gestão de projetos; negociação; decisões estratégicas.

ABSTRACT

SANTOS, Lucas Hilgert. **Application of the PERT/CPM method in civil construction**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

This work aimed at demonstrating the use of the PERT / CPM method as a way of assisting the management of projects in a civil construction project. The construction industry is a branch that has many challenges to overcome day after day, and the most serious problem is the delays, which generate very high costs for construction companies. PERT / CPM is a tool that helps the project manager to calculate the correct execution time of a work and calculate the slack of each activity, and most importantly the critical path, that is, the activities that make up the critical path. can be delayed because their play is zero. With the determined clearances and the critical path established the manager will know which raw material he will have greater bargaining power or not, since the larger the gap, the greater the bargaining power. With the proposed improvements it can be noted that small strategic management decisions can make a project well executed or not.

Key-words: project management; negotiation; strategic decisions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Objetivo de uma empresa	17
Figura 2 - Diferença entre controle e planejamento	18
Figura 3 - Integração do planejamento e do controle ao logo do tempo	19
Figura 4 - Processo da construção enxuta	22
Figura 5 - Etapas do método de Taylor	24
Figura 6 - Exemplos de estruturas de grafos.....	26
Figura 7 - Representação de uma tarefa.....	27
Figura 8 - Representação de uma etapa ou nó	27
Figura 9 - Rede das atividades de um jantar.....	28
Figura 10 - Rede PERT/CPM montada de forma incorreta	29
Figura 11 - Rede PERT/CPM confeccionada da forma correta.....	29
Figura 12 - Rede PERT/CPM com uma linha fantasma desnecessária	30
Figura 13 - Rede PERT/CPM sem a linha fantasma desnecessária	30
Figura 14 - Fluxograma de pesquisa	39
Figura 15 - Faixada do prédio	42
Figura 16 - Rede PERT de toda a obra.....	43
Figura 17 - Demonstração de chapisco, emboço e reboco	46
Figura 18 - Muro da frente após cinco dias de trabalho	48
Figura 19 - Cisterna instalada e tubulações conectadas	49
Figura 20 - Início da construção da laje da cisterna	50
Figura 21 - Término da construção da laje da cisterna	50
Figura 22 - Pintura externa.....	52
Figura 23 - Gazebo	54
Figura 24 - Rede PERT do acabamento externo	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades e interdependência de um jantar	28
Quadro 2 - Durações de cada atividade do projeto	31
Quadro 3 - Tempos estimados para atividades do projeto	32
Quadro 4 - Resumo dos cálculos dos <i>DCI</i> e <i>DCT</i>	34
Quadro 5 - Resumo dos valores de <i>DTI</i> e <i>DTT</i>	35
Quadro 6 - Resultado final do exemplo com as folgas	36
Quadro 7 - Procedimentos técnicos	39
Quadro 8 - Atividades de estudo	47
Quadro 9 - Descrição das atividades e suas predecessoras	56
Quadro 10 - Tempos otimistas, mais prováveis e pessimistas para cada atividade..	57
Quadro 11 - Tempo estimado para cada atividade	58
Quadro 12 - Determinação <i>DCI</i> e <i>DCT</i> para cada atividade	60
Quadro 13 - Determinação do <i>DTT</i> e <i>DTI</i> para cada atividade	61
Quadro 14 - Folgas das atividades.....	62

LISTA DE SIGLAS

CPM	<i>Critical Path Method</i>
DCI	Data Mais Cedo de Início
DCT	Data Mais Cedo de Término
DTI	Data Mais Tarde de Início
DTT	Data Mais Tarde de Término
NASA	<i>National Aeronautics and Space</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	<i>Program Evaluation Review Technique</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)	16
3.1.1 Diferença entre Planejamento e Controle.....	17
3.1.2 Planejamento e Controle em Curto, Médio e Longo Prazo	18
3.2 PRODUÇÃO ENXUTA	19
3.2.1 <i>Lean Construction</i>	21
3.3 TEMPOS E MÉTODOS.....	23
3.3.1 Estudos de Tempos.....	23
3.3.2 Estudos de Movimentos	25
3.3.3 Origens dos Estudos de Movimentos.....	25
3.4 DEFINIÇÃO DOS TERMOS PERT E CPM	26
3.4.1 Teoria dos Grafos.....	26
3.4.2 PERT/CPM.....	26
3.4.3 Elementos da Rede PERT/CPM	27
3.4.4 Dependência Entre Atividades	28
3.4.5 Determinação de tempo na rede PERT/CPM.....	30
3.4.6 Determinação do Caminho Crítico	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	37
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	37
4.2.1 Do Ponto de Vista de Sua Natureza.....	37
4.2.2 Do Ponto de Vista da Forma de Abordagem.....	38
4.2.3 Do Ponto de Vista dos Objetivos.....	38
4.2.4 Do Ponto de Vista dos Procedimentos Técnicos.....	39
4.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	40
4.4 MICROSOFT PROJECT	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 OBRA ESCOLHIDA	42
5.2 REDE PERT DA OBRA.....	43
5.2.1 Instalações Provisórias.....	43
5.2.2 Infraestrutura	44
5.2.3 Superestrutura.....	44
5.2.4 Alvenaria	44
5.2.5 Tubulações Elétricas, Hidráulicas e de Gás.....	45
5.2.6 Revestimento Interno e Externo	45
5.2.7 Acabamentos Internos.....	46
5.2.8 Acabamentos Externos	46
5.2.9 Entrega do Prédio	47
5.3 DESCRIÇÃO DE CADA ATIVIDADE DOS ACABAMENTOS EXTERNOS.....	47
5.3.1 Muro da Frente.....	47
5.3.2 Requadro do Muro Lateral.....	48
5.3.3 Cisterna.....	49
5.3.4 Laje da Cisterna	49

5.3.5 Parte Elétrica do Elevador	50
5.3.6 Elevador	50
5.3.7 Limpeza (1)	51
5.3.8 Luzes Laterais	51
5.3.9 Gesso do Térreo	51
5.3.10 Desmonte do Canteiro.....	52
5.3.11 Pintura Externa.....	52
5.3.12 Nivelamento	53
5.3.13 Calçada	53
5.3.14 Paisagismo.....	53
5.3.15 Gazebo.....	54
5.3.16 Área de Lazer	54
5.3.17 Acabamento da Parte Elétrica.....	54
5.3.18 Limpeza (2)	55
5.4 PERT/CPM DO ACABAMENTO EXTERNO	55
5.4.1 Determinação dos Tempos de Cada Atividade	57
5.4.2 Determinação dos <i>DCI, DCT, DTI, DTT</i>	59
5.4.3 Determinação do Caminho Crítico	61
5.4.4 Propostas de Melhorias.....	63
6 CONCLUSÃO	66
7 REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é o ramo que transforma insumos em obras como prédios, casas e estradas. No Brasil em 1986 a demanda por obras de infraestrutura e principalmente habitacional era muito superior do que a capacidade produtiva das empresas do ramo de construção (SOUZA, 2014).

Essa ineficiência se dava pela falta de preparo e muitas vezes de falta de conhecimento de novas tecnologias no mercado. A demanda crescia com os incentivos de financiamentos disponibilizados pelo Banco Nacional de Habitação. A partir dos anos 90 com a abertura de mercado, as empresas do ramo de construção civil começaram a evoluir com a oportunidade de importações de tecnologias e equipamentos (SOUZA, 2014).

A crise de 2008 gerou grande impacto no setor de construção civil nos Estados Unidos. Porém, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2009), em países emergentes como o Brasil, a recessão mundial no setor sofreu pouca influência, verificando redução nos incentivos à construção civil no nosso país, sendo que ações do governo proporcionaram a recuperação da economia em 2009.

As empresas construtoras estão cada vez buscando mais qualidade na execução de seus projetos, os avanços são considerados poucos, por isso é importante o desenvolvimento de novas ideias e metodologias que ajudem o setor. As empresas concorrem cada dia mais por capital e mão-de-obra qualificada, procurando a satisfação de investidores e pessoas envolvidas em todo o processo (ABDI, 2009).

Existem fatores que prejudicam muito a execução de um projeto independente do ramo de atuação da empresa, por exemplo, fatores como recursos humanos, suprimentos e engenharia aumentam em muito a chance de um projeto ser planejado e executado da maneira errada (PACHECO et al., 2016).

Em empresas construtoras é comum a execução de dois ou mais projetos ao mesmo tempo, com isso é fundamental o entendimento que cada obra tem suas particularidades diferentes das demais. Por exemplo, somente o local de execução da obra é um diferencial, em empresas de grande porte é habitual à execução de projetos em cidades diferentes, com climas e culturas diferentes. Então esses

fatores devem ser levados em conta na hora do planejamento do projeto (PACHECO et al., 2016).

O método PERT/CPM auxilia no planejamento e conseqüentemente na redução de atrasos em projetos. É um instrumento de fácil compreensão, entendimento e de elaboração tecnicamente simples.

Este trabalho teve como objetivo aplicar o método PERT/CPM para auxiliar no planejamento e execução de uma construção, evitando atrasos e conseqüentemente reduzindo custos.

O Brasil vive grandes desafios em relação ao setor da construção civil, vários fatores influenciam e levam as empresas buscarem soluções para esses problemas visando melhorar sua produtividade.

Um fator que influencia fortemente no tempo de duração total de um projeto de construção civil são os atrasos, os quais podem ser utilizados como um indicador de desempenho. Os retardamentos são o que vão dizer se o projeto foi planejado e executado com eficiência e eficácia ou não (CABRITA, 2008).

O atraso pode ser caracterizado por um motivo isolado ou por vários relacionados. Isso gera custos muito elevados para as empresas, pois os atrasos vão levar a extensão dos trabalhos, ou seja, aumento do custo de mão de obra, maquinários e matéria-prima (REIS et al, 2016).

O PERT/CPM é uma ferramenta que vem para auxiliar o gestor de projetos a calcular o caminho crítico e, conseqüentemente, obter o tempo correto da duração do projeto, evitando assim a insatisfação do cliente e multas para empresas por não cumprir prazos de execução.

Além de mostrar qual é o caminho crítico do projeto e o tempo total de duração, o PERT/CPM mostra as folgas de cada atividade. As quais podem ser utilizadas para que a empresa possa realizar a negociação de valores com os fornecedores, pois com um horizonte de tempo maior é possível negociar preços e analisar mais de uma ofertar de fornecedor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o planejamento das atividades necessárias para construção de uma obra utilizando o método PERT/CPM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar as atividades necessárias para a construção de uma obra;
- b) Determinar o início, fim, dependência e a duração das atividades;
- c) Aplicar o método PERT/CPM para um melhor planejamento;
- d) Descrever as atividades que fazem parte do caminho crítico e as folgas, para que seja possível tomar decisões que evitem atrasos no tempo previsto de conclusão do projeto.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é um plano de controle da produção de um bem, produto, serviço ou imóvel. Com o crescimento das empresas e obras a necessidade de um PCP bem estruturado e organizado é fundamental para evitar desperdícios de matéria-prima durante o processo, atrasos no prazo de entrega ao cliente e até mesmo erros de dimensionamentos das estruturas. Para um bom planejamento é necessário ter objetivos bem estabelecidos, assim o plano de ação para o alcance das metas pré-estabelecidas fica mais fácil (LUSTOSA et al., 2008).

O Planejamento e Controle da Produção devem estar interligando o nível estratégico da empresa e o seu sistema produtivo. A principal função do PCP é assegurar que a produção ocorra da melhor maneira possível para o alcance dos objetivos traçados no planejamento, conseqüentemente atender os requisitos dos clientes (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Segundo Tubino (2009), o PCP tem como função o gerenciamento das atividades produtivas buscando a harmonia entre as ideias do nível estratégico e o setor operacional. Para o alcance das metas produtivas o PCP precisa administrar várias ideias vindas de vários setores diferentes.

Uma indústria tem como objetivo a transformação de matéria-prima em produtos acabados para os consumidores, e o PCP tem como função controlar a transformação da matéria-prima para que os requisitos dos clientes sejam atendidos (RUSSOMANO, 1986). A Figura 1 apresenta um fluxograma com o objetivo de uma indústria.

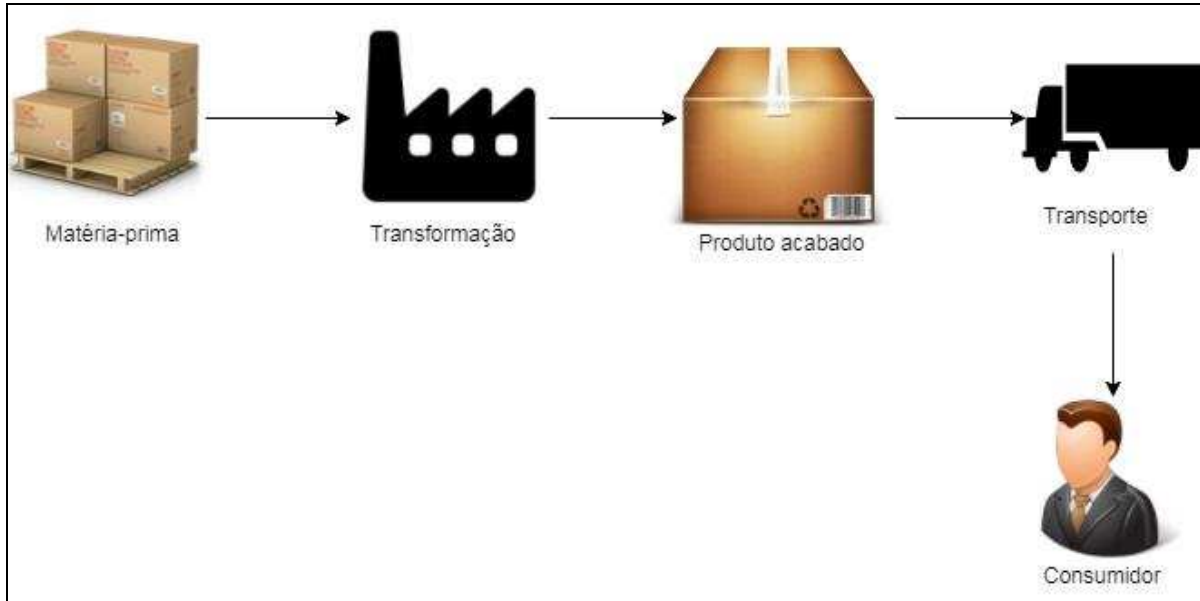


Figura 1 - Objetivo de uma empresa
 Fonte: Adaptado de Russomano (1986).

3.1.1 Diferença entre Planejamento e Controle

De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2009), não existe uma divisão clara e objetiva entre planejamento e controle, pois são dois conceitos que devem andar juntos, porém cada uma tem propriedades particulares que ajudam a diferenciar uma da outra.

O planejamento é pensar no que vai acontecer no futuro e traçar um plano para que a empresa esteja pronta caso ocorra alguma mudança e imprevistos, como gosto dos clientes, atrasos de fornecedores e falta de funcionários.

O controle é a forma de lidar com as mudanças e imprevistos e garantir que o planejamento seja cumprido.

A Figura 2 exemplifica melhor a diferença entre planejamento e controle.

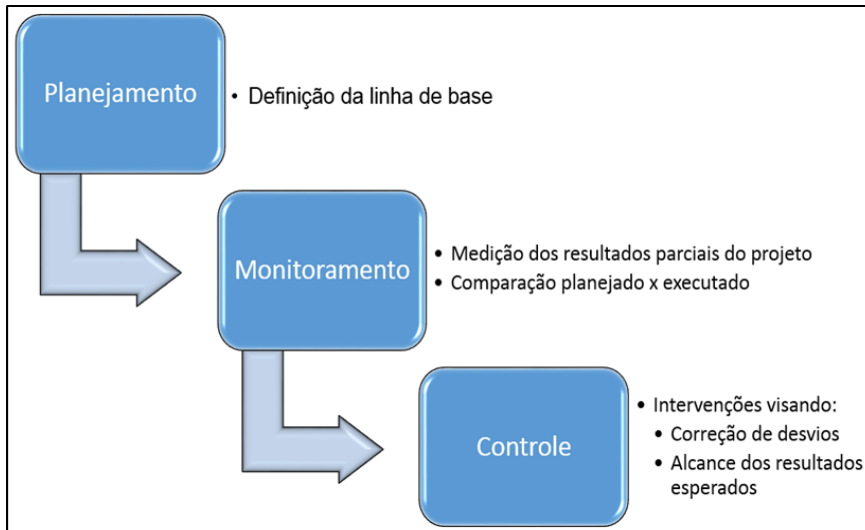


Figura 2 - Diferença entre controle e planejamento
Fonte: Augusto (2014).

3.1.2 Planejamento e Controle em Curto, Médio e Longo Prazo

O planejamento em longo prazo é responsável pela determinação das metas estratégica e tática do empreendimento. No longo prazo se defini os passos que a empresa deverá tomar para o alcance usando previsões de demanda agregada e objetivando a área financeira (CARVALHO FILHO, 2009).

A demanda agregada refere-se à disponibilidade total de bens e serviços, é a soma dos custos que a empresa terá com os investimentos levando em conta aspectos econômicos como quantidade de moeda e impostos (CARVALHO FILHO, 2009).

O planejamento em médio prazo tem como característica de ser extremamente tático, e para que os objetivos da empresa ou obra sejam atingidos os gestores devem estão interligados em termos de informações (COELHO, 2003).

Em médio prazo é utilizado à previsão de demanda desagregada parcialmente, os objetivos são especificamente na área de financeira e operacional (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O planejamento em curto prazo tem como atividade vital a repassar uma estrutura analítica do produto (pacote de trabalho) para equipe de produção, assim decidindo a quantidade de recursos a ser utilizada, a sequência, horas de trabalho para o processo e o período de tempo necessário para realizar o pedido sem

atrasos. Os gestores da empresa devem escolher apenas pacotes que consigam ser realizados (BALLARD; HOWELL, 1998).

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009), no curto prazo é utilizado a demanda completamente desagregada que é a demanda real, e os objetivos operacionais tem muita relevância.

A Figura 3 mostra a integração do planejamento e do controle ao logo do tempo.

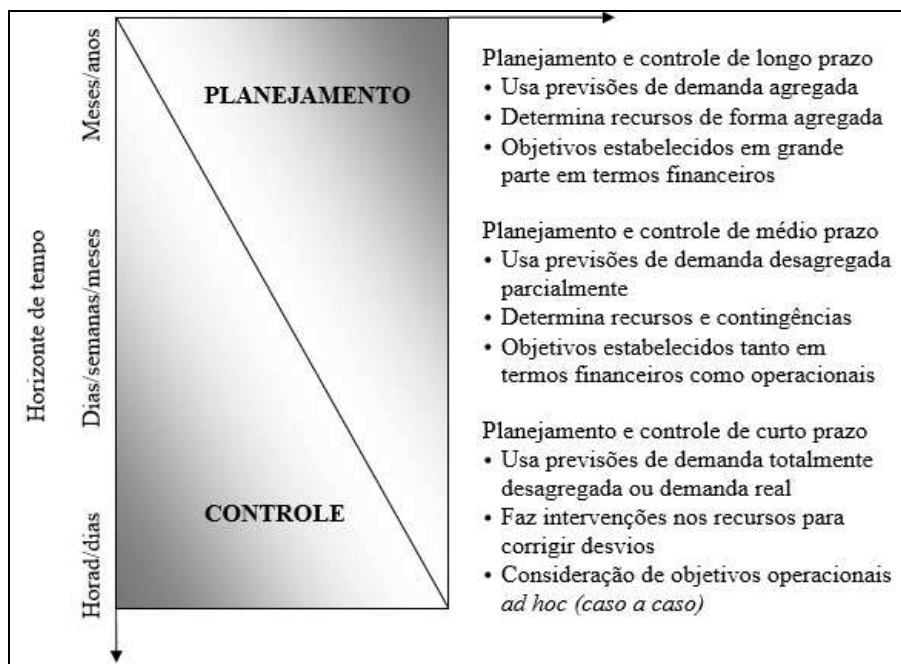


Figura 3 - Integração do planejamento e do controle ao longo do tempo
Fonte: Slack; Chambers; Johnston (2009).

3.2 PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta teve seu início no Japão com o princípio de reconstrução das empresas japonesas que após a Segunda Guerra Mundial tinham seus recursos de produção limitados. Os precursores dessa ideologia foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno (BEKESAS, 2012).

O Sistema Toyota de Produção ou *Lean Manufacturing* teve como referência o Fordismo o qual utilizava de um fluxo contínuo de produção. Ohno vendo essa linha de produção teve a ideia de trazer a ideologia de Ford para o Oriente e construir a base do Sistema Toyota de Produção, porém Ohno e Eiji Toyoda

aplicaram algumas modificações para melhorar e aperfeiçoar a produção (BEKESAS, 2012).

A produção enxuta mostrou-se um sistema que buscava a melhoria do processo através da diminuição das perdas, como por exemplo, tempos de esperas muito elevados e excesso de pessoas em um posto de trabalho. O Sistema Toyota se utilizou de ferramentas para uma maior flexibilidade do processo produção, dentre as ferramentas pode-se citar o Kanban, diagrama de causa e efeito, carta de controle, eliminação de estoques, sistema Nagara, entre outras (NAZARENO; RENTES; SILVA, 2001).

Segundo Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção visava diminuir sete desperdícios:

a) Superprodução

A perda por superprodução é quando se produz a mais que a quantidade determinada no planejamento. Pode ser considerada também uma perda por superprodução a fabricação de produtos antes da hora, pelo fato da geração de estoques desnecessários.

b) Espera

Perdas por espera acontecem quando qualquer operação como transporte, produção ou inspeção não é executado. Existem três tipos de perdas por espera em uma produção. A primeira é a espera no processo, quando um lote de produtos aguarda um lote anterior ficar pronto para poder ser finalizado. A segunda é a espera quando um lote completo fica esperando uma parte do mesmo ficar pronto para prosseguir. E por último é a espera do operador, quando o funcionário fica ocioso, ou seja, ele tem capacidade de produzir mais, porém não produz.

c) Transporte excessivo

Perdas por transporte excessivo é consequência de movimentações de matéria-prima durante a produção, desde a chegada até a transformação final do produto. Essa perda geralmente é ocasionada por falhas no planejamento do *layout* produtivo.

d) Processos inadequados

Perdas por processos inadequados são quando operações que não são necessárias para execução produto ou projeto são realizadas ocasionando perdas de tempo.

e) Estoque

Perdas por estoque é decorrente de estoques de matéria-prima em produção, ou produto finalizado. Essa falha é consequência geralmente da falta de comunicação entre o PCP e o setor comercial da empresa, pois o tempo de processamento e o de entrega não tem sincronia.

f) Movimentação desnecessária

Perdas por movimentação desnecessária é quando os funcionários fazem movimentos que atrasam a linha de produção. Uma ferramenta que auxilia na melhoria dessa perda é a cronoanálise e o estudo de movimentos.

g) Produtos defeituosos

Perdas por produtos defeituosos são quando os produtos fabricados não atendem os requisitos de qualidade e as condições pré-estabelecidas de uso.

Buscando a diminuição desses sete desperdícios, a empresa estaria no caminho certo.

3.2.1 *Lean Construction*

O *Lean Construction* ou construção enxuta é um sistema que teve como base o Sistema Toyota, pois visa à diminuição de perdas durante o projeto de uma construção. Existe uma grande resistência na aplicação do pensamento enxuto na indústria de construção civil, pelo fato da grande diferença entre a concepção da

construção civil e da manufatura. Essa diferença se aplica pela dificuldade e incertezas do projeto (HOWELL, 1999).

A primeira diferença entre o *Lean Manufacturing* e o *Lean Construction* está na quantidade produzida, à construção civil trabalha com um único produto já a manufatura atua com larga proporção de produção. Outra desigualdade é no local de trabalho, enquanto a manufatura tem uma fábrica que é um local fechado à construção se encontra ao ar livre sujeito aos efeitos da natureza. Outro grande problema das obras é o alto nível de rotatividade de funcionários (NAKAGAWA; SHIMZU, 2004).

Segundo Koskela (1992), a construção enxuta baseia-se em eliminar desperdícios em sete setores:

- a) Fluxo de materiais, desde a extração da matéria-prima até o produto finalizado;
- b) Transporte;
- c) Espera;
- d) Processamento;
- e) Inspeção;
- f) Retrabalhos;
- g) Rejeitos.

A Figura 4 exemplifica o processo da construção enxuta, mostrando como os retrabalhos e rejeitos atrapalham o desenvolvimento da obra em razão do tempo que é gasto nessas etapas ser muito elevado e gerar atrasos.

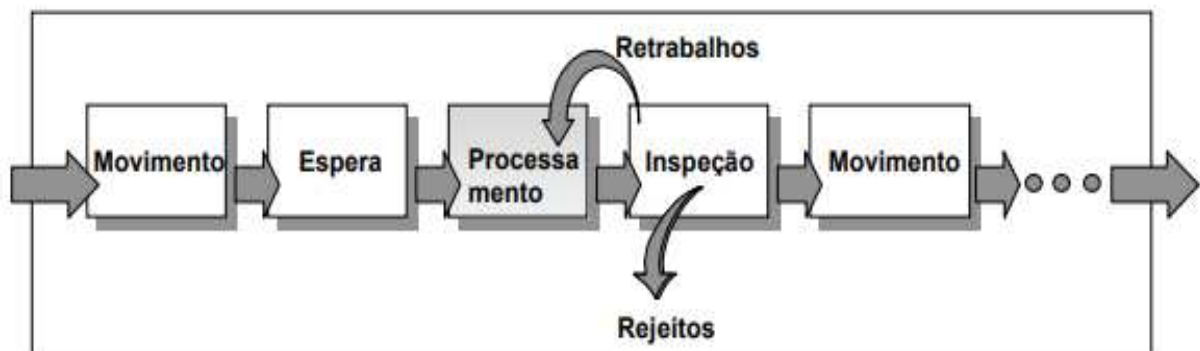


Figura 4 - Processo da construção enxuta
Fonte: Koskela (1992).

3.3 TEMPOS E MÉTODOS

Os primeiros estudos avançados sobre tempos e métodos foram executados por Frederick W. Taylor e pelo casal Gilbreth (Frank e Lilian Gilbreth). Taylor que é considerado o pai da Administração Científica focalizou seus estudos na área dos tempos, e o casal Gilbreth intensificou a busca por informações na parte de movimentos (BARNES, 1977).

3.3.1 Estudos de Tempos

Uma das primeiras análises de tempos foi desenvolvida por Taylor na usina da Midvale Steel Company em 1881. Ao começar o seu trabalho na Midvale Steel Company Taylor se deparou com um sistema operacional que não cumpria o planejamento. Com o passar do tempo Taylor conseguiu chegar ao cargo de mestre geral, com isso, ele considerou a tentativa de mudança no estilo de administração (BARNES, 1977).

Para Taylor o maior adversário para uma organização ter integração em todos os níveis era a incapacidade de calcular uma quantidade correta de trabalho para os operários. Diante desse cenário, Taylor estudou a definição do tempo correto para o desenvolvimento de diversos tipos de trabalhos (BARNES, 1977).

O método desenvolvido por Taylor consistia em três etapas teoricamente simples, para se conseguir o tempo adequando das operações (Figura 5).

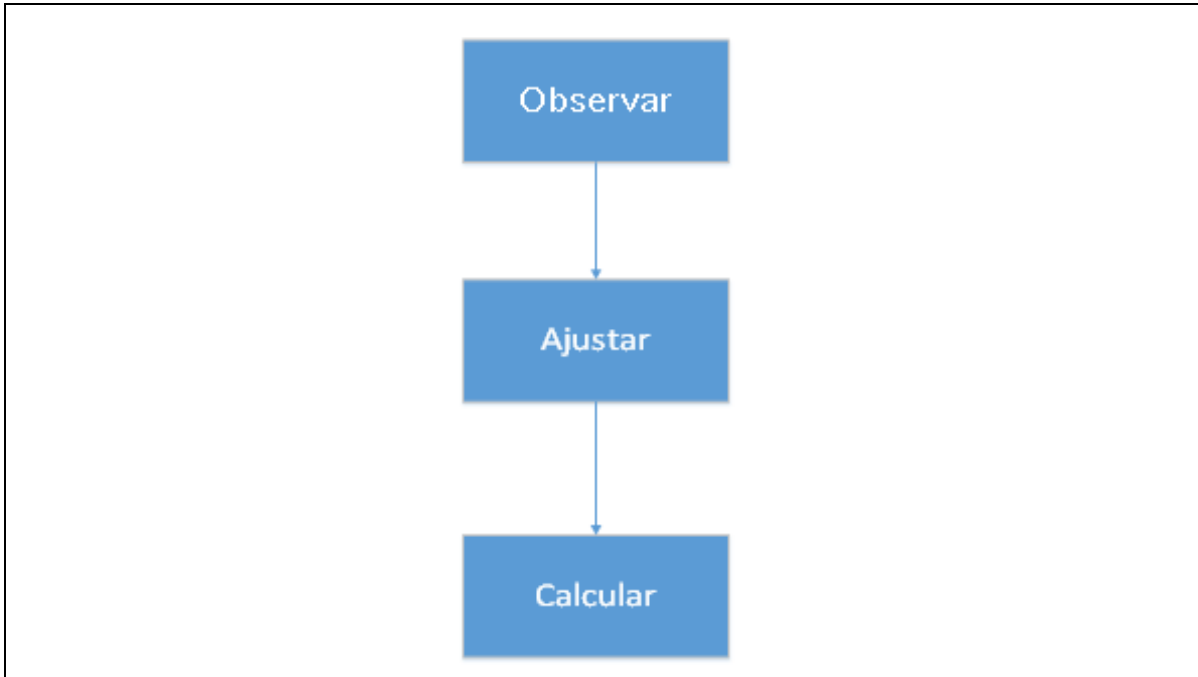


Figura 5 - Etapas do método de Taylor

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009).

A primeira etapa do processo desenvolvido por Taylor era a observação, essa etapa consistia em observar e medir o tempo necessário e correto para realização da atividade. A segunda etapa era o ajuste, após a observação a atividade tinha que ser regulada. A última etapa do processo era calcular a média dos tempos regulados para a obtenção do tempo padrão da atividade (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O estudo de Taylor foi realizado em um período da história que necessitava de uma administração competente, pelo fato da grande quantidade de mão-de-obra barata, porém desqualificada. E os estudos de tempo, de como produzir a peça da maneira correta e o ganho por produtividade, produzia uma integração entre empresa e funcionário, ou seja, a empresa tem maiores quantidades de produtos e o funcionário que as produziu tem um maior salário (CHIAVENATO, 2000).

No entanto, o método de ganho por produtividade beneficiava mais a empresa, pelo fato de não existir direitos trabalhistas na época, muitos funcionários trabalham muito além de suas capacidades físicas o que acarretavam em problemas relacionados à saúde (CHIAVENATO, 2000).

3.3.2 Estudos de Movimentos

Para que uma empresa consiga melhorar o método de suas atividades é preciso o estudo detalhado de cada etapa, buscado dados para o entendimento do sistema que integra a operação (VIEIRA et al., 2015).

Segundo Barnes (1977), Frank e Lilian Gilbreth são considerados os pais dos estudos dos métodos (movimentos), o casal Gilbreth tinha como objetivo utilizar o esforço humano como forma de ganho produtividade. Seus estudos foram em áreas bem distintas, desde estudos no campo da construção civil até a área de fadigas e monotonia.

3.3.3 Origens dos Estudos de Movimentos

Os estudos sobre os movimentos foram iniciados em 1885, nessa época Frank Gilbreth tinha apenas 17 anos, e nesse mesmo ano foi contratado para trabalhar em uma empreiteira de construção civil. Frank era responsável por fazer o assentamento dos tijolos, com o tempo o jovem foi mostrando grande competência no seu trabalho, com isso Gilbreth foi ganhando várias promoções de cargo e no início de 1900 abriu sua própria empreiteira (BARNES, 1977).

No início das atividades de sua nova empreiteira Gilbreth começou a notar que cada pedreiro trabalhava de forma diferente, o trabalho poderia ser o mesmo, mas a sequência de movimentos sempre mudava de acordo com o trabalhador. Por exemplo, um operário utilizar determinados movimentos quando está com pressa e quando ele trabalha devagar são movimentos completamente diferentes (BARNES, 1977).

Essas percepções de Frank fizeram com que ele se intensificasse no estudo por movimentos corretos para cada operação. Os resultados foram tão bons que Gilbreth retirou-se do ramo de empreiteira e começou a dedicar exclusivamente ao estudo de movimentos (BARNES, 1977).

3.4 DEFINIÇÃO DOS TERMOS PERT E CPM

Program Evaluation Review Technique (PERT), traduzido para o português significa Técnica de Avaliação e Revisão de Programas. Desenvolvido em um projeto da Marinha Americana. A duração de cada operação no PERT era desconhecida, sendo obrigatório a utilização da estatística para se obter uma previsão (MOREIRA, 2008).

Critical Path Method (CPM), traduzido significa Método do Caminho Crítico. Foi desenvolvido na mesma época do PERT pela empresa Dupont, por demanda da Lockheed Aircraft Corporation, empresa que desenvolvia projetos de aviões bombardeiros, e também programas aeroespaciais da NASA. O CPM foi criado para melhorar o seu programa de manutenção. Os valores médios das operações eram bem conhecidos. Esse método tinha como embasamento a teoria dos grafos (AVILA, 2017).

3.4.1 Teoria dos Grafos

Grafos é um conjunto de arestas e nós, sendo dois nós vizinhos que se conectam por uma aresta (CARVALHO, 2005), conforme mostra a Figura 6.

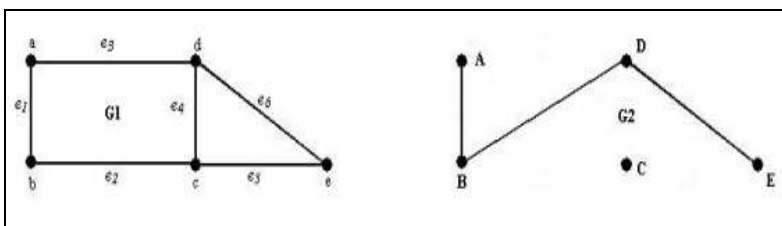


Figura 6 - Exemplos de estruturas de grafos
Fonte: Carvalho (2005).

3.4.2 PERT/CPM

A utilização do método PERT ou do CPM separadamente eram mais

eficientes em pequenos projetos com poucas tarefas. Em projetos com mais atividades foi constatado a necessidade da utilização de um método mais sofisticado, assim surgiu a o PERT/CPM que seria união das duas ferramentas. Para uma boa fabricação do PERT/CPM o primeiro passo é o entendimento a fundo de cada etapa, para um planejamento do projeto (TOLEDO JUNIOR, 2007).

3.4.3 Elementos da Rede PERT/CPM

A tarefa é uma atividade que gera um consumo de recursos e tempo em um determinado projeto. A Figura 7 mostra a representação de uma tarefa na rede PERT/CPM.

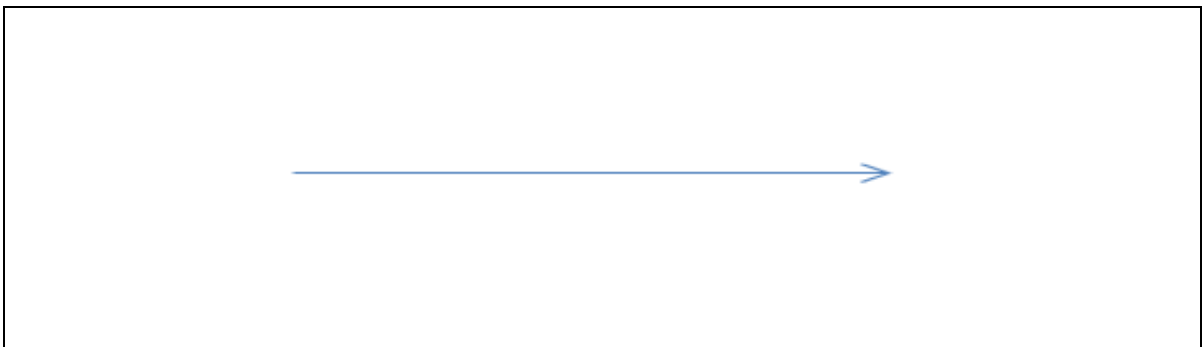


Figura 7 - Representação de uma tarefa
Fonte: O autor.

A etapa (ou nó) mostra o início ou fim de uma atividade, sendo que nela não existe nenhum consumo de tempo ou de recursos. A Figura 8 mostra a representação de um nó.

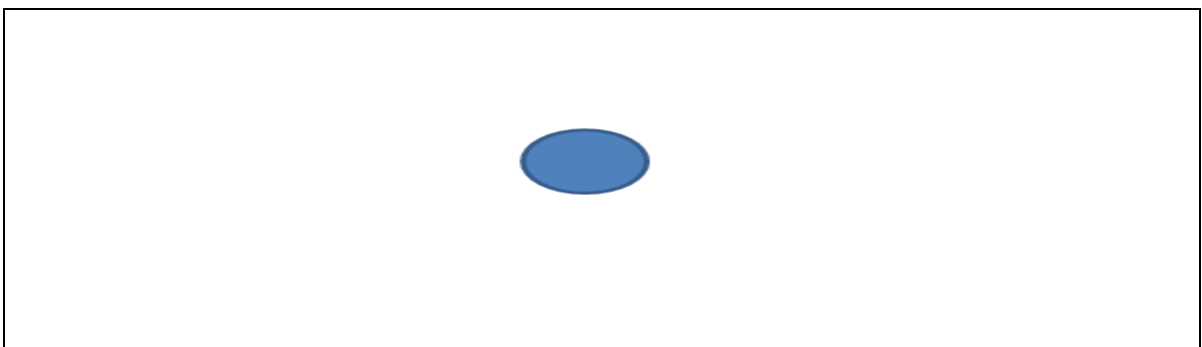


Figura 8 - Representação de uma etapa ou nó
Fonte: O autor.

3.4.4 Dependência Entre Atividades

Para a fabricação de uma rede PERT/CPM além do entendimento de cada etapa do processo, é preciso identificar as atividades inter-relacionadas. Uma atividade é inter-relacionada a outra quando, por exemplo, para começar o processo da atividade B, a atividade A deve ter sido totalmente concluída. É importante deixar claro que uma atividade pode ter mais de uma dependência para sua inicialização (AVILA; JUNGLES, 2013).

Abaixo, são apresentados um quadro de interdependência (Quadro 1) e a sua rede correspondente (Figura 9).

Atividade	Designação	Interdependência
Decidir oferecer o jantar	A	Nenhuma
Comprar ingredientes	B	A
Fazer lista de convidados	C	A
Fazer o jantar	D	B
Expedir convites	E	C
Colocar casa em ordem	F	D
Recepcionar convidados	G	D, E
Servir o jantar	H	G

Quadro 1 - Atividades e interdependência de um jantar
 Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

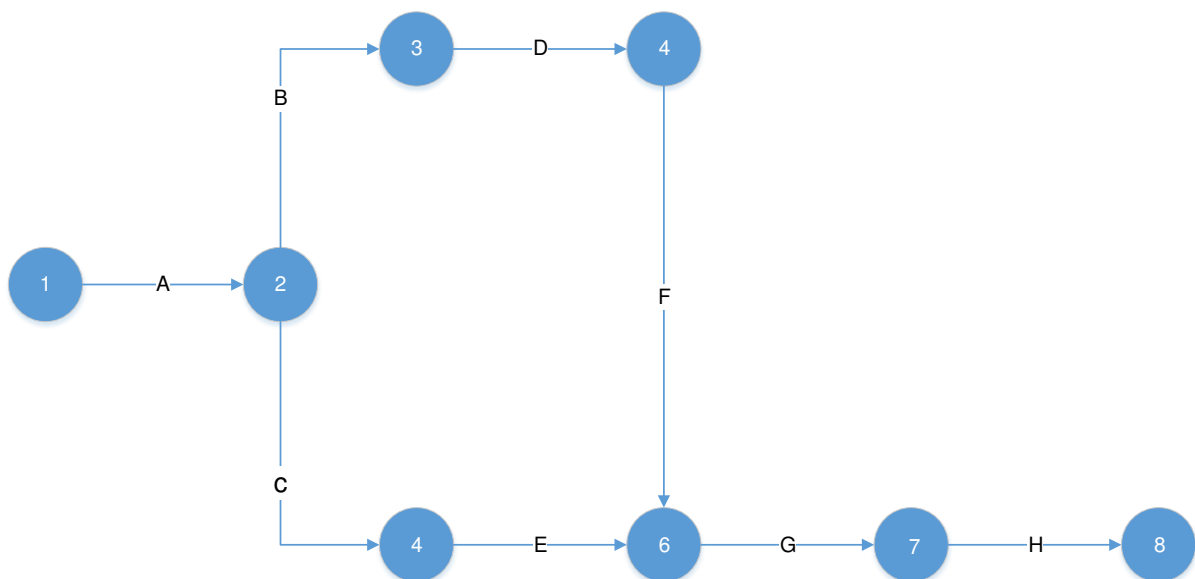


Figura 9 - Rede das atividades de um jantar
 Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

Na Figura 9, observa-se que a direção da seta (tarefa) demonstra a evolução do tempo do projeto. Por exemplo, a atividade A começa no nó 1 e termina no nó 2 (MOREIRA, 2008).

Dentro desse contexto, a Figura 10 exemplifica a relação de interdependência entre as atividades. Sendo possível verificar que atividade C iniciará somente após a finalização das atividades A e B. Sempre deve existir um início e fim nas atividades, começando da esquerda para direita (MOREIRA, 2008).

Porém, não é correto duas tarefas apresentarem o mesmo começo e fim. Assim, a Figura 10 esquematiza um ato incorreto de construção de rede PERT/CPM, com A e B iniciando na mesma etapa (MOREIRA, 2008).

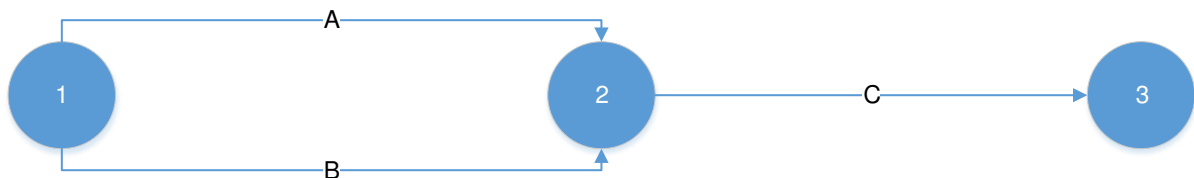


Figura 10 - Rede PERT/CPM montada de forma incorreta
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

Para que a rede fique da maneira correta, é necessário a colocação de mais um nó que interligará o início e o fim da tarefa B. Após a criação desse nó e a ligação da tarefa B, é preciso que uma linha fantasma seja criada (B'), pois C é interdependente de B (Figura 11) (MOREIRA, 2008).

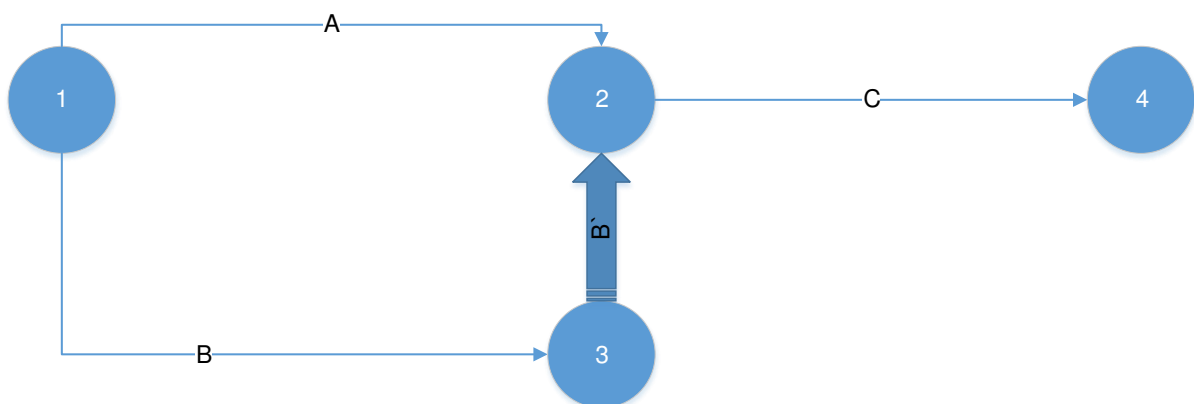


Figura 11 - Rede PERT/CPM confeccionada da forma correta
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

Existe uma exceção para a não utilização da linha fantasma (B`), a qual seria se a atividade a ser duplicada não possuir inter-relação com mais nenhuma tarefa, como exemplificado na Figura 12 (MOREIRA, 2008).

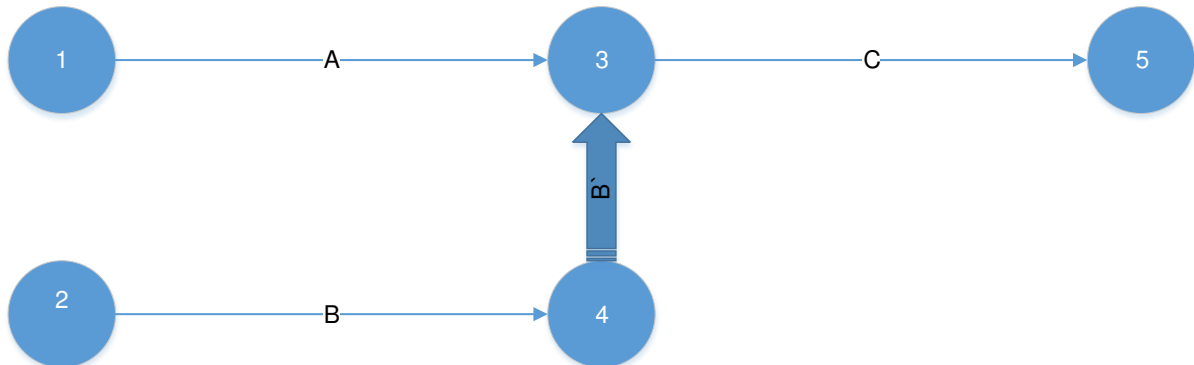


Figura 12 - Rede PERT/CPM com uma linha fantasma desnecessária
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

A Figura 13 mostra como seria a rede sem essa linha fantasma (B`) (MOREIRA, 2008).

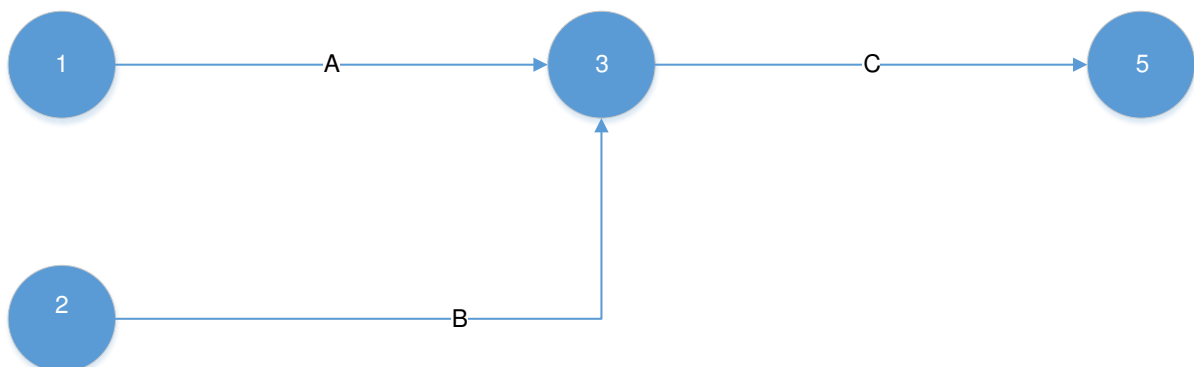


Figura 13 - Rede PERT/CPM sem a linha fantasma desnecessária
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

3.4.5 Determinação de tempo na rede PERT/CPM

Segundo Moreira (2008), existem três tipos de estimativas para a determinação de tempo:

- a) Estimativa Otimista (a), sendo o mínimo de tempo que uma atividade possa vir a consumir, o qual considera circunstâncias completamente a favor do projeto.

- b) Estimativa Mais Provável (m), que corresponde ao resultado de tempo tomando como base caso a tarefa fosse executada em muitas vezes.
- c) Estimativa Pessimista (b), sendo o tempo de duração maior, levando em conta todas as situações adversas que podem ocorrer.

Após a definição das estimativas de tempo, é necessário calcular o tempo estimado de cada atividade (T_i), por meio da Equação 1.

$$T_i = \frac{1}{6}(a + 4m + b) \quad (1)$$

Onde: a = Estimativa Otimista;

m = Estimativa Mais Provável;

b = Estimativa Pessimista.

Visando melhor compreensão do cálculo do tempo de cada atividade (T_i), vamos levar em consideração o exemplo do Quadro 1 e da Figura 10 mostrados anteriormente. A seguir, o Quadro 2 mostra os tempos estimados para as atividades do projeto, e o Quadro 3 são apresentados os valores calculados dos T_i . Vale ressaltar que esse é um exemplo didático, sendo que os tempos de cada atividade foram estimados.

Atividade	Designação	Interdependência	Duração otimista (minutos)	Duração mais provável (minutos)	Duração pessimista (minutos)
Decidir oferecer o jantar	A	Nenhuma	235	245	260
Comprar ingredientes	B	A	120	140	155
Fazer lista de convidados	C	A	90	110	120
Fazer o jantar	D	B	240	254	271
Expedir convites	E	C	60	75	86
Colocar casa em ordem	F	D	100	115	122
Recepcionar convidados	G	D, E	60	70	83
Servir o jantar	H	G	25	35	42

Quadro 2 - Durações de cada atividade do projeto
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

Atividade	Designação	Tempo estimado (T_i) (minutos)
Decidir oferecer o jantar	A	245,83
Comprar ingredientes	B	139,17
Fazer lista de convidados	C	108,33
Fazer o jantar	D	254,5
Expedir convites	E	74,33
Colocar casa em ordem	F	113,67
Recepcionar convidados	G	70,5
Servir o jantar	H	34,5

Quadro 3 - Tempos estimados para atividades do projeto
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

3.4.6 Determinação do Caminho Crítico

Após a determinação do tempo estimado de cada atividade (T_i) é necessário estabelecer o caminho crítico para encontrar o real tempo de execução do projeto como um todo. O primeiro passo para encontrar o caminho crítico é definir as datas de início e término das atividades. Moreira (2008) define as datas da seguinte maneira:

- Data mais cedo de início (DCI): é a data mais próxima que a atividade pode se iniciar, levando em consideração as atividades anteriores;
- Data mais cedo de término (DCT): é a data que mais próxima que a atividade pode ter um fim;
- Data mais tarde de início (DTI): é a data mais tardia que uma atividade pode se iniciar, sem que cause algum atraso no projeto;
- Data mais tarde de término (DTT): é a data mais atrasada que a atividade pode terminar.

As datas das atividades do projeto são determinadas por meio de fórmulas e regras (MOREIRA, 2008). A seguir será mostrado a equação que deve ser utilizada no cálculo cada data.

a) DCT

A DCT é determinada por meio da Equação 2.

$$DCT = DCI + Ti$$

(2)

Onde: DCT = Data Cedo de Término;

DCI = Data Cedo de Início;

Ti = Tempo de cada atividade.

Sendo que, Ti é o tempo de duração da atividade.

Para a determinação do DCI é preciso analisar a quantidade de atividades que chegam até o nó de início da atividade analisada; se houver mais de uma atividade chegando ao nó usa-se o valor com o maior tempo de execução.

b) DTI

A DTI é determinada por meio da Equação 3.

$$DTI = DTT - Ti$$

(3)

Onde: DTI = Data Tarde de Início;

DTT = Data Tarde de Término;

Ti = Tempo de cada atividade.

Onde: DTT de uma atividade é a menor das DTI das atividades que deixam o nó.

Exemplo: para melhor entendimento da aplicação das fórmulas, abaixo é apresentado um exemplo baseado na Figura 10 e no Quadro 3.

$$DCT(A) = DCI(A) + Ti(A)$$

$$DCT(A) = 0 + 245,83 = 245,83$$

$DCI(A)$ é zero pelo fato de ser a primeira atividade.

$$DCT(B) = DCI(B) + Ti(B)$$

$$DCI(B) = DCT(A)$$

$$DCT(B) = 245,83 + 139,17 = 385$$

$$DCT(C) = DCI(C) + Ti(C)$$

$$DCI(C) = DCT(A)$$

$$DCT(C) = 245,83 + 108,33 = 354,16$$

Os demais cálculos foram realizados da mesma maneira. O Quadro 4 mostra um resumo dos valores encontrados nos cálculos de *DCI* e *DCT*.

Atividade	<i>DCI</i> (minutos)	<i>DCT</i> (minutos)
A	0,00	245,83
B	245,83	385,00
C	245,83	354,16
D	385,00	639,50
E	354,16	428,49
F	639,50	753,17
G	753,17	823,67
H	823,67	858,17

Quadro 4 - Resumo dos cálculos dos *DCI* e *DCT*
 Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

A seguir será mostrado o desenvolvimento dos cálculos dos *DTI* e *DTT*.

$$DTI(H) = DTT(H) - Ti(H)$$

DTT(H) será igual *DCT(H)* pelo fato de H ser última atividade.

$$DTI(H) = 858,17 - 35,4 = 823,17$$

$$DTI(G) = DTT(G) - Ti(G)$$

$$DTT(G) = DTI(G)$$

$$DTT(G) = 823,17 - 70,5 = 753,17$$

$$DTI(F) = DTT(G) - Ti(G)$$

$$DTT(G) = DTI(G)$$

$$DTI(F) = 753,17 - 113,67 = 639,5$$

Os demais cálculos foram realizados da mesma maneira. O Quadro 5 mostra um resumo dos valores encontrados nos cálculos de *DTI* e *DTT*.

Atividade	<i>DTI</i> (minutos)	<i>DTT</i> (minutos)
A	0,00	245,83
B	245,83	385,00
C	570,51	678,84
D	385,00	639,50
E	678,84	753,17
F	639,50	753,17
G	753,17	823,67
H	823,67	858,17

Quadro 5 - Resumo dos valores de *DTI* e *DTT*
Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

O último passo para encontrar o caminho crítico do projeto é o cálculo das folgas das atividades (Equações 4 e 5).

$$FOLGA = DTI - DCI$$

(4)

Onde: *DTI* = Data Tarde de Início;

DCI = Data Cedo de Início.

$$FOLGA = DTT - DCT$$

(5)

Onde: *DTT* = Data Tarde de Término;

DCT = Data Cedo de Término.

Quando a folga da atividade for igual à zero significa que aquela atividade faz parte do caminho crítico do projeto. O Quadro 6 mostra a solução do exemplo mostrado (MOREIRA, 2008).

Atividade	Duração (minutos)	DTI (minutos)	DCI (minutos)	FOLGA (minutos)	DTT (minutos)	DCT (minutos)	FOLGA (minutos)
A	245,83	0,00	0,00	0,00	245,83	245,83	0,00
B	139,17	245,83	245,83	0,00	385,00	385,00	0,00
C	108,33	570,51	245,83	324,68	678,84	354,16	324,68
D	254,50	385,00	385,00	0,00	639,50	639,50	0,00
E	74,33	678,84	354,16	324,68	753,17	428,49	324,68
F	113,67	639,50	639,50	0,00	753,17	753,17	0,00
G	70,50	753,17	753,17	0,00	823,67	823,67	0,00
H	34,50	823,67	823,67	0,00	858,17	858,17	0,00

Quadro 6 - Resultado final do exemplo com as folgas

Fonte: Adaptado de Moreira (2008).

Com base no Quadro 6 pode-se afirmar que o caminho crítico do projeto é formado pelas atividades A-B-D-F-G-H. Somando os tempos de cada uma se obtém o tempo total do projeto: $245,83 + 139,17 + 254,50 + 113,67 + 70,50 + 34,50 = 858,17$ minutos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia é a descrição dos materiais, instrumentos e métodos utilizados para elaboração de um trabalho científico. Nela, deve constar o tipo de pesquisa que será realizada e os passos a serem seguidos (OLIVEIRA; VALENÇA, 2015).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa analisada está situada na região oeste do Paraná, e tem como ramo de atividade a construção civil. A construtora começou a ser consolidada através da iniciativa de seu proprietário que iniciou a atividade de forma autônoma como arquiteto fazendo apenas reformas. Com o passar dos anos e as mudanças no mercado, o empreendedor visualizou uma oportunidade de negócio que englobaria todas as etapas de construção de casas e edifícios.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

4.2.1 Do Ponto de Vista de Sua Natureza

Na classificação do ponto de vista de sua natureza, uma pesquisa pode ser classificada como básica e aplicada. A pesquisa básica tem como objetivo conceber um pensamento da ciência ou tecnologia sem uma aplicação prática. A pesquisa aplicada visa gerar conhecimento para uma aplicação, direcionada à resolução de problemas (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

Esse trabalho se enquadra na pesquisa aplicada, pelo fato de sua utilização prática em uma obra de construção civil, realizando o estudo de cada etapa do projeto e a definição dos tempos necessários para a execução do mesmo.

4.2.2 Do Ponto de Vista da Forma de Abordagem

A abordagem de um trabalho científico pode ser classificada como qualitativa e/ou quantitativa. A pesquisa qualitativa é aquela que não existem fórmulas ou receitas pré-estabelecidas para auxiliar seu desenvolvimento. Na pesquisa quantitativa, os resultados podem ser alcançados e analisados a partir da geração de dados, números e fórmulas (GIL, 2008).

Esse trabalho teve como forma de abordagem uma pesquisa quantitativa e qualitativa, a primeira devido os levantamentos de tempo de execução de cada operação que foram obtidos a partir da análise da base de dados da empresa, e com a obtenção dos tempos de cada atividade foram calculados os *DCT*, *DCI*, *DTT* e *DTI*. A segunda no sentido de que, os dados obtidos serviram de mecanismo para tomada de decisão gerencial, seja no cumprimento ou não dos prazos, como também de negociação com fornecedores a respeito do custo de execução de determinadas atividades.

4.2.3 Do Ponto de Vista dos Objetivos

Do ponto de vista dos objetivos, uma pesquisa científica pode ser dividida em três tipos (GIL, 2008). A primeira corresponde a pesquisa exploratória, cuja meta é desenvolver e esclarecer pensamentos com o objetivo de definir ideias mais concretas e precisas para auxiliar em pesquisas posteriores. A segunda pesquisa é a descritiva, que tem como finalidade a descrição de uma estipulada população ou fenômeno. E por último a pesquisa explicativa, um tipo de pesquisa mais real que explica a razão e o porquê de determinados acontecimentos.

Neste trabalho foi utilizado uma pesquisa exploratória, devido a busca por uma ideia concreta de aplicação de PERT/CPM na construção civil, em uma empresa específica, mostrando que esta ferramenta pode ser utilizada para administração dos tempos de execução de uma obra.

4.2.4 Do Ponto de Vista dos Procedimentos Técnicos

As principais classificações dos procedimentos técnicos são apresentadas no Quadro 7.

Procedimento	O que é?
Pesquisa Bibliográfica	Pesquisa feita a partir de um trabalho ou pesquisa já realizado.
Pesquisa Documental	Realizado com materiais que não passaram por um meio de análise.
Pesquisa Experimental	Quando se define um objeto de estudo, com o objetivo de estudar os fatores que influenciam nesse objeto.
Levantamento	É a pesquisa que depende diretamente das pessoas, e o objetivo dessa pesquisa seria conhecer essas pessoas.
Estudo de Caso	É o estudo aprofundado que um ou poucos objetos, buscando o conhecimento desse objeto.
Pesquisa <i>Ex post facto</i>	Quando a pesquisa ocorre após o acontecimento do fato pesquisado.

Quadro 7 - Procedimentos técnicos

Fonte: Adaptado de Gil (2008).

Esse trabalho se enquadra principalmente em dois procedimentos técnicos. O primeiro está relacionado a uma pesquisa documental, pois foram utilizadas informações do banco de dados da empresa para a determinação de cada tempo das atividades. O segundo procedimento enquadrado nessa pesquisa é o estudo de caso, pelo fato da utilização de uma empresa específica e o acompanhamento de uma obra de construção civil para aplicação do PERT/CPM.

Para melhor entendimento, na Figura 14 é apresentado um fluxograma que foi elaborado para mostrar, resumidamente, as classificações metodológicas da pesquisa desse trabalho.

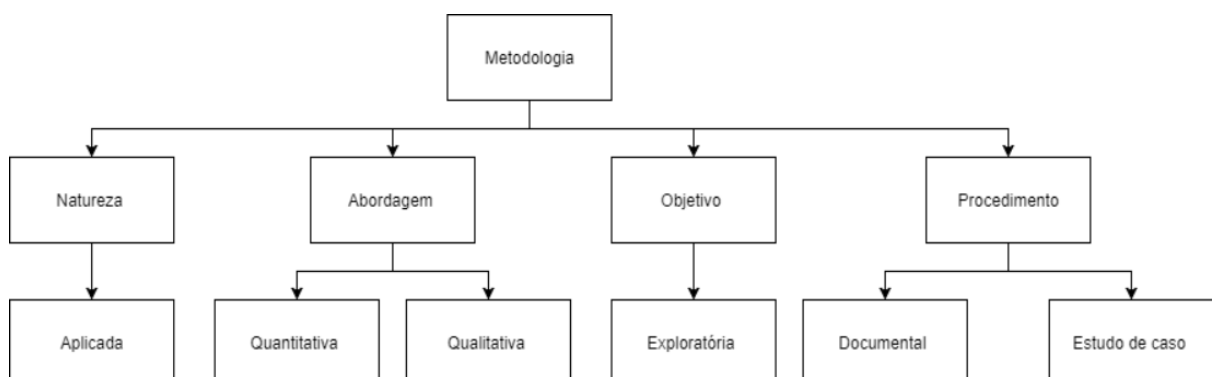


Figura 14 - Fluxograma de pesquisa

Fonte: O autor.

4.3 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em seis passos de execução para um melhor desenvolvimento do trabalho, os quais são descritos abaixo.

Primeiro passo: visita à empresa, para a determinação de qual obra será utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo passo: após a definição da obra, foi realizada uma visita à construção para análise de qual etapa a obra se encontra, sendo a pesquisa realizada a partir daquela etapa.

Terceiro passo: sabendo em qual etapa se encontra a obra, determinou-se até qual etapa a pesquisa seria realizada para a aplicação do PERT/CPM.

Quarto passo: com as etapas definidas, foi necessário realizar um estudo individual de cada etapa para determinar as interdependências entre as atividades.

Quinto passo: com a ajuda do engenheiro civil e com o banco de dados da empresa, foram determinados os tempos de cada atividade, levando em conta o período do ano da obra em razão das condições climáticas e histórico da empresa de rotatividade de pessoal.

Sexto passo: calculou-se os *DTI*, *DTT*, *DCI* e *DCT* para a determinação do caminho crítico e, conseqüentemente, do tempo total do projeto.

Utilizar o PERT/CPM possibilita que o gestor conheça o caminho crítico do projeto; com isso, pode-se tomar decisões de controle para que as atividades onde a folga é zero não atrasem e gerem um descontentamento por parte do cliente final.

Com a descoberta das folgas de cada atividade, o gestor de projetos tem um melhor poder de negociação com os fornecedores de matéria-prima das atividades que apresentam maior folga, pois quanto maior o horizonte de tempo, mais flexível será a negociação de preços e a análise de mais fornecedores do mercado.

4.4 MICROSOFT PROJECT

Para elaboração desse trabalho foi utilizado o software Microsoft Project, que é um programa utilizado para elaboração de cronogramas e auxílio à projetos. Além

da montagem do cronograma do projeto, o Project elabora a rede PERT e determina o caminho crítico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo para realizar esse estudo foi escolher a obra para definição de cada etapa e suas dependências. Atualmente, a empresa está finalizando a construção de um prédio e começando outros três.

Escolheu-se a obra que está sendo finalizada, pelo fato de ter maior número de atividades e, conseqüentemente, dependências entre as mesmas.

5.1 OBRA ESCOLHIDA

A obra escolhida está localizada na região Oeste do Paraná, e corresponde à construção de um edifício residencial com cinco pavimentos e seis apartamentos por pavimento, em um total de trinta apartamentos (Figura 15).



Figura 15 - Faixada do prédio
Fonte: O autor.

O edifício projetado não possui apartamento de cobertura, e contém quatro apartamentos com três quartos e dois apartamentos com dois quartos por pavimento. O estacionamento está localizado no térreo, e o prédio é contemplado com um gazebo, área de lazer e parquinho para crianças.

5.2 REDE PERT DA OBRA

Para melhor compreensão da construção desse edifício, foi construída uma rede PERT da obra com uso do software Microsoft Project, ilustrada na Figura 16 e que será detalhada a seguir.

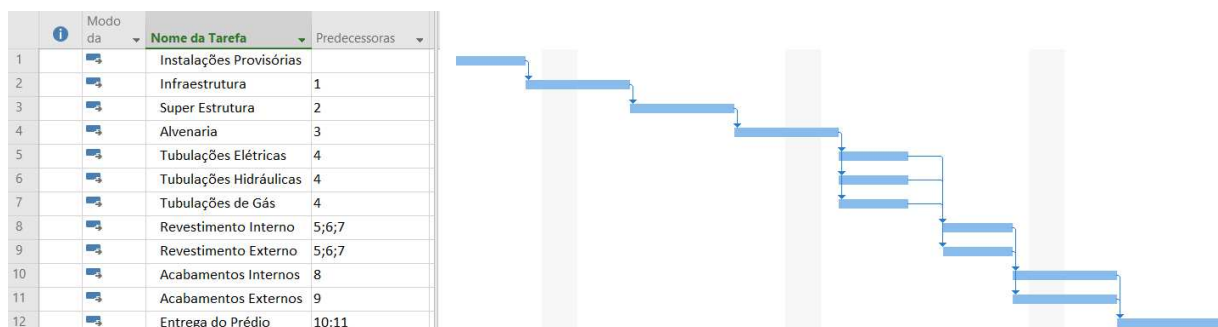


Figura 16 - Rede PERT de toda a obra
Fonte: O autor.

Na coluna Nome da Tarefa é realizada uma descrição de cada atividade, no lado esquerdo existe uma numeração para cada tarefa, por exemplo Instalações Provisórias é a atividade 1. Na coluna Predecessoras consta a numeração da atividade que precisa terminar para que outra atividade comece. Por exemplo, Infraestrutura tem como predecessora a atividade 1 (Instalações Provisórias).

5.2.1 Instalações Provisórias

Segundo a NR-18 (Norma Regulamentadora voltada a construção civil), para o início de qualquer obra é obrigatória a construção de instalações provisórias, que

fazem parte do canteiro de obra. Essas instalações poderão conter: banheiros, vestiários, cozinha, área de vivência, refeitório, almoxarifado, ambulatório e entre outros, os quais irão depender das características da obra.

5.2.2 Infraestrutura

A infraestrutura são estruturas invisíveis que dão sustentação ao prédio, e possuem esta característica pelo fato de ficarem debaixo do solo. Nessa etapa se encontra a fundação, arranque dos pilares e a viga baldrame. A atividade predecessora da infraestrutura é instalações provisórias.

5.2.3 Superestrutura

A superestrutura são as estruturas que ficam acima do nível do solo, ou seja, são os pilares, vigas e as lajes. Para que a superestrutura possa começar, todas as atividades da infraestrutura precisam estar prontas, tornando assim a infraestrutura uma atividade predecessora da superestrutura.

5.2.4 Alvenaria

A alvenaria nada mais é do que uma estrutura feita com tijolos ligados entre si com argamassa. Existem vários tipos de alvenaria, blocos cerâmicos, tijolos, pedras, entre outros, nessa obra foram utilizados tijolos. Para que a alvenaria comece, a superestrutura deve estar pronta, tornando assim a superestrutura uma atividade predecessora da alvenaria.

5.2.5 Tubulações Elétricas, Hidráulicas e de Gás

Após a finalização da alvenaria é necessário fazer a passagem das tubulações elétricas, hidráulicas e de gás, lembrando que na fabricação das lajes é preciso deixar as passagens de tubulações. Após o término da alvenaria começa a colocação das tubulações nas paredes, tornando-se a alvenaria uma atividade predecessora de todas as tubulações.

5.2.6 Revestimento Interno e Externo

Para se fazer um revestimento de uma alvenaria é preciso seguir alguns passos. Primeiramente se faz o chapisco, que é uma camada de 3 a 5 milímetros e a sua composição segue a proporção 1:3, ou seja, a cada saco de cimento deve-se colocar três sacos de areia.

Após chapisco vem o emboço, que internamente tem uma espessura 1,5 a 2 centímetros e nas paredes externas 3 a 4 centímetros. A composição do emboço é de 1:2:8, a cada um saco de cimento é necessário dois sacos de cal hidratada e 8 sacos de areia.

A última camada do revestimento é o reboco, uma camada preparada para receber a pintura. O reboco tem uma camada fina de 5 milímetros, e geralmente segue uma composição de 6:1, a cada seis sacos de cimento é colocado um saco de areia.

Para que o revestimento seja iniciado, as tubulações devem estar colocadas nos seus lugares, assim a instalação de todas as tubulações são predecessoras dos revestimentos.

A Figura 17 demonstra a fabricação do revestimento.

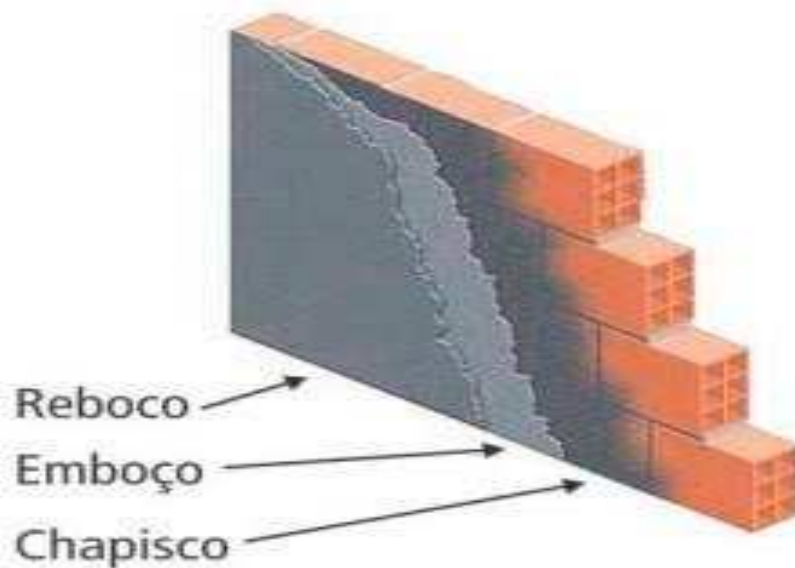


Figura 17 - Demonstração de chapisco, emboço e reboco
Fonte: Frollini (2016).

5.2.7 Acabamentos Internos

Os acabamentos internos são feitos por empresas terceirizadas. Os acabamentos internos correspondem à colocação de porcelanato e rejuntas, pintura interna dos apartamentos, aplicação de forro em gesso, e instalação das portas, sanitários, cubas e guarda-corpo.

Os acabamentos internos podem começar somente após o término das atividades de revestimento interno.

5.2.8 Acabamentos Externos

O foco desse trabalho foi em cima dos acabamentos externos, eles serão detalhados e explicados mais à frente. A escolha dessa etapa para detalhamento e fabricação da rede PERT/CPM, deve-se ao fato de que ao iniciar o estudo essa etapa tinha recém começado, o que possibilitava melhor acompanhamento das suas atividades.

5.2.9 Entrega do Prédio

Após a conclusão de todas as etapas anteriores, é necessário fazer uma vistoria no prédio, para verificar se tudo está funcionando, somente após a vistoria o prédio está pronto para a entrega.

5.3 DESCRIÇÃO DE CADA ATIVIDADE DOS ACABAMENTOS EXTERNOS

No início da execução desse trabalho, a obra encontrava-se nas etapas de acabamentos. O Quadro 8 demonstra as atividades avaliadas.

Atividade	Nome da atividade
a	Muro da Frente
b	Requadro do Muro
c	Cisterna
d	Parte Elétrica do Elevador
e	Limpeza (1)
f	Luzes Laterais
g	Laje da Cisterna
h	Elevador
i	Gesso do Térreo
j	Desmonte do Canteiro
k	Pintura
l	Área de Lazer
m	Gazebo
n	Acabamento Parte Elétrica
o	Nivelamento
p	Paisagismo
q	Calçada
r	Limpeza (2)

Quadro 8 - Atividades de estudo

Fonte: O autor.

5.3.1 Muro da Frente

No início desse estudo, não havia começado a construção do muro da frente, porém era de grande importância o começo imediato e a sua finalização pelo fato

dessa etapa ser predecessora de outras atividades. Sendo que, o muro da frente em si não tinha predecessora. A Figura 18 mostra a construção do muro da frente após cinco dias de trabalho.



Figura 18 - Muro da frente após cinco dias de trabalho
Fonte: O autor.

A construção do muro é uma atividade rápida, pelo fato de ter muitas áreas vazadas destinadas no projeto para grades e portões. O que demanda mais tempo nessa etapa são os detalhes da obra, como a guarita, central de gás que fica anexa ao muro, local para lixeira e os pontos de iluminação, bem como o pergolado que foi planejado para ser construído entre o muro e o prédio.

5.3.2 Requadro do Muro Lateral

Na lateral esquerda do prédio, projetaram-se áreas para estacionamento dos carros, e para demarcação da área de cada carro foi realizado um requadro no muro a fim de que os pilares ficassem ressaltados para facilitar a demarcação do estacionamento.

Essa etapa da construção começou antes do estudo e encontrava-se em finalização. Assim, correspondia a uma atividade que não tinha predecessoras, mas outras atividades eram dependentes dela para que fossem iniciadas.

5.3.3 Cisterna

Segundo o plano diretor da cidade do estudo, em toda construção acima de 100 m² é obrigatório a instalação de uma cisterna para o armazenamento da água da chuva. A construção da cisterna iniciou antes do estudo, com a abertura no solo e a colocação da caixa d'água no local, faltando somente o término da instalação das tubulações (Figura 19).

A cisterna não possui predecessoras, mas outras atividades dependem dela para serem executadas.

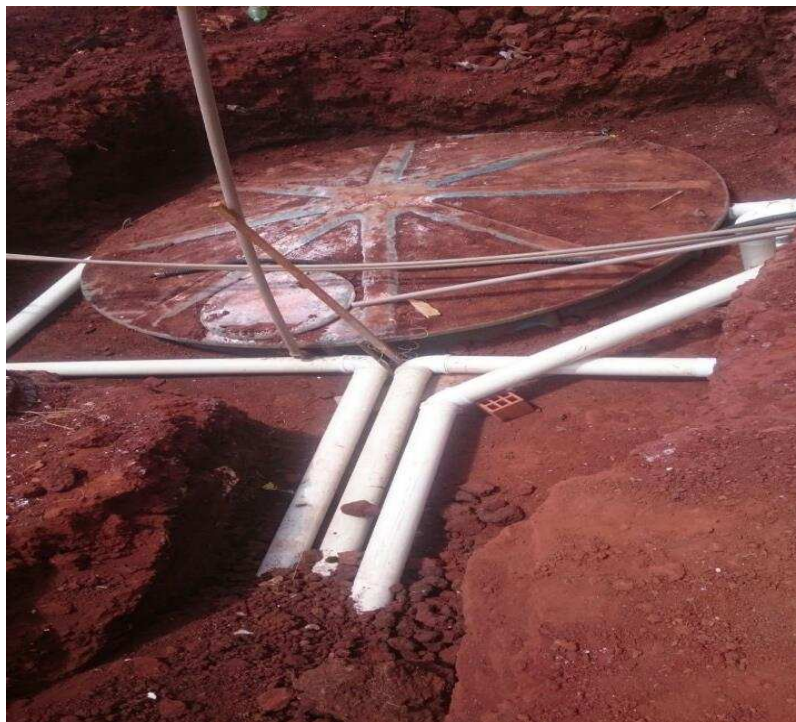


Figura 19 - Cisterna instalada e tubulações conectadas
Fonte: O autor.

5.3.4 Laje da Cisterna

Cisterna devidamente instalada e tubulações conectadas, foi necessário fazer uma laje sobre a cisterna para proceder a terraplanagem e o nivelamento do terreno sem nenhum risco de desmoronamento (Figuras 20 e 21). Assim, a instalação da cisterna corresponde a uma atividade predecessora da laje.



Figura 20 - Início da construção da laje da cisterna
Fonte: O autor.



Figura 21 - Término da construção da laje da cisterna
Fonte: O autor.

5.3.5 Parte Elétrica do Elevador

Para a instalação do elevador, foi necessário que a toda a parte elétrica estivesse concluída, com os pontos de energia e o quadro de eletricidade do elevador devidamente instalados. Finalizada a execução dessas atividades, a empresa responsável pela instalação do elevador foi solicitada para a realizar o serviço. Vale ressaltar que essa atividade não possui predecessoras.

5.3.6 Elevador

O elevador foi instalado por uma empresa de São Paulo, que realizou várias inspeções na obra para verificar se os pré-requisitos para a instalação foram

atendidos antes de enviar o mesmo para o local da construção. Para a instalação, a parte elétrica do elevador deve estar toda pronta, ou seja, a parte elétrica do elevador é uma predecessora do elevador.

5.3.7 Limpeza (1)

A limpeza (1) consiste na retirada de materiais que não são mais utilizados na obra, como restos de canos que sobraram das tubulações, caixarias, entre outros. Essa atividade tem como predecessora o muro da frente, devido à limitação de mão de obra.

5.3.8 Luzes Laterais

As luzes laterais correspondem a iluminação junto ao muro, as quais deixam o ambiente do prédio bem iluminado e facilitam a localização de vagas no estacionamento. Para instalar as luzes laterais, o muro lateral deve estar totalmente enquadrado.

5.3.9 Gesso do Térreo

Com a finalidade de melhorar o acabamento do térreo e esconder tubulações hidráulicas e elétricas, foi projetado a aplicação de um forro de gesso. Antes dessa etapa da obra, a limpeza (1) precisou ser concluída para que a empresa terceirizada utilizasse um espaço mais amplo para realização do seu trabalho. Portanto, a limpeza (1) torna-se uma atividade predecessora do gesso.

5.3.10 Desmonte do Canteiro

Como parte dos acabamentos de uma obra, é necessário desmontar o canteiro de obras a fim de liberar espaço para que ocorra o nivelamento do terreno, o qual é realizado em partes conforme a necessidade. Por exemplo, retira-se o vestiário após finalizar a construção do depósito do prédio, visto que neste local é disponibilizado um banheiro para uso dos funcionários.

A predecessora do desmonte do canteiro é o muro da frente, requadro do muro e laje da cisterna, em razão da necessidade de funcionários nessas etapas.

5.3.11 Pintura Externa

A pintura externa foi executada por empresa terceirizada, e realizada por dois funcionários que ficam pendurados em cadeiras nas paredes do prédio (Figura 22).

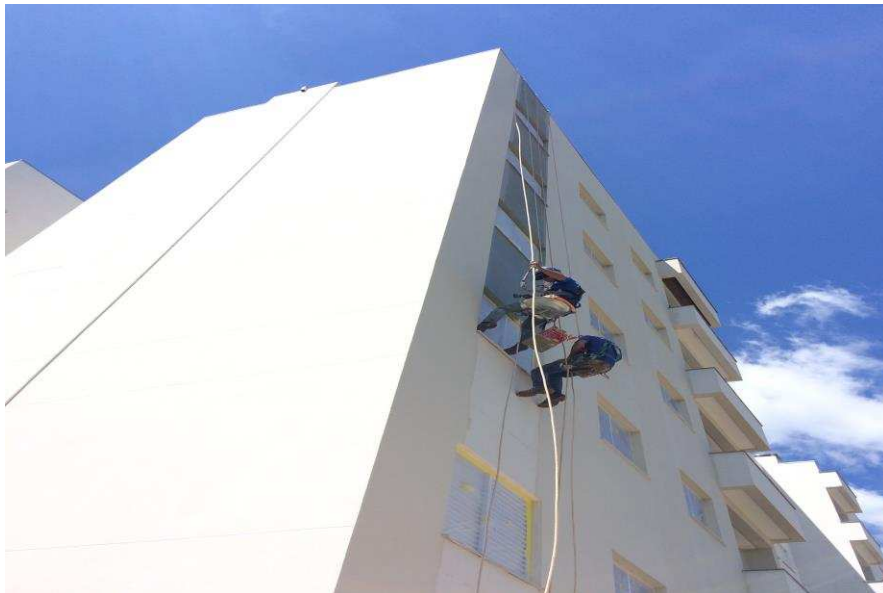


Figura 22 - Pintura externa
Fonte: O autor.

A atividade predecessora da pintura externa é o gesso do térreo e das sacadas, visto que o gesso necessita de acabamentos em tinta e é mais vantajoso fazer toda pintura externa uma única vez.

5.3.12 Nivelamento

O nivelamento é uma atividade de grande importância por ser predecessora das atividades de acabamentos do térreo e do paisagismo. Assim, realizou-se uma terraplanagem para nivelar o estacionamento com o restante do terreno.

O início dessa atividade depende da finalização da etapa de desmonte do canteiro porque não deve haver nada no terreno que impeça o nivelamento. Além do desmonte, as luzes laterais precisam estar instaladas devido às ligações elétricas passarem por baixo da terra.

5.3.13 Calçada

Com o início da obra, a calçada que passava na frente do terreno foi quebrada para a construção de uma nova calçada, além de uma estética específica para o prédio ela precisa ter uma resistência maior, devido ao grande número de carros que passará por dia em cima da calçada.

5.3.14 Paisagismo

O paisagismo é o projeto de áreas verdes na região externa do edifício. Na empresa estudada os arquitetos fazem o projeto inicial, porém quem faz a execução do paisagismo é uma empresa terceirizada. O paisagismo somente pode começar após a conclusão da atividade de nivelamento.

5.3.15 Gazebo

O gazebo é uma estrutura para festas e eventos, e sua cobertura é feita a partir de uma estrutura de pergolado. Para que seja iniciada a construção do gazebo, o nivelamento deve estar finalizado. A Figura 23 ilustra como é um gazebo.



Figura 23 - Gazebo
Fonte: O autor.

5.3.16 Área de Lazer

A área de lazer é um espaço em anexo ao gazebo, onde terá um parquinho. Além de brinquedos para as crianças, essa área terá bancos para as pessoas se reunirem. Assim como o gazebo, para a área de lazer começar o nivelamento deve estar finalizado.

5.3.17 Acabamento da Parte Elétrica

Após todas as tubulações da parte elétrica passadas, é necessário fazer o acabamento, ou seja, colocação de interruptores, tomadas e luzes. Para começar os acabamentos da parte elétrica é necessário que o gesso do térreo esteja pronto, para passar os pontos de energia pelo gesso.

5.3.18 Limpeza (2)

A limpeza (2) é realizada ao finalizar a construção do prédio, antes da sua entrega, e executada por uma empresa de limpeza terceirizada. É a limpeza geral do prédio, tanto apartamentos e corredores quanto área externa. A limpeza (2) tem como predecessoras as atividades do elevador, calçada, área de lazer, paisagismo, gazebo, pintura e acabamento da parte elétrica.

5.4 PERT/CPM DO ACABAMENTO EXTERNO

O primeiro passo para a realização da rede PERT/CPM do acabamento externo, foi o estudo de cada atividade e identificação das predecessoras. O Quadro 9 demonstra cada atividade e suas predecessoras.

Atividade	Nome da atividade	Predecessoras
a	Muro da Frente	
b	Requadro do Muro	
c	Cisterna	
d	Parte Elétrica do Elevador	
e	Limpeza (1)	a
f	Luzes Laterais	b
g	Laje da Cisterna	c
h	Elevador	d
i	Gesso do Térreo	e
j	Desmonte do Canteiro	a; b; g
k	Pintura	i
l	Área de Lazer	o
m	Gazebo	o
n	Acabamento Parte Elétrica	i
o	Nivelamento	j; f
p	Paisagismo	o
q	Calçada	o
r	Limpeza (2)	h; k; l; m; n; p; q

Quadro 9 - Descrição das atividades e suas predecessoras

Fonte: O autor.

Com as atividades definidas e as predecessoras bem estabelecidas, a rede PERT já pode ser montada, para posteriormente elaborar o caminho crítico (CPM). A Figura 24 mostra a rede PERT montada.

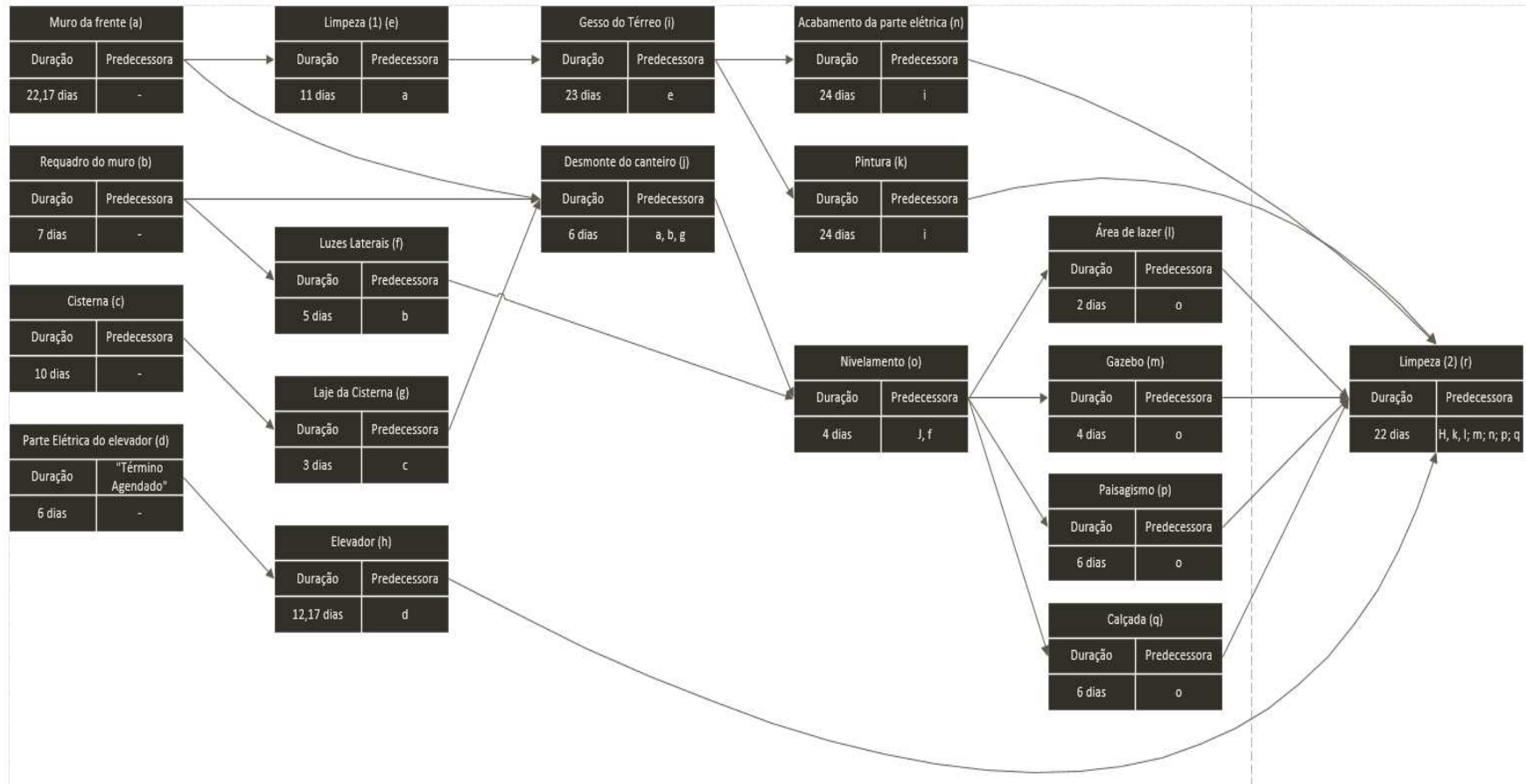


Figura 24 - Rede PERT do acabamento externo
 Fonte: O autor.

5.4.1 Determinação dos Tempos de Cada Atividade

Com rede PERT montada, o próximo passo foi a determinação dos tempos otimistas, mais prováveis e pessimistas de cada atividade. A determinação dos tempos mais prováveis foi feita com o auxílio do banco de dados da própria empresa, que apresenta os índices de produtividades de cada atividade por m². Esses índices são feitos com base em obras anteriores, e por determinação da empresa a forma de cálculo dos índices não pode ser mostrada nesse trabalho.

A determinação dos tempos otimistas e pessimistas foi realizada com reuniões junto à equipe de engenharia da empresa e com as empresas terceirizadas.

O Quadro 10 mostra todos os tempos de cada atividade.

Atividade	Nome da atividade	Tempo Otimista (dias)	Tempo Mais Provável (dias)	Tempo Pessimista (dias)
a	Muro da Frente	20	22	25
b	Requadro do Muro	5	7	9
c	Cisterna	5	10	15
d	Parte Elétrica do Elevador	5	6	7
e	Limpeza (1)	10	11	12
f	Luzes Laterais	3	5	7
g	Laje da Cisterna	1	3	5
h	Elevador	10	12	15
i	Gesso	20	23	26
j	Desmonte do Canteiro	5	6	7
k	Pintura	20	24	28
l	Área de Lazer	1	2	3
m	Gazebo	3	4	5
n	Acabamento Parte Elétrica	20	23	25
o	Nivelamento	2	4	6
p	Paisagismo	5	6	7
q	Calçada	5	6	7
r	Limpeza (2)	20	22	24

Quadro 10 - Tempos otimistas, mais prováveis e pessimistas para cada atividade

Fonte: O autor.

Com os tempos otimistas, mais prováveis e pessimista determinados, foram calculados os tempos estimados de cada atividade (T_i), por meio da Equação 1.

$$T_i = \frac{1}{6}(a + 4m + b) \quad (1)$$

Onde: a = Estimativa Otimista;
 m = Estimativa Mais Provável;
 b = Estimativa Pessimista.

Para exemplificar o cálculo realizado, abaixo tem a demonstração do cálculo de T_i da atividade “a” (Muro da Frente).

$$T_i(a) = \frac{1}{6}(20 + (4 * 22) + 25)$$

$$T_i(a) = 22,17 \text{ dias}$$

O Quadro 11 mostra os tempos estimados de cada atividade.

Atividade	Nome da atividade	$T(i)$ (dias)
a	Muro da frente	22,17
b	Requadro do muro	7,00
c	Cisterna	10,00
d	Parte Elétrica do elevador	6,00
e	Limpeza (1)	11,00
f	Luzes Laterais	5,00
g	Laje da cisterna	3,00
h	Elevador	12,17
i	Gesso do Térreo	23,00
j	Desmonte do canteiro	6,00
k	Pintura	24,00
l	Área de lazer	2,00
m	Gazebo	4,00
n	Acabamento parte elétrica	22,83
o	Nivelamento	4,00
p	Paisagismo	6,00
q	Calçada	6,00
r	Limpeza (2)	22,00

Quadro 11 - Tempo estimado para cada atividade
 Fonte: O autor.

5.4.2 Determinação dos *DCI*, *DCT*, *DTI*, *DTT*

Com a determinação do tempo estimado de cada atividade é necessário o cálculo dos *DCI*, *DCT*, *DTI*, *DTT* para que fosse calculado as folgas e determinar o caminho crítico do projeto. Primeiramente, foram calculados o *DCI* e o *DCT* (Equação 2).

$$DCT = DCI + Ti$$

(2)

Onde: *DCT* = Data Cedo de Término;

DCI = Data Cedo de Início;

Ti = Tempo de cada atividade.

A seguir, será demonstrado o cálculo da atividade “a” (Muro da Frente).

$$DCT(a) = DCI(a) + Ti(a)$$

$$DCI(a) = 0, \text{ devido a atividade está no inicio da rede PERT/CPM}$$

$$DCT(a) = 0 + 22,17$$

$$DCT(a) = 22,17 \text{ dias}$$

No Quadro 12, são apresentados os valores encontrados.

Atividade	Nome da atividade	DCI (dias)	DCT (dias)
a	Muro da frente	0,00	22,17
b	Requadro do muro	0,00	7,00
c	Cisterna	0,00	10,00
d	Parte Elétrica do elevador	0,00	6,00
e	Limpeza (1)	22,17	33,17
f	Luzes Laterais	7,00	12,00
g	Laje da cisterna	10,00	13,00
h	Elevador	6,00	18,17
i	Gesso do Térreo	33,17	56,17
j	Desmonte do canteiro	22,17	28,17
k	Pintura	56,17	80,17
l	Área de lazer	32,17	34,17
m	Gazebo	32,17	36,17
n	Acabamento parte elétrica	56,17	79,00
o	Nivelamento	28,17	32,17
p	Paisagismo	32,17	38,17
q	Calçada	32,17	38,17
r	Limpeza (2)	80,17	102,17

Quadro 12 - Determinação DCI e DCT para cada atividade

Fonte: O autor.

Após a determinação dos *DCI* e *DCT* foram calculados os *DTI* e *DTT* por meio da Equação 3.

$$DTI = DTT - Ti$$

(3)

Onde: *DTI* = Data Tarde de Início;

DTT = Data Tarde de Término;

Ti = Tempo de cada atividade.

Para calcular o *DTI* e *DTT*, é necessário começar pela última atividade. Nesse caso, o primeiro cálculo foi feito com a atividade “r” (Limpeza (2)).

$$DTI(r) = DTT(r) - Ti(r)$$

$$DTT(r) = 102,17, \text{ pois } DTT(r) \text{ é igual a } DCT(r)$$

$$DTI(r) = 102,17 - 22$$

$$DTI(r) = 80,17 \text{ dias}$$

Os valores encontrados para cada atividade estão no Quadro 13.

Atividade	Nome da atividade	DTT (dias)	DTI (dias)
a	Muro da frente	22,17	0,00
b	Requadro do muro	64,17	57,17
c	Cisterna	61,17	51,17
d	Parte Elétrica do elevador	68,00	62,00
e	Limpeza (1)	33,17	22,17
f	Luzes Laterais	70,17	65,17
g	Laje da cisterna	64,17	61,17
h	Elevador	80,17	68,00
i	Gesso do Térreo	56,17	33,17
j	Desmonte do canteiro	70,17	64,17
k	Pintura	80,17	56,17
l	Área de lazer	80,17	78,17
m	Gazebo	80,17	76,17
n	Acabamento parte elétrica	80,17	57,34
o	Nivelamento	74,17	70,17
p	Paisagismo	80,17	74,17
q	Calçada	80,17	74,17
r	Limpeza (2)	102,17	80,17

Quadro 13 - Determinação do DTT e DTI para cada atividade

Fonte: O autor.

5.4.3 Determinação do Caminho Crítico

Com o cálculo dos *DCI*, *DCT*, *DTT*, *DTI* foi possível determinar as folgas de cada atividade, utilizando as Equações 4 e 5.

$$FOLGA = DTI - DCI$$

(4)

Onde: *DTI* = Data Tarde de Início;

DCI = Data Cedo de Início.

$$FOLGA = DTT - DCT$$

(5)

Onde: *DTT* = Data Tarde de Término;

DCT = Data Cedo de Término.

Para melhor entendimento da utilização das fórmulas das folgas, a seguir será demonstrado o cálculo das folgas da atividade “a” (Muro da Frente).

$$FOLGA(a) = DTI(a) - DCI(a)$$

$$FOLGA(a) = 0 - 0$$

$$FOLGA(a) = 0 \text{ dias}$$

$$FOLGA(a) = DTT(a) - DCT(a)$$

$$FOLGA(a) = 22,17 - 22,17$$

$$FOLGA(a) = 0 \text{ dias}$$

A determinação das folgas é muito importante, além de encontrar o caminho crítico do projeto, elas demonstram quais atividades tem um horizonte de tempo maior para negociações. O Quadro 14 mostra os valores das folgas encontrados.

Atividade	Nome da atividade	FOLGA (dias)	FOLGA (dias)
a	Muro da frente	0,00	0,00
b	Requadro do muro	57,17	57,17
c	Cisterna	51,17	51,17
d	Parte Elétrica do elevador	62,00	62,00
e	Limpeza (1)	0,00	0,00
f	Luzes Laterais	58,17	58,17
g	Laje da cisterna	51,17	51,17
h	Elevador	62,00	61,00
i	Gesso do Térreo	0,00	0,00
j	Desmonte do canteiro	42,00	42,00
k	Pintura	0,00	0,0,
l	Área de lazer	46,00	46,00
m	Gazebo	44,00	44,00
n	Acabamento parte elétrica	1,17	1,17
o	Nivelamento	42,00	42,00
p	Paisagismo	42,00	42,00
q	Calçada	42,00	42,00
r	Limpeza (2)	0,00	0,00

Quadro 14 - Folgas das atividades

Fonte: O autor.

Como foi explicado no tópico Revisão de Literatura, o caminho crítico é determinado pelas atividades que a folga é igual a zero. Logo, o caminho crítico foi formado pelas seguintes atividades:

- Muro da Frente;
- Limpeza (1);
- Gesso do Térreo;
- Pintura;
- Limpeza (2).

O tempo do projeto é determinado pela soma dos tempos das atividades que estão no caminho crítico. Assim:

$$\text{Tempo do Projeto} = Ti(a) + Ti(e) + Ti(i) + Ti(k) + Ti(r)$$

$$\text{Tempo do Projeto} = 22,17 + 12 + 24 + 25 + 23$$

$$\text{Tempo do Projeto} = 106,17 \text{ dias}$$

5.4.4 Propostas de Melhorias

- Muro da Frente

O muro da frente era uma atividade executada pela equipe da própria construtora, porém a mesma era realizada de uma maneira equivocada, não havia uma divisão correta da equipe de trabalho, formada por apenas 2 oficiais e 1 auxiliar, o que gerava ociosidade dos funcionários. A nova divisão da atividade ficou da seguinte maneira: 3 oficiais e 2 auxiliares.

Os oficiais têm a função de fazer o assentamento de tijolos e proceder a fabricação dos pilares de sustentação. Com o muro erguido, os oficiais ficam responsáveis pelo chapisco, emboço e reboco do muro.

No assentamento de tijolos, a função de um dos auxiliares é a fabricação e transporte de argamassa e concreto para os oficiais, já o segundo auxiliar fica responsável pelo transporte de tijolos.

Na fabricação dos pilares, a função dos auxiliares é ajudar os oficiais no posicionamento das ferragens e das formas de madeira. São necessários os oficiais nessa etapa, pois é necessário fazer o prumo (alinhamento) dos pilares e os auxiliares não possuem essa capacitação.

No chapisco, emboço e reboco do muro, a função dos auxiliares é a fabricação e transporte de concreto para os oficiais.

- Limpeza (1)

Com a conclusão das atividades, muitos materiais e equipamentos foram deixados no canteiro de obras, até mesmo lixo acumulou-se no local, o que prejudicou o transporte de matéria-prima pela obra.

Para que não ocorra esse acúmulo, foi sugerido recolher os equipamentos e materiais da obra e levá-los para o depósito da empresa à medida que as atividades forem finalizadas. E para o lixo, designou-se uma equipe com dois funcionários (auxiliares) para toda sexta-feira ser feita a limpeza do canteiro de obras.

- Gesso do Térreo e Pintura

O gesso do térreo e a pintura da parte externa são duas atividades terceirizadas, atualmente o pagamento dessas empresas é feito em valores iguais mês a mês, ou seja, se a empresa terceirizada produzir $X \text{ m}^2$ de gesso ou de pintura em um mês e no outro ela produzir $(X-1) \text{ m}^2$ ela receberá o mesmo valor.

Esse tipo de contrato gera muitos problemas em relação ao cumprimento das datas do cronograma do projeto, pois como as empresas terceirizadas sabem que vão receber sempre o mesmo valor mês a mês, isso pode ocasionar falta de comprometimento das empresas em seus serviços.

Uma sugestão de melhoria é fazer um contrato de metas, estabelecendo um valor em reais por m^2 de gesso ou pintura.

- Limpeza (2)

A Limpeza (2) é realizada antes da entrega da obra, tanto externa quanto dos apartamentos, e executada por uma empresa terceirizada.

Uma forma de tornar essa atividade mais eficiente é que conforme for finalizando as atividades anteriores o espaço possa ser liberado para a equipe de limpeza. Por exemplo quando os acabamentos internos dos apartamentos do primeiro pavimento estiverem prontos, solicitar para a empresa terceirizada a limpeza desse pavimento.

6 CONCLUSÃO

Com a realização desse trabalho, pode-se constatar que por mais que a demanda da construção civil aumente no Brasil, ainda existe uma grande ineficiência na elaboração de um projeto. Isso se dá principalmente pela falta de utilização de ferramentas de gerenciamento e de projeto, como a rede PERT/CPM.

Nesse trabalho, foi observado que para a boa execução de uma obra é de suma importância conhecer cada etapa do projeto e analisar todas as atividades que compõe uma etapa. Conhecendo-as, a gestão do projeto fica mais fácil de ser gerenciada, caso ocorra algum tipo de imprevisto.

Com o conhecimento mais aprofundado de cada etapa, foi possível a determinação do tempo de duração de cada atividade e suas respectivas dependência. Somente após a determinação dos tempos e das predecessoras de cada atividade, foi possível a aplicação do PERT/CPM, a qual consistiu na montagem da rede PERT e no cálculo do *DCI*, *DCT*, *DTI*, *DTT* e das folgas de cada atividade envolvida no projeto.

Com as folgas estabelecidas, foi possível identificar o caminho crítico do projeto e verificar possíveis melhorias para que essas atividades não atrasem o projeto como um todo. Nesse estudo de caso em si, ficou claro que pequenas atitudes como uma mudança de equipes de trabalho e alterações em termos de contratos com empresas terceirizadas podem trazer grandes resultados de produtividade e eficiência durante a execução de uma obra, como garantir melhor negociação com os fornecedores de materiais das atividades de maior folga, diminuir o risco de multas por atrasos na entrega dos apartamentos e, conseqüentemente, garantir a satisfação dos clientes.

Na atividade do muro da frente foi visto que com a equipe atual de trabalho funcionários ficavam ociosos, não tinham funções bem definidas, e oficiais acabavam fazendo trabalho de auxiliares em alguns momentos. Com a nova divisão proposta além de tirar a ociosidade a velocidade de trabalho iria aumentar com as funções bem definidas.

Com a desordem durante a execução da obra muitos materiais ficaram jogados pelo canteiro de obras, esse foi o motivo pelo qual a Limpeza (1) ficou com tempo extenso de execução e conseqüentemente ela está no caminho crítico. Com

isso, foi visto a necessidade de não ter um acúmulo de material no canteiro, ou seja, se não está sendo usado é para ser retirado.

A relação de pagamento dos terceiros foi um ponto crítico visto, pois eles recebiam valores fixos durante os meses. Esse tipo de pagamento gera um acomodamento dos terceiros, pois eles sabem que mesmo trabalhando menos em um mês eles vão receber sempre o mesmo valor. Com a proposta de pagamento por m² os terceiros iam ter que produzir mais para ganhar mais, essa ação iria gerar uma motivação a eles.

7 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo panorama setorial de construção civil**. Relatório Prospectivo Setorial. 2009. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. 219 p.
- AUGUSTO, B. **As etapas do gerenciamento de projetos**: O monitoramento e controle. 2014. Disponível em: <http://www.aengenhariaemfoco.com.br/2014/04/as-etapas-do-gerenciamento-de-projetos_6.html>. Acesso em: 28 set. 2017.
- AVILA, A. V. **O método PERT/CPM**. Florianópolis: Material de Aula, 2017. Color.
- AVILA, A. V.; JUNGLES, A. E. **Gestão do controle e planejamento de empreendimentos**. Florianópolis: Studios, 2013. 512 p.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 1, p. 11-17, 1998.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: Projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 648 p.
- BEKESAS, L. C. **Simulação como ferramenta para aplicação do MFV**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.uninove.br/>. Acesso em: 10 setembro. 2017.
- CABRITA, A. F. N. **Atrasos na construção**: causas, efeitos e medidas de mitigação. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.
- CARVALHO, M. A. G. de. **Teoria dos grafos**: Uma introdução. Limeira: UNICAMP, 2005. 49 p.
- CARVALHO FILHO, J. de V. **Planejamento de médio prazo e controle da produção com análise de restrições: estudo de caso em edifício residencial de múltiplos pavimentos em Feira de Santana**. 2009. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FROLLINI, C. B. **Qual é a função do Chapisco, Emboço e Reboco na Alvenaria?**

2016. Disponível em: <<https://www.construligasocial.com.br/blog/funcao-chapisco-emboco-e-reboco/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

HOWELL, G. A. **What is Lean Construction**. 7° IGLC – International Group for Lean Construction, Berkeley, California, USA, 1999.

KAUARK, F. da S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 89 p.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA, CIFE, 1992. (Relatório Técnico n° 72).

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. (Org.). **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008. 376 p.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 640 p.

NAKAGAWA, Y.; SHIMIZU, Y. **Toyota production system adopted by building construction in Japan**. 12° IGLC – International Group for Lean Construction, Copenhagen, Dinamarca, 2004.

NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.; SILVA, A. L. da. **Implantado técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos**. Salvador: 13° ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001. p. 1-8.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher - Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

OLIVEIRA, T. A. B. de; VALENÇA, K. F. P. **A importância da metodologia científica para o ensino e aprendizagem no ensino superior**. Curitiba: 12° EDURECE – Congresso Nacional de Educação, 2015. p. 1-11.

PACHECO, L. M.; OLIVEIRA, D. M.; PEREIRA, M.; BRANCO, L. **Gerenciamento de projetos na construção civil**. Rio de Janeiro: XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada, 2016. p. 1-19.

REIS, C. J. L.; SEIXAS, R. M.; SILVA, G. B.; MAUÉS, L. M. F.; DUARTE, A. A. A. M. **Identificação das causas de atrasos de obras: um estudo de caso na região metropolitana de Belém**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e acompanhamento da produção**. 4. ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1986. 242 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, E. L. de. **Construção civil e tecnologia**: estudo do sistema construtivo light steel framing. 2014. 137 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

TOLEDO JUNIOR, I. B. de. **Cronoanálise**. 16. ed. São Paulo: Gráfica Brasil, 2007. 199 p.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 208 p.

VIEIRA, R. R. dos S.; CORREIA, A. M. M.; LUCENA, A. D.; SILVA, A. M. da. Estudo de tempos e métodos no processo produtivo de uma panificadora localizada em Mossoró/RN. **Revista Eletrônica Gestão & Sociedade**, v. 9, n. 23, p. 977-999, 2015.