

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DUAS FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE EM UMA OBRA EM FASE DE FUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO

A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN TWO PLANNING AND CONTROL TOOLS ON A BUILDING IN FOUNDATIONS PHASE: CASE STUDY

JOSÉ HENRIQUE CHIODELLI^{1*}, ANDRÉ CARNEIRO GIANDON²

1. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Ingá; 2. Engenheiro civil, Mestre em Construção Civil com ênfase em gerenciamento pela Universidade Federal do Paraná, docente do curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Ingá.

* Rua Professor Oberon Floriano Dittert, 56, apto. 803, Jardim Universitário, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87020-280. jose_chiodelli@hotmail.com

Recebido em 14/09/2016. Aceito para publicação em 10/11/2016

RESUMO

O trabalho tem como objetivo comparar duas das ferramentas utilizadas para o planejamento e controle de obras: o diagrama de Gantt e o PERT/CPM, aplicados especificamente ao planejamento da etapa de fundações da construção de um centro médico, composto por 3 pavimentos e com área total de 3361,6m², localizado na Praça 21 de Abril, na cidade de Maringá, Paraná. A opção pela etapa de fundações, além da disponibilidade prática e temporal do autor, dá-se por ser uma das fases onde comumente se observam atividades críticas para o sucesso no controle de prazos e custos de obras, principalmente devido a incertezas tais como a variação de perfis de solo, intempéries e outras. Ao final do projeto são apresentadas as vantagens e desvantagens das duas abordagens.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento e controle, diagrama de rede, gráfico de barras, PERT/CPM, Gantt.

ABSTRACT

The present study aims at comparing two of the most used tools for building planning and control: Gantt chart and PERT/CPM, both of which were specifically applied to the foundation phase of a Medical Center building consisting of three floors and total area of 3361.60m², located at Praça 21 de Abril in the city of Maringá, Paraná, Brazil. The foundation phase was chosen not only due to the author's practical and time availability, but also because it is a phase in which delays and budget deviation occur, mainly as a result of potential uncertainties involved like variation of soil profiles and weather, among others factors. By the end of the project, we aim to highlight the advantages and disadvantages of each tool.

KEYWORDS: Planning and control, network diagram, bar graph, PERT/CPM, Gantt.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante setor para a economia, e vem se modernizando de maneira significativa,

superando conceitos e hábitos seculares, não apenas pelo desenvolvimento do conhecimento técnico-científico, mas também pela reformulação das práticas de gestão do setor. As empresas têm obtido sucesso pela incorporação de novas tecnologias e pela realização de um bom gerenciamento de obras. Tais ações possibilitam impactar positivamente os lucros, a qualidade, a produtividade, a redução dos custos e, conseqüentemente, a competitividade entre elas. No entanto, há empresas que continuam a definir seus empreendimentos com um planejamento deficiente, o que pode afetar não apenas os indicadores de desempenho do empreendimento, mas a própria qualidade da edificação. É essencial para o êxito dos projetos de construção e reforma o planejamento e o controle da obra, desde a proposta do conceito inicial do projeto até a finalização da construção¹.

O planejamento é um dos aspectos mais importantes da construção, pois por meio deste é possível traçar metas e objetivos e as ações necessárias para atingí-los. Possibilita que o empreendedor estude o projeto, gastos previstos, prazo necessário, recursos e avaliar então a viabilidade do negócio². Para Ackoff (1976)³, planejamento pode ser considerado a “definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo”. Essa definição permite analisar que a tomada de decisão está então intimamente relacionada com o planejamento, pois é através do processo decisório que as metas estabelecidas nos planos podem ser cumpridas.

Outro processo importante na construção civil é o sistema de controle da obra, que engloba ações de monitoramento, como medições periódicas, comparação entre o previsto e o medido, análise das variações entre o previsto e o executado e conclusões e tomadas de medidas corretivas se necessário for. Tudo isso tem a finalidade de apurar os prazos, custos e outros dados dos serviços executados, comparando-os com os planejados, auxiliar na tomada de decisões caso haja desvios. O re-

gistro e análise destes dados contribuem fundamentalmente para melhorar a produtividade. Quanto mais rigoroso o controle, maior a produtividade e a redução das perdas⁴.

De forma a realizar os planos e controles, foram criadas ferramentas e técnicas das mais variadas formas, das quais algumas se destacaram e se difundiram amplamente não só no âmbito da construção civil, mas também em outros setores, como a indústria metalúrgica, a indústria aeroespacial, nas quais o planejamento e controle também possuem altíssimo impacto nos resultados das empresas. Dentre as ferramentas, na construção civil, destacam-se duas usualmente utilizadas no processo de planejamento: o Diagrama de Gantt, conhecido também como gráfico de barras, e o PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*).

O diagrama de Gantt, como destacam Kremer e Kowaleski (2006), é uma das ferramentas que melhor propicia a visualização e o andamento de um projeto. Para Mattos (2010), o mesmo se refere a um gráfico simples, onde a esquerda figuram as atividades e à direita, as suas respectivas barras desenhadas em uma escala de tempo. O comprimento da barra representa a duração das atividades, cujas datas de início e fim podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo.

Já os diagramas PERT/CPM, são nada mais do que a representação gráfica das atividades, levando em conta as relações de precedências entre elas, ou seja, os diagramas permitem que sejam indicadas as relações lógicas de precedência (inter-relacionamento) entre as inúmeras atividades do projeto e que seja determinado o caminho crítico, isto é, a sequência de atividades que, se sofrer atraso em alguma de suas componentes, vai transmiti-lo ao término do projeto. Cálculos numéricos permitem saber as datas mais cedo e mais tarde em que cada atividade pode ser iniciada, assim como a folga de que elas dispõem⁶.

Por fim, apesar de as duas ferramentas terem seus destaques, podendo até mesmo ser utilizadas em conjunto, ressalta-se que o objetivo de ambas é de estruturar o ciclo de vida do projeto e verificar o progresso do mesmo, seus desvios, permitindo que gestor possa atuar de forma que o projeto volte para sua linha de base; em caso de desvio negativo, atuando em atividades específicas, até mesmo desmembrando as maiores, permitindo visualizar com maiores detalhes onde se deve agir minimizando riscos; ou destacando as ações que tiveram desvios positivos, para que assim o projeto se mantenha no caminho de melhores resultados.

Referencial Teórico

A seguir, serão apresentados conceitos e definições dos métodos utilizados neste trabalho.

Gerenciamento de Projetos

De acordo com o PMI (*Project Management Institute*)⁷, e grafado no *Guia PMBOK®*, gerenciamento de projetos é definido como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado por meio da aplicação e integração apropriadas de processos de gerenciamento de projetos, sendo estes logicamente agrupados em cinco grupos de processos, denominados grupos de processos de gerenciamento de projetos: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle.

Os 47 (quarenta e sete) processos gerenciais do *Guia PMBOK®* podem também ser agrupados em dez áreas de conhecimento distintas, mas que se interligam e tem relações entre si. São elas:

- Gerenciamento da integração do projeto;
- Gerenciamento do escopo do projeto;
- Gerenciamento do tempo do projeto;
- Gerenciamento dos custos do projeto;
- Gerenciamento da qualidade do projeto;
- Gerenciamento dos recursos humanos do projeto;
- Gerenciamento das comunicações do projeto;
- Gerenciamento dos riscos do projeto;
- Gerenciamento das aquisições do projeto;
- Gerenciamento das partes interessadas do projeto.

Estrutura analítica de projeto (EAP)

Uma das principais práticas para planejar o escopo do projeto é o desenvolvimento da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A EAP é a decomposição hierárquica do trabalho do projeto a ser executado pela equipe do projeto para alcançar os objetivos do projeto e criar as entregas necessárias. Assim, a EAP visa a decomposição do trabalho do projeto em níveis menores e mais facilmente gerenciáveis. A EAP organiza e define o escopo total do projeto, e é considerada uma das principais ferramentas do planejamento e controle⁸.

Mattos (2010)⁶ relata que o nível superior da EAP representa o escopo total. Nesse nível há apenas um item – o projeto como um todo. A partir desse nível, a EAP começa a se ramificar em tantos elementos quantos forem necessários para representar as entregas do projeto. Em seguida, cada item do segundo nível, quando necessário, é desdobrado em seus componentes menores no terceiro nível e assim sucessivamente. Cada nível representa um aprimoramento de detalhes do nível imediatamente superior. À medida que a EAP é decomposta, os pacotes de trabalho se tornam mais bem definidos. Assim, torna-se mais fácil atribuir uma duração e identificar a tarefa no campo para controlar seu avanço.

Em linhas gerais, não existe uma única maneira para construir uma determinada EAP. Assim, dois planejado-

res podem criar EAPs diferentes para o mesmo projeto. Dessa forma, salienta-se que o critério de decomposição é de responsabilidade da equipe que planeja, mas o mais importante é que qualquer que tenha sido a lógica de decomposição, todos os trabalhos constituintes do projeto, precisam estar identificados ao final e que a EAP represente a totalidade do escopo do projeto.

A EAP é comumente apresentada na forma de diagrama, conforme exemplo da Figura 1.

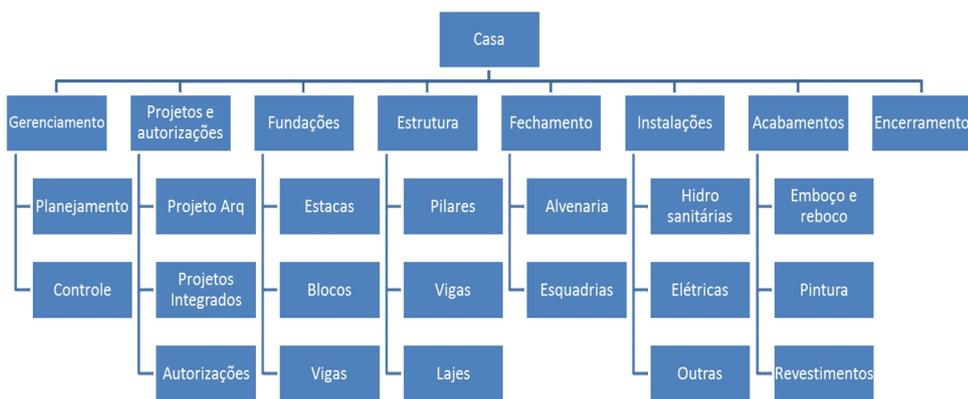


Figura 1. Exemplo de EAP de um projeto genérico da construção de uma casa. Fonte: O Autor (2016).

Diagrama de rede (PERT/CPM)

Segundo Mattos (2010)⁶, há dois métodos de construção de um diagrama de rede: o método das flechas (ou *Arrow Diagramming Method – ADM*) e o método dos blocos (ou *Precedence Diagramming Method – PDM*). Ambos produzem o mesmo resultado, porém o que muda são as regras para desenhar o diagrama. Pelo método das flechas, as atividades são representadas por flechas que conectam eventos ou instantes do projeto. Pelo método dos blocos, as atividades são representadas por blocos e as atividades são unidas por setas que não têm outra função senão definir a ligação entre elas. Apesar de o PDM ser mais largamente empregado e ser utilizado nos softwares comerciais, alguns planejadores acreditam que o ADM é mais prático e mais intuitivo na hora de processar as contas numéricas, cabendo ao planejador eleger o método que mais lhe convém. É acompanhando então este último citado, que decorre este artigo.

Dessa forma, partindo do princípio elucidado por Nocêra (2007)⁸, em que um cronograma tem a sua composição básica estruturada e obtida através da decomposição dos pacotes de trabalho da Estrutura Analítica de Projeto (EAP); complementado ao que Tubino (2007)¹⁰ enuncia, em que a elaboração de uma rede é o primeiro passo para a utilização e formação do PERT/CPM, onde devem ser representadas todas as dependências entre as atividades de um projeto; tem-se a primeira imagem de um diagrama de rede, conforme Figura 2

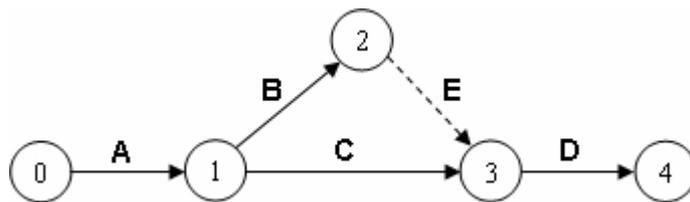


Figura 2. Exemplo de rede de um projeto. Fonte: Miotto (2011)¹¹.

No gráfico acima são as SETAS ORIENTADAS – que representam as atividades (operações). As atividades ligam sempre dois eventos (marcos), chamados de inicial e final.

As atividades podem ser executadas em série ou em paralelo (simultaneamente). No caso de ocorrência de atividades paralelas, com tempos distintos, surgem confusões, e devem ser empregadas atividades fantasmas (atividade E), como se vê na Figura 2. O evento “fantasma” é uma atividade fictícia, destinada a definir a sequência lógica de execução entre atividades, que não consome tempo e recursos.

Atividades que precisam ocorrer para que outras atividades sejam executadas são chamadas de atividades condicionantes ou predecessoras. Um evento é dito "atingido" se foram executadas todas as atividades que chegam nele. Uma atividade só pode ser executada se o evento inicial for atingido. Um evento é considerado atingido quando forem concluídas todas as atividades que convergem para ele. Na Figura 2, o evento 3 só é considerado evento atingido quando as atividades C e E estiverem terminadas. Entre dois eventos sucessivos só pode existir uma atividade. Não podem existir ciclos ou circuitos na rede, pois uma atividade nunca será precedente dela mesma. O cruzamento de linhas (atividades) pode ocorrer, mas deverá ser evitado, contribuindo para uma maior limpeza visual da rede.

O processo pode começar pelo final da obra ou pelo início, sendo que os passos necessários para a execução de uma rede são os seguintes:

- Relacionar as atividades, atribuindo precedências e subsequências de execução.
- Identificar as que podem ser realizadas simultaneamente (algumas vezes chamadas “em paralelo”).
- Montar graficamente as relações.

Basicamente a determinação dos tempos (durações) pode ser realizada por meio de três procedimentos:

- Determinação através de dados históricos, aplicando-se um tratamento estatístico apropriado.
- Determinação baseada no empirismo, através do bom senso, da experiência acumulada e da formação teórica e prática.
- Determinação por cálculos aritméticos, considerando-se índices e padrões de produtividade preestabelecidos (exemplo: assentamento de azulejos x m²/h).

Estimados os tempos (durações) para as atividades, pode-se iniciar o procedimento para a definição de uma programação do projeto. Observa-se que a numeração dos nós deve ser de forma a que uma atividade saia sempre um nó de número inferior, chegando a um nó de número superior. Abaixo segue a Tabela 1 e a Figura 3 e 4 que exemplificam o que foi exposto.

Tabela 1. Exemplo de atividades e suas dependências. Fonte: Miotto (2011)

Atividade	Duração	Dependência
A	10	-
B	20	A
C	40	A
D	22	A
E	8	B
F	10	C
G	30	E
H	20	C e G
I	24	G
J	12	I
K	10	D, F e H
L	6	J e K
M	10	J e K
N	4	L e M
O	6	J e K
P	4	N e O

Para a confecção da rede e determinação das datas ilustradas na figura 3 e 4 abaixo, adota-se a seguinte convenção:

- Ci = Cedo inicial da atividade
- Cf = Cedo final da atividade
- Ti = Tarde inicial da atividade
- Tf = Tarde final da atividade

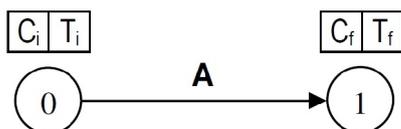


Figura 3. Representação rede PERT/COM. Fonte: Miotto (2011)¹¹.

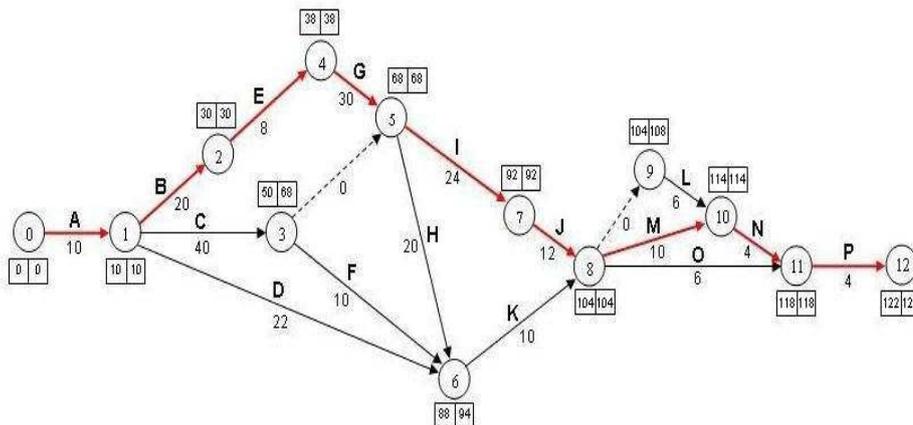


Figura 4. Exemplo de rede PERT/COM. Fonte: Miotto (2011)¹¹.

Caminho crítico

Após a montagem da rede básica, pode ser determinado o tempo consumido entre o início e o fim da obra. O prazo total consiste na soma das durações das atividades no caminho mais desfavorável, isto é, o caminho de maior comprimento, chamado de caminho crítico. As atividades do caminho crítico são indicadas por uma linha dupla, com cor diferente ou ainda mais espessa que as demais. Qualquer atraso em uma das atividades que compõem o caminho crítico irá resultar em igual atraso na duração de todo o projeto. Os demais caminhos da rede, que têm menores tempos, apresentam folgas de execução. Pode existir mais de um caminho crítico. Eventualmente, todos os caminhos podem ser críticos, ou seja, nenhum apresenta folgas.

Determinadas as folgas, os eventos dos caminhos não-críticos podem receber variações em seus inícios e/ou finais. O primeiro momento em que uma atividade pode ser executada é chamado de Primeira Data de Início, Data Mais Cedo ou simplesmente Cedo. Da mesma forma, o último momento de execução de uma atividade é a Data Mais Tarde, Última Data de Fim ou Tarde. A adequada alteração dos momentos de início e fim de várias atividades permite o ajustamento dos recursos consumidos (evitando acúmulos indesejados em determinados momentos).

O evento inicial não possui atividades que o precedem, portanto, o Cedo inicial da atividade inicial assume o valor zero.

O procedimento de cálculo do Tarde dos eventos deverá ser realizado após a programação Cedo ter sido completada. Adota-se para o valor do Tarde do evento destino (final) o mesmo valor do seu Cedo.

É fácil perceber que no caminho crítico, no qual a folga é zero, Cedo e Tarde coincidem com o início e final previstos: não há escolha ou intervalo de execução,

apenas um momento determinado para iniciar e concluir a atividade.

Recorrentemente, a folga pode ser definida como a diferença entre Cedo e Tarde. O gráfico completo da rede indica todas as informações: número do evento, duração das atividades, cedo e tarde, convenientemente posicionados para evitar confusões, conforme Figura 4 acima. O caminho crítico está evidente onde as flechas estão destacadas em vermelho.

Cabe a ressalva que apesar de ser com mais frequência ilustrado e comentado o caminho crítico dentro da ferramenta PERT/CPM, o diagrama de Gantt, após sua evolução prática, também começou a ser representado com destaque para o caminho crítico. Na figura 5 é possível observar isso, bem como as setas de dependências entre tarefas.

Diagrama de barras (gráfico de Gantt)

O cronograma de Gantt na essência de sua criação, é representado somente por atividades à esquerda e as barras que representam o tempo à sua direita, porém, devido à sua ampla utilização, e incremento de melhorias com a evolução no tempo, permite-se este trabalho a apresentação já em sua forma integrada, ou conforme denomina Mattos (2010)⁶ – Cronograma Integrado Gantt-PERT/CPM.

O cronograma integrado pode apresentar então, adicionalmente ao cronograma puro de Gantt, várias informações, tais como: sequenciação de atividades, com pequenas setas que mostram as sequencias e dependências; atividades críticas, hachuradas, com um traço mais forte ou em cores distintas; e folgas temporais.

Aditado a isso, o diagrama de Gantt também pode ainda demonstrar o cronograma real em conjunto com o proposto, ao sombreadar ou mudar a cor das barras de atividades proporcionalmente à execução real da tarefa, sendo, portanto, um ótimo mecanismo de acompanhamento dos planos originais¹² (YOUNG, 2008).

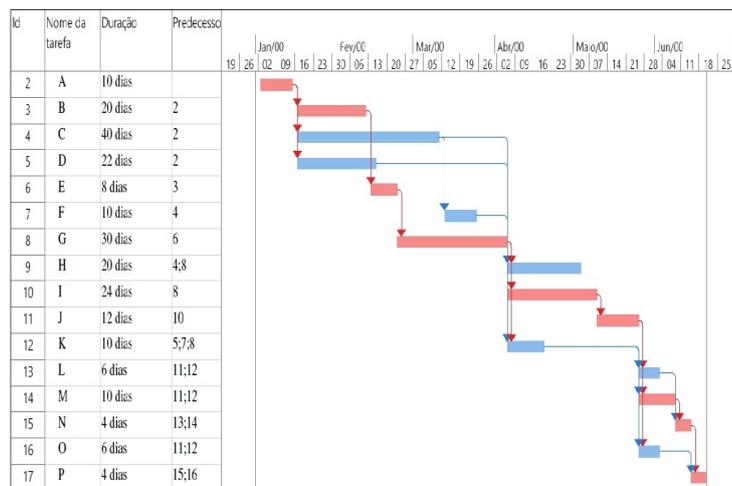


Figura 5. Exemplo de diagrama de Gantt. Fonte: O Autor (2016).

Utilizando então das informações citadas em dizeres anteriores, no que tange a EAP, lista de atividades, durações e dependências, e tomando como referência a tabela 1 ilustrada como exemplo acima, pode-se facilmente se construir um gráfico de Gantt (Figura 5).

Análise comparativa das ferramentas

Bachmann (2003)¹³ explica que a análise comparativa pretende cumprir o papel de criar ou selecionar os indicadores relevantes para entendimento de dados, bem como formatação de informações para posicionar o gestor com relação as principais variáveis e assim direcionar suas decisões e conseqüentemente ações. O objetivo é fazer com que análises estatísticas e/ou técnicas canalizem seu trabalho para a forma mais eficaz possível e que assim o direcionem à melhores resultados com consistência, eliminando principalmente decisões arbitrárias.

Decorrido isso, considerando os resultados que almejam e podem ser extraídos das ferramentas objeto de estudo deste artigo, o projeto como um todo e a aplicabilidade das mesmas no dia-a-dia do planejamento e controle de uma obra, foram criados/selecionados dez critérios de comparação visando analisar vantagens e desvantagens que são também mencionadas por Nogueira (2015)¹⁴ e Miranda (2016)¹⁵:

- Praticidade para montagem do planejamento;
- Estimativa da duração das atividades;
- Alocação e controle de recursos;
- Usabilidade para o controle diário do projeto (registro de progressos);
- Quantidade de informações possíveis de extrair da ferramenta;
- Praticidade para tomada de decisão;
- Aplicabilidade nos níveis verticais de planejamento (curto, médio, longo prazo);
- Assimilação das informações pelas partes interessadas (*stakeholders*);
- Comunicação entre os níveis;
- Análise de riscos - observância de atividades críticas e interdependências para aplicação de planos de ação.

Com base nas vantagens e desvantagens individuais de cada ferramenta, intenciona-se também a verificação dos benefícios da integração entre as mesmas, para que por conseguinte um planejamento e controle de obras seja feito com o maior número de informações possíveis e com a praticidade que se objetiva ter no dia-a-dia da execução de obras civis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do projeto

O ponto de partida para elaboração deste artigo, foi a

seleção do objeto a ser estudado, no caso a obra abaixo descrita, por disponibilidade de estágio deste autor. O estudo foi realizado em um empreendimento localizado na cidade de Maringá-PR. Trata-se de um prédio comercial, mais especificamente de um centro médico de alto padrão, com área total de 3.361,60m², composto por três pavimentos, sendo um subsolo de garagens, um pavimento térreo com dezessete salas com 57m² cada e um pavimento superior com vinte salas de 37m² cada.

A equipe da empresa construtora é composta por um contramestre, dois serventes, dois carpinteiros, um pedreiro, um estagiário e um engenheiro civil (responsável técnico). A execução foi subempreitada para uma empresa de escavações mecanizadas, uma de armações e uma de grandes movimentações de terra, além de trabalhos de topografia, projetos, análise de solos e concretagens.

Etapas do estudo

O primeiro passo foi dividir o estudo em quatro etapas: levantamento bibliográfico; planejamento da obra fazendo o uso das ferramentas EAP, PERT/CPM e diagrama de Gantt; coleta e inserção de dados reais; e análise comparativa final das ferramentas; tudo com base no referencial teórico já descrito. Para o desenvolvimento, a criação do planejamento, bem como a inserção de dados, foi usado o software MS-Project® da Microsoft.

dações, com auxílio do engenheiro responsável, afim de poder dar início a elaboração do planejamento mestre desta fase.

Criação do planejamento

Em seguida, de posse das atividades componentes, foram estimadas as durações de cada atividade, com base em dados históricos da construtora e das empresas terceirizadas, bem como no empirismo, ou seja, através do bom senso e da experiência acumulada, formação teórica e prática.

Após isso, já trabalhando efetivamente na parte do planejamento, inseriu-se os dados no MS-Project e determinou-se todas as relações entre as atividades, ou seja, sucessoras e predecessoras foram definidas de forma a obter a rede de precedências e automaticamente pelo software, gerar o diagrama de Gantt. Ao final foi salva a linha de base do planejamento do empreendimento no que tange à fase estudada.

Análise das ferramentas

Por fim, conforme ocorreu a execução da obra, a retroalimentação e monitoramento foram sendo feitos no software, sendo então registradas causas de desvios, e vantagens e desvantagens de cada uma das ferramentas de planejamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

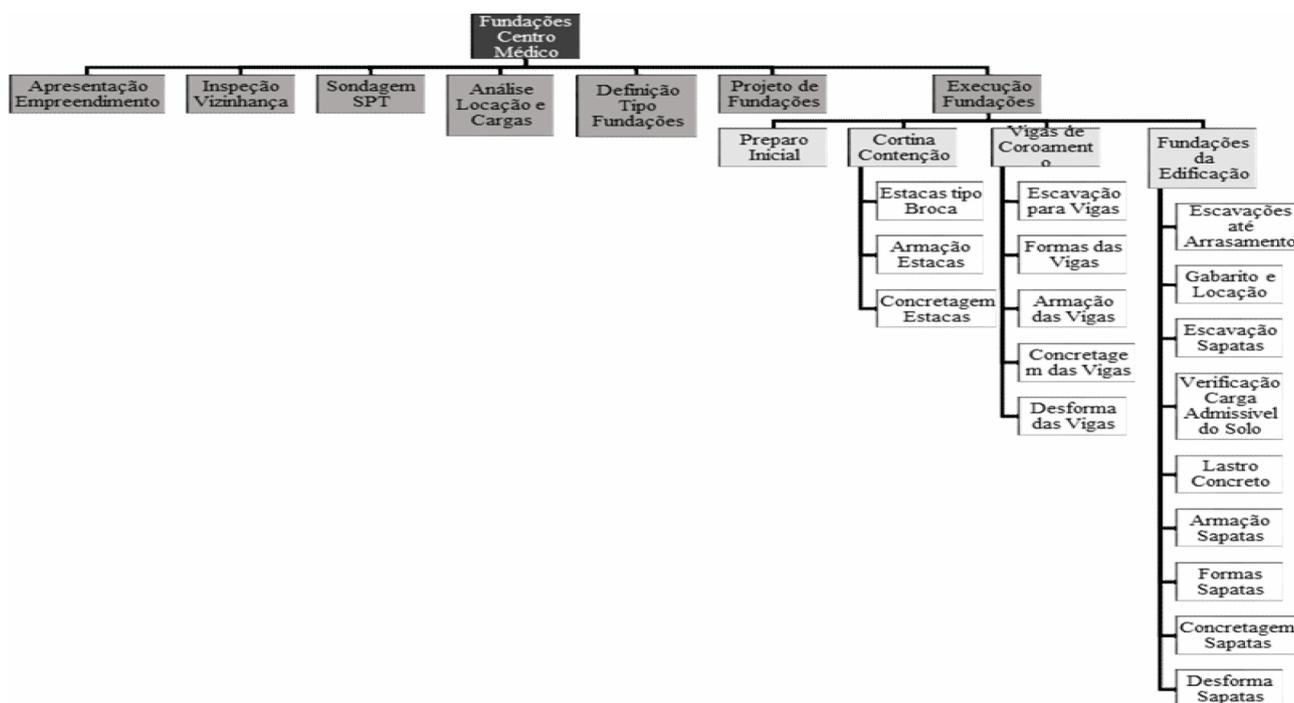


Figura 6. EAP das fundações da obra estudada. Fonte: O Autor (2016).

Criação da estrutura analítica do projeto (EAP)

Dando sequência ao que foi dito, o primeiro passo prático, foi a criação da EAP da obra, referente às fun-

Durante o acompanhamento e controle da obra, fo-

ram encontradas algumas dificuldades que impactaram o perfeito desenvolvimento do cronograma inicialmente proposto, mas que para efeito de análise e aplicação neste artigo, acabaram sendo de valia. São elas: durante as retiradas de terra, até o nível das fundações da edifi-

realizar uma análise crítica do uso das ferramentas. Tais atividades são apresentadas na Tabela 2 e nas figuras 7 e 8.

Tabela 2. Atividades com o número da estrutura da EDT, durações, predecessoras e datas de início e término.

Id	EDT	Nome da tarefa	Duração	Predecessoras	Início	Término
1	1	PLANEJAMENTO DE FUNDAÇÕES	124 dias		Seg 28/03/16	Qui 15/09/16
2	1.1	Reunião inicial de apresentação do empreendimento	1 dia		Seg 28/03/16	Seg 28/03/16
3	1.2	Relatório de inspeção de vizinhança	1 dia	2	Ter 29/03/16	Ter 29/03/16
4	1.3	Sondagem SPT	1 dia	2	Ter 29/03/16	Ter 29/03/16
5	1.4	Análise do projeto de locação e cargas (projeto estrutural)	1 dia	2	Ter 29/03/16	Ter 29/03/16
6	1.5	Definição do tipo de fundações	1 dia	5	Qua 30/03/16	Qua 30/03/16
7	1.6	Elaboração do projeto de fundações	10 dias	6	Qui 31/03/16	Qua 13/04/16
8	1.7	Execução de fundações	111 dias		Qui 14/04/16	Qui 15/09/16
9	1.7.1	Preparação inicial (desligamento de água e energia + locação	10 dias	7	Qui 14/04/16	Qua 27/04/16
10	1.7.2	Estacas cortina de contenção (147 estacas)	12 dias		Qui 28/04/16	Sex 13/05/16
11	1.7.2.1	Escavação mecanizada de estacas tipo broca	10 dias	9	Qui 28/04/16	Qua 11/05/16
12	1.7.2.2	Armação das estacas de contenção	5 dias	11III+6 dias	Sex 06/05/16	Qui 12/05/16
13	1.7.2.3	Concretagem das estacas de contenção	5 dias	12II+1 dia	Seg 09/05/16	Sex 13/05/16
14	1.7.3	Viga de coroamento e travamento de contenção	30 dias		Seg 16/05/16	Sex 24/06/16
15	1.7.3.1	Escavação manual para vigas de travamento	10 dias	13	Seg 16/05/16	Sex 27/05/16
16	1.7.3.2	Confecção e montagem das formas das vigas de	10 dias	15TI-5 dias	Seg 23/05/16	Sex 03/06/16
17	1.7.3.3	Armação das vigas de travamento	10 dias	16TI-5 dias	Seg 30/05/16	Sex 10/06/16
18	1.7.3.4	Concretagem das vigas de travamento	5 dias	17	Seg 13/06/16	Sex 17/06/16
19	1.7.3.5	Desforma das vigas de travamento	5 dias	18	Seg 20/06/16	Sex 24/06/16
20	1.7.4	Fundações da edificação	59 dias		Seg 27/06/16	Qui 15/09/16
21	1.7.4.1	Escavações até o cota de arrasamento das fundações e	15 dias	19	Seg 27/06/16	Sex 15/07/16
22	1.7.4.2	Gabarito e locação das fundações	3 dias	21	Seg 18/07/16	Qua 20/07/16
23	1.7.4.3	Escavações manuais das fundações (55 sapatas)	10 dias	22	Qui 21/07/16	Qua 03/08/16
24	1.7.4.4	Verificação da carga admissível do solo na base das	10 dias	23TI-8 dias	Seg 25/07/16	Sex 05/08/16
25	1.7.4.5	Lastro de concreto magro	5 dias	24TT+2 dias	Qua 03/08/16	Ter 09/08/16
26	1.7.4.6	Armações das sapatas	10 dias	25	Qua 10/08/16	Ter 23/08/16
27	1.7.4.7	Confecção e montagem das formas das sapatas	15 dias	26II+5 dias	Qua 17/08/16	Ter 06/09/16
28	1.7.4.8	Concretagem das sapatas	10 dias	27TT+2 dias	Sex 26/08/16	Qui 08/09/16
29	1.7.4.9	Desforma das sapatas	5 dias	28	Sex 09/09/16	Qui 15/09/16

cação, houveram atrasos devido a qualidade do material escavado, o que fez com que o mesmo não fosse passível de reaproveitamento em outro local (piçara, cascalho e pedras em excesso). Quando a retirada do solo foi possível, houve dias em que os equipamentos para retirada não foram suficientes. Adicionado a isto, está uma semana de chuva intensa e contínua, que fez com que houvesse atrasos na confecção do gabarito e locação para a escavação das fundações, bem como maior demora na retirada do solo escavado manualmente das mesmas. Por fim, houve ainda um período onde faltou um encarregado para supervisão dos serviços.

Entretanto, apesar destes problemas, um ponto que geralmente é crítico na execução de obras, que é a rotatividade de mão de obra, foi praticamente nulo nessa fase, o que contribuiu para que o cronograma não fosse mais ainda prejudicado.

Devido aos atrasos, a fase da obra estudada não foi concluída até a entrega final deste artigo, fato que estava planejado inicialmente. Contudo, com os dados registrados das atividades realizadas até então, foi possível

Fonte: O Autor (2016).

4. CONCLUSÃO

Primeiramente, elaborou-se a estrutura analítica de projeto do empreendimento. Neste processo a principal dificuldade consistiu na escolha do grau apropriado de detalhamento das atividades, na qual se procurou alcançar o equilíbrio entre uma abordagem completa do processo construtivo e uma estruturação não tão detalhada das atividades, de modo que viesse a dificultar demasiadamente o processo de controle.

Em seguida, iniciou-se o processo de sequenciamento das atividades, que representou o maior desafio durante a elaboração do planejamento. A dificuldade deste processo consistiu em encontrar a inter-relação adequada entre as atividades de modo a respeitar as dependências e as durações reais de execução, observadas durante o período de controle, e a cumprir com as metas impostas pelo cronograma estabelecido em contrato.

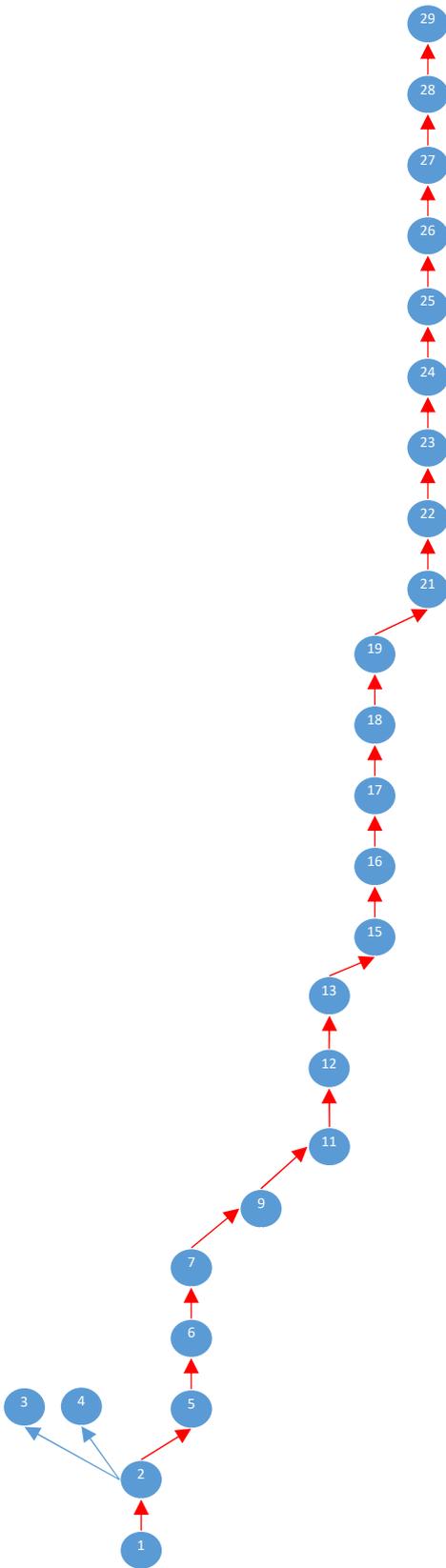


Figura 7. Rede PERT/CPM da obra estudada. Fonte: O Autor (2016).

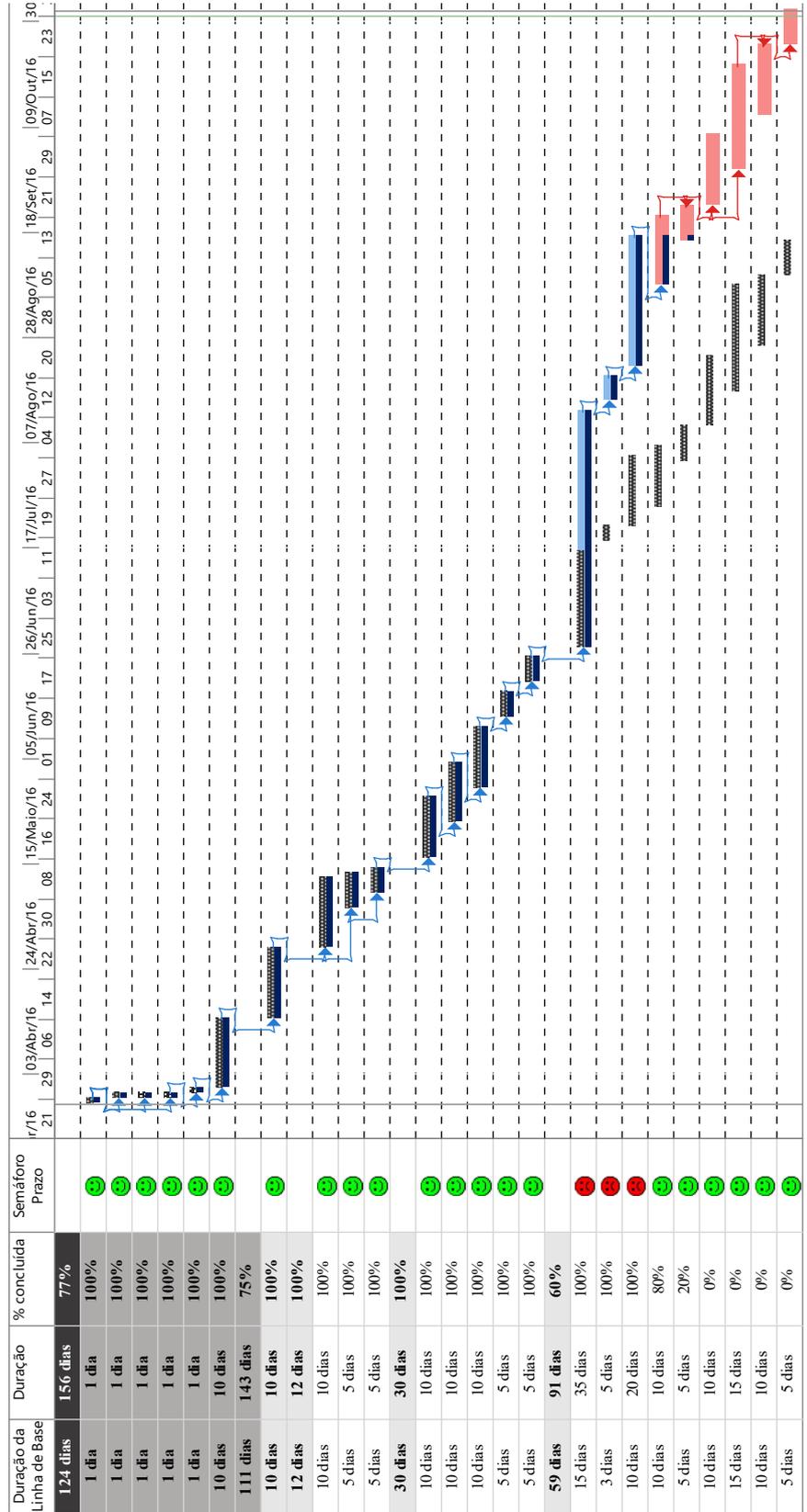


Figura 8. Diagrama de Gantt de controle da obra estudada. Fonte: O Autor (2016).

Tabela 2. Quadro comparativo das ferramentas diagrama de Gantt e PERT/COM.

QUADRO COMPARATIVO - GANTT <i>versus</i> PERT/CPM		
LEGENDA:	VANTAGENS	DESVANTAGENS
CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO	GANTT	PERT/CPM.
Praticidade para montagem do planejamento	Construção fácil, independente do tamanho do projeto.	Construção difícil, e quanto maior o projeto, mais complicada a confecção.
	Apesar de requerer um planejamento mínimo antes de sua construção, não é imprescindível o conhecimento das relações de dependência que existem entre as atividades.	Requer uma definição precisa das atividades e suas interdependências
	Pouco prático para projetos grandes e complexos	Apesar de ser mais difícil a confecção, é melhor de ilustrar projetos complexos
Estimativa da duração das atividades	Determinística (baseada na duração em condições normais, sem aleatoriedade ou cenários diferentes)	Probabilística (baseada em mais cedo, provável, mais tarde ou ainda em otimista, provável e pessimista)
Alocação e controle de recursos	É possível	Não é possível
Usabilidade para o controle diário do projeto (registro de progressos)	Bom para acompanhamento e controle (curto, médio e longo prazo). É de fácil retroalimentação.	É difícil de ser usado para acompanhamento e controle diário do projeto pois é de difícil visualização o progresso do projeto
	Fácil de analisar os progressos das atividades (saber o que está dentro ou fora da meta)	Difícilmente analisa o progresso de atividades
	Permite controlar, além do tempo, vários tipos de recursos, como materiais, pessoas e desembolso de dinheiro	Planeja somente tempo
Quantidade de informações possíveis de extrair da ferramenta	Atividades, durações distribuídas ao longo do tempo e possibilidade de controlar o realizado	Atividades, durações, datas mais cedo e mais tarde, folgas, atividades críticas
Praticidade para tomada de decisão	Pelo fato de não interligar as atividades e de não clarificar as críticas, dificulta a tomada de decisão	Num primeiro momento é fácil de observar onde os esforços e recursos devem ser prioritariamente aplicados
		Por enfatizar as atividades críticas, pode direcionar o gestor de forma que possa se descuidar das não críticas.
Aplicabilidade nos níveis verticais de planejamento (curto, médio, longo prazo)	Passível de aplicação em qualquer nível	Passível de aplicação em qualquer nível
Assimilação das informações pelas partes interessadas (<i>stakeholders</i>)	Fácil interpretação por todos os envolvidos	Apesar de fácil visualização do caminho crítico, ou seja, sendo bom para gestão à vista do alto escalão (engenheiros, coordenadores, etc), é de difícil entendimento pelo médio e baixo escalão (trabalhadores de campo, encarregados, etc)
Comunicação entre os níveis de usuários	Facilita a comunicação entre todos os níveis devido a assimilação das informações	Limita a comunicação entre os níveis devido a assimilação das informações
Análise de riscos - observância de atividades críticas e interdependências para aplicação de planos de ação	É possível, mas não precisa ou de fácil visualização.	Trabalha-se com cenários diferentes e isso melhora a gestão de riscos e possíveis planos de ação
		Permite analisar estatisticamente a probabilidade de quais cenários irão ocorrer.
Custo	Baixo custo pois é feito mais rapidamente.	Com a análise estatística, é possível analisar se vale a pena o esforço (principalmente financeiro) para atacar a alternativa menos provável (geralmente a de menor tempo, ou seja, a otimista)
		Custo mais elevado pois demanda mais tempo para a construção, entretanto geralmente não apresenta custo excessivo a ponto de tornar esse um fator crítico no projeto

Fonte: O Autor (2016).

Dado ao pequeno número de tarefas e equipes envolvidas, o sequenciamento das atividades de fundação foi simples, mas praticamente todas as atividades se mostraram críticas.

Analisando cada ferramenta de forma pura e isolada, constata-se que o diagrama de Gantt é mais indicado quando se pretende monitorar e controlar o projeto e o PERT/CPM para o planejamento prévio do projeto, e o caminho crítico em ambos, para o direcionamento dos esforços e recursos. Entretanto, a conclusão é que a melhor forma de uso é a de forma integrada das duas ferramentas, sendo assim possível fazer um planejamento conciso e um acompanhamento e controle efetivos, e é dessa forma que trabalha o software MS Project®. Essa observância pode ser reafirmada pelo quadro comparativo das ferramentas exposto no item acima, onde há a evidência da forma intercalada que as vantagens e desvantagens de cada ferramenta são apresentadas, onde a desvantagem de um, acaba de certa forma sendo coberta pela vantagem do outro, nem sempre de forma exata, mas ainda sim de forma complementar e útil.

Dessa forma, por fim, entendeu-se que a utilização de um método eficaz de planejamento, para que tenha todo seu potencial usufruído, deve ser aliada a um sistema de controle da produção compatível e efetivo.

REFERÊNCIAS

- [1] Bernardes MMS. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. [tese] Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001.
- [2] Rocha AA, Castro NLB. A importância do planejamento na Construção civil. [acesso: maio de 2016] Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773.
- [3] Ackoff R. Planejamento Empresarial. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A. 1976.
- [4] Goldman P. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira: a estrutura de um setor de planejamento técnico. 3ª ed. São Paulo: Ed. Pini Ltda, 1997.
- [5] Kremer CD, Kovalski JL. Planejamento e controle dos processos de fabricação metalúrgicos auxiliados pelo gráfico de Gantt: um estudo de caso. Artigo técnico apresentado no XXVI ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção). Fortaleza, 2006.
- [6] Mattos AD. Planejamento e controle de obras. São Paulo: Editora PINI, 2010.
- [7] PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®) – Quinta Edição. Newtown Square: Project Management Institute, 2013.
- [8] Nocêra RJ. Planejamento e controle de obras com o MS-Project 2010: RJN Publicações, 2012.
- [9] Laugeni FP, Martins PG. Administração da Produção. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- [10] Tubino DF. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.
- [11] Miotto JL. Construção de edifícios IV - planejamento de construções com PERT/CPM. 12p. Notas de aula (UEM).
- [12] [YOUNG TL. Manual de Gerenciamento de Projetos: um guia completo de políticas e procedimentos práticos para o desenvolvimento de habilidades em gerenciamento de projetos. São Paulo: Clio Editora, 2008.
- [13] Bachmann DL. Análise Comparativa de Desempenho - Uma nova ferramenta de gestão operacional para a indústria de celulose e papel. In: 36º Congresso Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – TAPPI; 2003.
- [14] Nogueira FM. A. Pesquisa operacional – PERT/CPM. 2015. 20p. Notas de aula. (UFJF).
- [15] Miranda LFR. Construção civil IV – cronograma físico financeiro. 2016. 56p. Notas de aula (UFPR).