

APLICAÇÃO DE REDE PERT/CPM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MODELOS PARA OBRAS DE PEQUENO PORTE

ALMEIDA, Erick da Silva ¹

VOLSKI, Isabela ²

RESUMO

O planejamento de uma obra inclui a organização das atividades que serão executadas em sequência lógica. Porém, para obras de pequeno porte esta análise muitas vezes é feita empiricamente, sem uso de técnicas reconhecidas, como o PERT/CPM. Esse trabalho teve como objetivo elaborar modelos de rede PERT/CPM obras de pequeno porte, sendo eles um para edificação térrea com laje e edificação com dois pavimentos (sobrado). Trata-se de uma pesquisa exploratória quali-quantitativa, que analisou as atividades envolvidas na construção de uma obra de pequeno porte real, considerada como base para a construção dos modelos. Foi utilizado a técnica PERT/CPM juntamente com o programa MS Project® para a elaboração dos mesmos. Os resultados são dois modelos de diagrama de rede com sugestões na sequência de atividades em obras de pequeno porte.

Palavras-chave: Gerenciamento de tempo. Obra pequeno porte. PERT/CPM.

ABSTRACT

Planning a work includes organizing the activities that will be carried out in a logical sequence. However, for small works, this analysis is often done empirically, without using recognized techniques, such as PERT/CPM. The objective of this work was to develop PERT/CPM network models for small works, one for a one-story building with a slab and a building with two floors (slab). It is a qualitative and quantitative exploratory research, which analyzed the activities involved in the construction of a real small-scale work, considered as the basis for the construction of the models. The PERT/CPM technique was used together with the MS Project® program for their elaboration. The results are two network diagram models with suggestions in the sequence of activities in small works.

Keywords: Time management. Small construction. PERT/CPM.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Campo Real, (eng-erickalmeida@camporeal.edu.br)

² Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná. Professora do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real, (prof_isabelavolski@camporeal.edu.br)

1. INTRODUÇÃO

A realização do planejamento de uma obra contribui para a organização das atividades que serão executadas, tornando-as previsíveis. Para obras de pequeno porte, é comum que ele seja negligenciado, sendo estas caracterizadas, segundo Líbano et. al (2014), como edificações pequenas com estrutura simples e regular com até quatro andares, com pilares até 4 metros e vãos menores que 6 metros. O motivo de não existir um cronograma adequado pode ser o desconhecimento da possibilidade de uma sequência de atividades que pode trazer uma melhor produtividade da obra.

Uma alternativa para o gerenciamento do cronograma é a utilização do PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) que visa organizar as atividades com dependências, destacando quais são precedentes e subsequentes de cada atividade. Kerzner (2011) aborta vantagens do método como o planejamento abrangente, cumprimento de prazos, possibilidade de avaliar diferentes caminhos para o desempenho das atividades e facilidade em apresentar dados sofisticados.

Analogamente, o uso do CPM (*Critical Path Method*), conhecido como método do caminho crítico, segundo Carvalho (2018), utiliza a lógica de programação ao longo da rede de atividades do projeto, para a determinação desse caminho crítico. Dessa forma, são obtidas as datas mais cedo de início e as datas mais tarde de término de todas as atividades do projeto.

Em conjunto, o PERT/CPM torna-se uma ferramenta gerencial para a gestão do tempo em projetos, podendo ser utilizada para o planejamento e controle de obras. Segundo Bragança (2019), permite observar a coerência do planejamento da obra, ter uma estimativa da duração da obra, saber quais são as atividades críticas para atingir o prazo estimado para a conclusão do empreendimento e conhecer as folgas previstas para cada atividade.

Por meio das atividades realizadas em obras de pequeno porte e o uso do PERT/CPM, pode-se analisá-las e organizá-las de maneira favorável ao cumprimento de prazos, evitando-se atrasos na obra, programação de suprimentos e desperdício de mão de obra. Deste modo, a confecção de um ou mais modelos de cronogramas pode ser uma das maneiras de agilizar o planejamento de obras de pequeno porte.

Tendo em vista essa problemática, a pesquisa tem como objetivo elaborar dois modelos de rede PERT/CPM para obras de pequeno porte, sendo eles um para edificação térrea e outro edificação com dois pavimentos (sobrado). Os métodos aplicados foram baseados em um estudo de caso de uma obra, criando o primeiro modelo compatível com sua execução, entendendo-se as atividades de uma construção de pequeno porte e identificando possíveis novos traçados de rede para os demais casos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. GERENCIAMENTO DE TEMPO DE PROJETOS

O conceito de projeto pode ser definido como um esforço temporário empreendido para criar um resultado exclusivo (CAMARGO, 2018). Projetos são realizados para cumprir objetivos através da produção de entregas. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O final do projeto é alcançado quando os objetivos foram alcançados ou quando há alguma circunstância que o impeça de concluí-lo.

O gerenciamento de projetos é o planejamento, organização, direção e o controle dos recursos para um objetivo específico. Por isso, um projeto necessita que as atividades permaneçam dentro de determinadas especificações, possuindo datas de início e término definidas, consumindo recursos humanos e não humanos (KERZNER, 2011).

Gerenciar a execução de um empreendimento significa organizar os recursos financeiros, humanos e materiais que serão necessários e quando devem ser utilizados. Para isso, a atividade de planejar é baseada na produtividade de quem irá executar o empreendimento, estimando-se o tempo que irá durar sua construção. Durante a execução da obra, deve haver o acompanhamento das atividades e processos, para identificar possíveis atrasos no cronograma ou aumentos do consumo de recursos planejados (BRAGANÇA, 2019).

Para Narciso (2013), o primeiro passo no gerenciamento de tempo em projetos é a definição das atividades. Considera-se as entradas dessa etapa o escopo, fatores ambientais da empresa e os ativos de processos organizacionais. As saídas são a lista de atividades, atributos das atividades e a lista de marcos.

As atividades gerenciais para planejar o tempo do projeto são elaborar o plano do projeto, identificar atividades, sequenciar as atividades, estimar recursos para as atividades e estimar suas durações. Realizando-se tais tarefas obtém-se o plano de gerenciamento do tempo do projeto (CAMARGO, 2018).

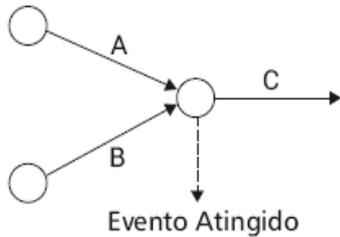
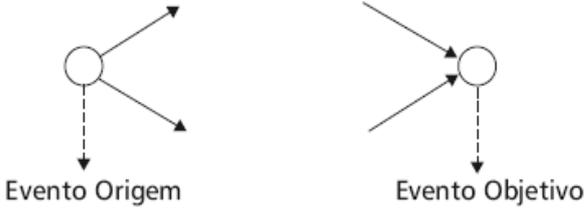
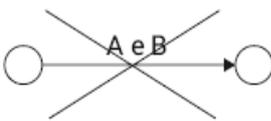
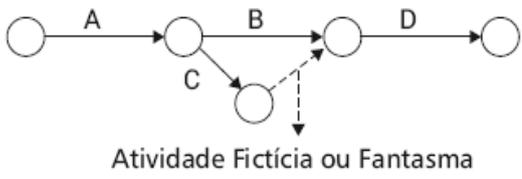
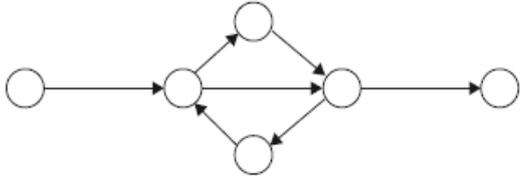
2.2. PERT/CPM

As técnicas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*) foram desenvolvidas de forma independente para o planejamento e controle de projetos. Entretanto, a proximidade entre as duas ferramentas fez com que praticamente se tornassem uma única. PERT/CPM utiliza redes para proporcionar uma visão gráfica das atividades que compõem o projeto, facilitando o processo de planejar e coordenar as suas etapas, dispondo-as de maneira que, quando possível, duas ou mais atividades sejam realizadas em paralelo, otimizando a execução (RAVAGNANI, 2017).

Além de visão gráfica, a técnica PERT/CPM estima quanto tempo levará para se executar o projeto. Também propõe uma análise de atividades críticas em relação ao prazo e tempo de folga para as atividades, sendo a técnica mais usual para planejamento e gerenciamento de obras (TUBINO, 2007).

Para a construção da rede PERT é necessário se obter as tarefas e informações sobre a duração das atividades e suas precedências. Existem regras para a construção correta da rede, como explicado na Figura 1.

Figura 1 – Regras para elaboração da rede PERT

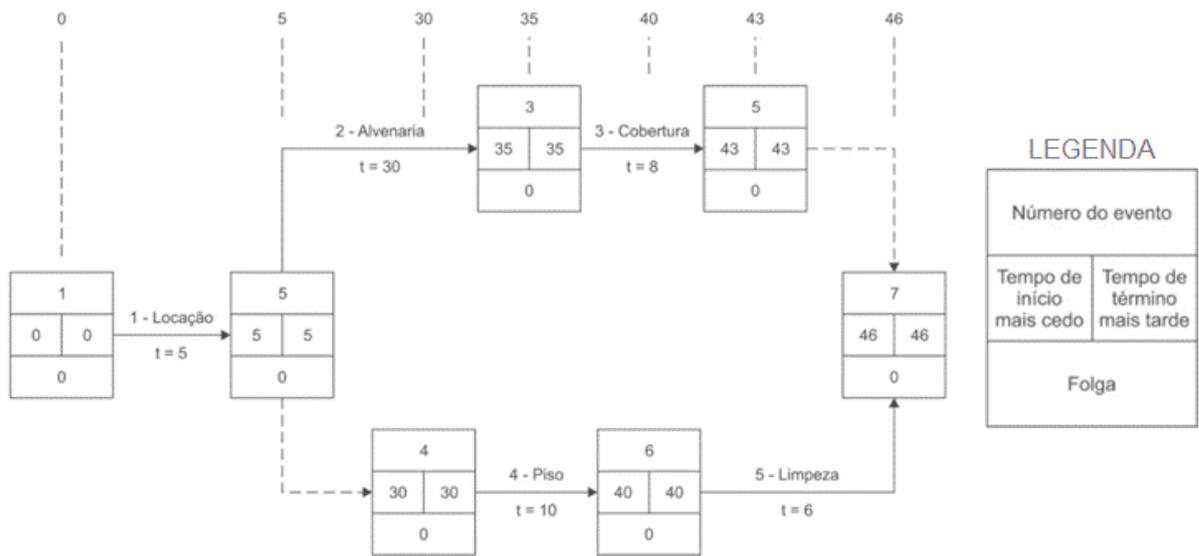
| Regra | Ilustração |
|---|---|
| Um evento é considerado atingido quando todas as atividades que convergem para ele forem concluídas, do tipo término/início. |  |
| Existe sempre um Evento Origem e um Evento Objetivo/Destino. Todas as atividades que não têm precedência partem do Evento Origem. |  |
| Entre 2 eventos sucessivos deve existir somente uma atividade. |  |
| Atividades Fantasmas ou Fictícias não consomem tempo nem recurso e são utilizadas quando as relações lógicas de dependência não podem ser representadas corretamente com as setas das atividades normais. |  |
| Não devem existir loops, desvios condicionados ou ciclos fechados. |  |

Fonte: Carvalho (2018)

Atividade é uma ação que consome recursos financeiros, humanos, materiais e tempo, permanecendo entre dois eventos. Pode haver uma atividade “fantasma”, sendo

aquela em que o tempo de execução é nulo, com finalidade de completar a rede em atividade que depende de outras para continuidade. O evento marca o início de uma atividade e término de outra. A folga seria o intervalo de tempo existente entre o término de uma atividade e início de outra (BRAGANÇA, 2019). A Figura 2 representa o desenho da rede PERT/CPM proposto pelo autor.

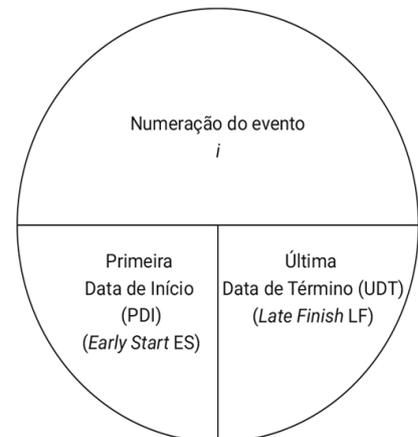
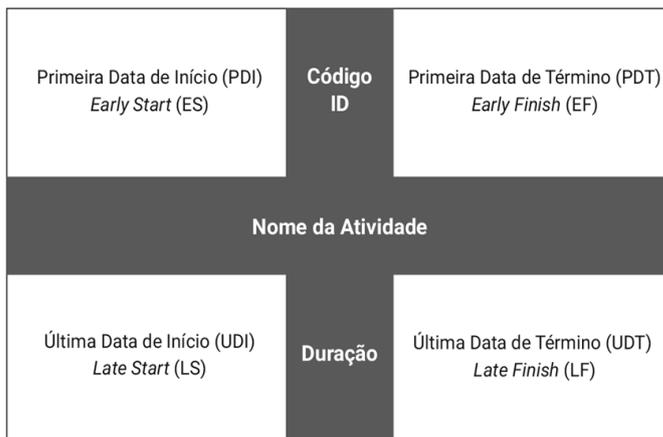
Figura 2 – Ilustração da rede PERT/CPM



Fonte: Adaptado de Bragança (2019)

Carvalho (2018) apresenta duas formas de representar um bloco na rede PERT/CPM representados na Figura 3, que detalha a representação das datas na rede de atividades.

Figura 3 – Representação das datas na rede de atividades x rede de eventos



Fonte: Carvalho (2018)

Todas as tarefas individuais devem estar suficientemente claras para serem colocadas em uma rede. Os eventos e as atividades devem ser sequenciados em um conjunto lógico de regras básicas, permitindo a determinação do caminho crítico (KERZNER, 2011).

O CPM (*Critical Path Method*/ Método do Caminho Crítico) identifica as atividades e sua duração na execução, destacando as mais importantes do processo, aquelas em que não existem folgas, em que o responsável pela gestão deve acompanhar com mais atenção a execução, pois comumente são estas atividades que atrasam o projeto (NERY et. al, 2016).

Para a convecção do cronograma através da rede PERT e aplicação do CPM, necessita-se identificar as atividades para realizar o projeto e sequenciá-las de forma lógica entre elas. O processo de desenvolvimento do cronograma determina as datas iniciais e finais para a execução de cada atividade do projeto (CAMARGO, 2018). Analogamente, Carvalho (2018) afirma que, para produzir a rede PERT e aplicar o CPM, primeiramente é preciso definir as atividades necessárias, desenvolver as ligações entre as atividades (decidir precedências), fazer a representação em rede conectando todas as atividades, atribuir estimativas de duração e traçar o caminho crítico.

Para determinar o caminho crítico do projeto deve-se identificar o caminho que possui folga zero e a sequência de atividades mais longa do diagrama de rede, possibilitando haver mais de um caminho crítico. Ele indica quais atividades necessitam de maior controle, pois, caso haja atraso em alguma atividade do caminho crítico, o projeto atrasará (CAMARGO, 2018).

O método do caminho crítico é usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo de cronograma (PMI, 2017). Segundo Neto et. al (2013), o caminho crítico é a sequência de atividades entre o início e o fim de um projeto que leva o maior tempo para ser concluída. Desta forma, caso uma das atividades no caminho crítico for atrasada, o projeto como um todo terá atraso na mesma proporção.

O método do caminho crítico auxilia os gestores do projeto a controlar a duração para sua execução, quais atividades devem ser concluídas antes do início de outras atividades dependentes, e quais são as atividades críticas que devem ser realizadas com mais atenção para não ocasionar atraso na obra (VERGARA et. al., 2017).

O ponto onde o PERT e CPM se complementam está na forma como as duas técnicas tratam as estimativas de duração. O CPM adota apenas uma estimativa de duração por atividade para fazer a programação, enquanto o PERT se baseia em três estimativas, que serão utilizadas para determinar a data mais provável para o término do projeto (CARVALHO, 2018).

3. METODOLOGIA

Quanto ao objetivo, trata-se de uma pesquisa exploratória com a finalidade de analisar os processos e atividades envolvidos em uma construção de uma obra de pequeno porte. Para Pereira (2016) Pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com intuito de torná-lo explícito ou de construir hipóteses. Geralmente assume as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

Quanto a abordagem, a pesquisa é considerada quali-quantitativa, pois avalia a ordem de atividades em uma obra através da obtenção de dados quantitativos e da qualificação por meio das características das atividades. Sordi (2013), conceitua pesquisa quantitativa como emprego de técnicas estatísticas que auxiliam na análise de relacionamentos entre variáveis. E pesquisa qualitativa emprega técnicas interpretativas para análise e compreensão de fenômenos, de natureza subjetiva. A pesquisa do tipo misto emprega tanto técnicas qualitativas quanto quantitativas.

Em relação aos procedimentos técnicos utilizou-se pesquisa bibliográfica para obtenção do embasamento teórico do tema, por meio de conhecimentos tratados em livros e artigos para referencial teórico e estudo de caso, uma vez que utiliza uma obra como objeto de estudo. Segundo Pereira (2016) Pesquisa bibliográfica é aquela desenvolvida a partir de material elaborado por outros autores, constituído principalmente de livros, artigos científicos, teses, dissertações, manuais, normas técnicas, revisões, trabalhos de congressos, abstracts, índices, bibliografias e meios audiovisuais. Também descreve estudo de caso quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Foram obtidos dados de campo e de levantamento documental em uma obra residencial de 63 m², caracterizados por dados de projetos e tempo de execução. O acompanhamento da obra estudada começou após as paredes estarem levantadas, com nivelamento do terreno, fundações, vigas baldrame e cintas também prontas. A obra teve início em 24/03/2021 e término em 23/08/2021, totalizando 106 dias de duração.

Sobre o gerenciamento da obra modelo, foi contratada uma empreiteira para a construção. A obra contou com um mestre de obra e média dois pedreiros para executá-la. As atividades referentes à aplicação de granito, instalação de janelas e portas, concretagem de laje, aplicação do gesso, construção da calçada e pintura foram terceirizadas além da empreiteira contratada para o restante dos serviços.

A Figura 4 apresenta a planta baixa da obra estudada como modelo.

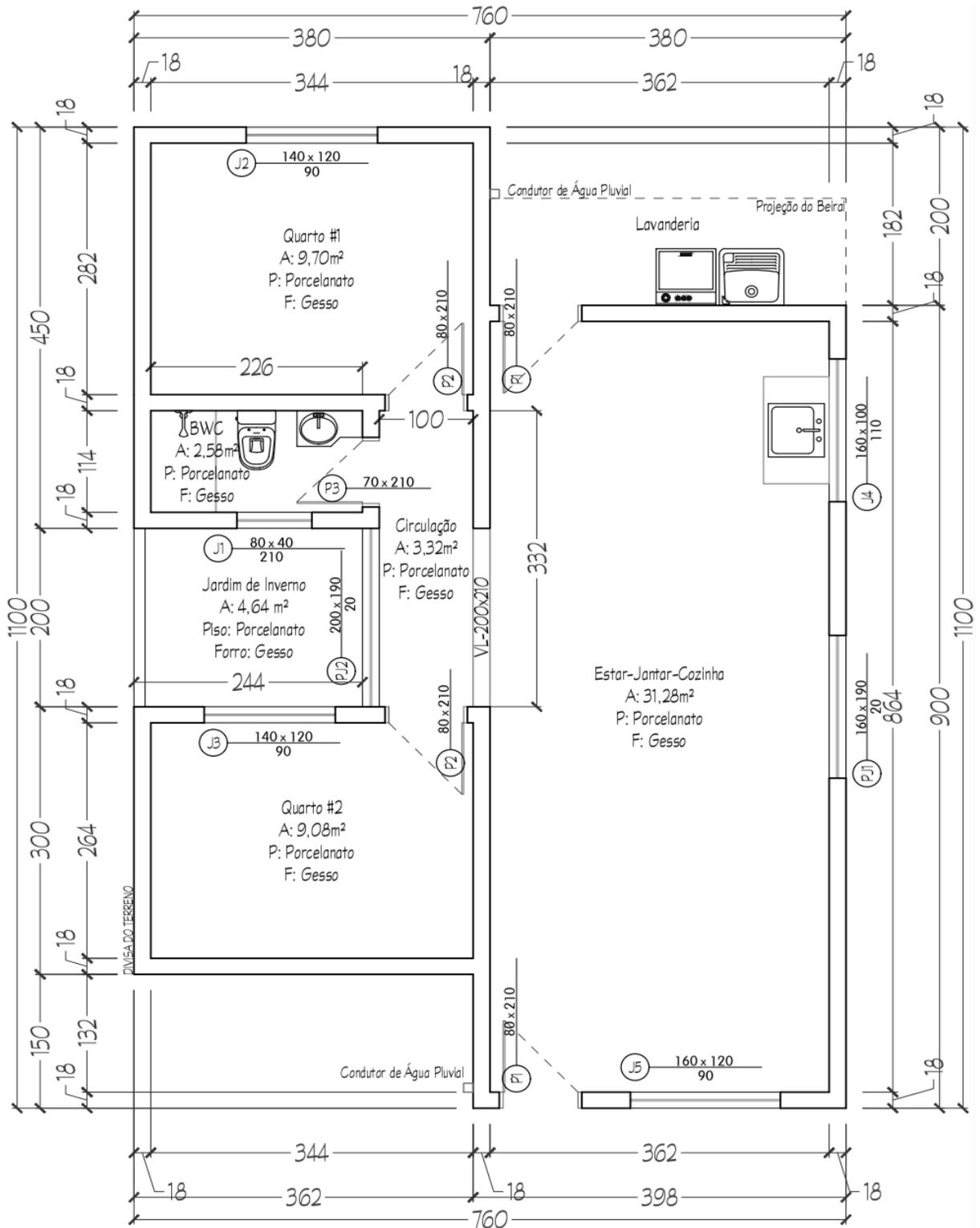
Para analisar os resultados obtidos, foi necessário confeccionar um cronograma físico, com o auxílio do software MS Project[®], que serviu de modelo, desenvolvendo-se uma

análise do tempo de cada atividade e o seu caminho crítico. Com o modelo pronto, validou-se o mesmo ao utilizá-lo para finalizar a execução da obra, servindo de base para a confecção dos modelos para obras de pequeno porte.

Para Barra (2013), o software MS Project® foi desenvolvido para o gerenciamento de projetos. É um aplicativo que possibilita: organizar a informação sobre a atribuição de tempos as tarefas, a associação de custos tanto de mão de obra quanto de materiais, de forma a propiciar o gerenciamento dos prazos, sem exceder o orçamento, com o objetivo de alcançar as metas propostas para o projeto.

O software é uma ferramenta eficaz e flexível, que conta com interface gráfica e bons recursos que permitem a administração de projetos simples e complexos. O programa é alimentado com as informações de projetos em sua base de dados. A partir disso, é possível calcular e controlar a programação, os custos e outros elementos do projeto através de um planejamento. Quanto mais informações disponibilizadas, mais preciso será o planejamento.

Figura 4 – Planta baixa da obra estudada



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MODELO I

O modelo I trata de uma rede para edificação de pequeno porte térrea sem laje (com forro). A aplicação da rede PERT/CPM foi realizada a partir dos dados obtidos das atividades referentes à execução da obra estudada como modelo. Segundo essa técnica, deve-se adotar as precedências para obtenção da relação entre elas. A Tabela 1 apresenta as atividades encontradas na obra utilizada como base desse estudo, sendo descritos na sequência os três modelos de relações de atividades estruturados.

Tabela 1 – Atividades da obra

| ATIVIDADE | DESCRIÇÃO | Duração (Dias) |
|-----------|---------------------------------|----------------|
| A | Serviços preliminares | 08 |
| B | Fundação | 16 |
| C | Vedação Térreo | 07 |
| D | Estrutura Térreo | 38 |
| E | Vedação Cobertura | 02 |
| F | Estrutura Cobertura | 24 |
| G | Instalações Elétricas | 36 |
| H | Instalações Água Fria e Pluvial | 10 |
| I | Instalações Esgoto | 13 |
| J | Revestimentos paredes Externa | 23 |
| K | Revestimento paredes Interna | 18 |
| L | Esquadrias | 27 |
| M | Piso e Revestimento | 24 |
| N | Forro | 05 |
| O | Pinturas | 13 |
| P | Serviços complementares | 25 |
| - | Obra Residencial em Alvenaria | 106 |

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Para cada atividade foram consideradas as subatividades conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Subatividades da obra

| DESCRIÇÃO | SUB-ATIVIDADES |
|---------------------------------|---|
| Serviços preliminares | Movimentação de terra, Ligações provisórias, Canteiro de obras, Tapume, e Locação da obra |
| Fundação | Fundação e Vigas Baldrame |
| Vedação Térreo | Assentamento de tijolos |
| Estrutura Térreo | Pilares, Vigas e Laje |
| Vedação Cobertura | Assentamento de tijolos |
| Estrutura Cobertura | Pilares, Vigas (platibanda) e telhado |
| Instalações Elétricas | Eletrodutos, Iluminação, Tomadas, Quadro de distribuição, Condutores e Disjuntores |
| Instalações Água Fria e Pluvial | Instalações, Caixa d'água, calhas e rufos |

| | |
|-------------------------|--|
| Instalações Esgoto | Tubulações, Caixa de gordura e Caixa de inspeção |
| Revestimentos paredes | Chapisco, Emboço e Reboco |
| Esquadrias | Requadro, Granito, Janelas e Portas |
| Forro | Forro |
| Pisos | Contrapiso e Revestimento |
| Pinturas | Pintura interna e externa |
| Serviços complementares | Calçadas, Acabamentos elétricos, Louças e metais, Portão e grade, Paisagismo e Limpeza de Obra |

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Utilizando-se as técnicas PERT/CPM para sequência da obra em estudo e o conhecimento das técnicas executivas, foram atribuídas as precedências.

A obra começou com a atividade “Serviços preliminares” e seguiu um caminho linear nas atividades “Fundações”, “Vedação Térreo”, “Estrutura Térreo”, “Vedação Cobertura”, “Estrutura Cobertura”. Nas próximas atividades iniciou-se as possibilidades para diferentes caminhos. “Instalações Elétrica” teve como precedente “Vedação Cobertura” e a primeira subatividade “Eletrodutos” necessitou ser confeccionada antes da concretagem da Laje.

Para o término da atividade “Estrutura Cobertura”, necessitou-se a instalação da caixa d’água, sendo esta a primeira subatividade de “Instalações Água Fria e Pluvial”. Para as demais subatividades de “Instalações Água Fria e Pluvial” seguiu-se como precedente a “Estrutura cobertura” e a subatividade “Rufos”, esta tendo como precedente a subatividade “revestimento parede externa”. “Instalações Esgoto” teve como precedente “Instalações de Água Fria e Pluvial”.

“Revestimento parede externa e interna” teve com precedente “Instalações elétricas e Instalações de Água Fria e Pluvial”, com exceção nas paredes que não possuem qualquer tipo de instalação elétrica ou hidráulica. “Pisos” teve como precedente as “esquadrias” e precedente mandatória “Instalações Esgoto”.

“Forro” teve como precedente uma subatividade “Contrapiso”, partindo do pressuposto que a subatividade “Piso” foi realizada após a aplicação do forro. “Pinturas” teve como precedente “Forro”. “Serviços complementares” teve como precedente “Pinturas”, porém não existe uma dependência mandatória para a subatividade “calçada pública”.

A partir dessas informações obtidas na obra utilizada como base desse estudo, foram confeccionados três modelos de rede para obra de pequeno porte. A Tabela 2 e a Figura 1 apresentam o modelo I, confeccionado com base no andamento real da obra estudada.

Como não houve acompanhamento nas atividades A - Serviços preliminares, B - Fundação, C - Vedação Térreo, foram obtidas as suas durações com os gestores, sendo de 08 dias, 16 dias e 07 dias, respectivamente. A Tabela 2 apresenta as durações e precedências obtidas na obra estudada.

Tabela 2 – Duração e precedências das atividades para obras de pequeno porte - Modelo I

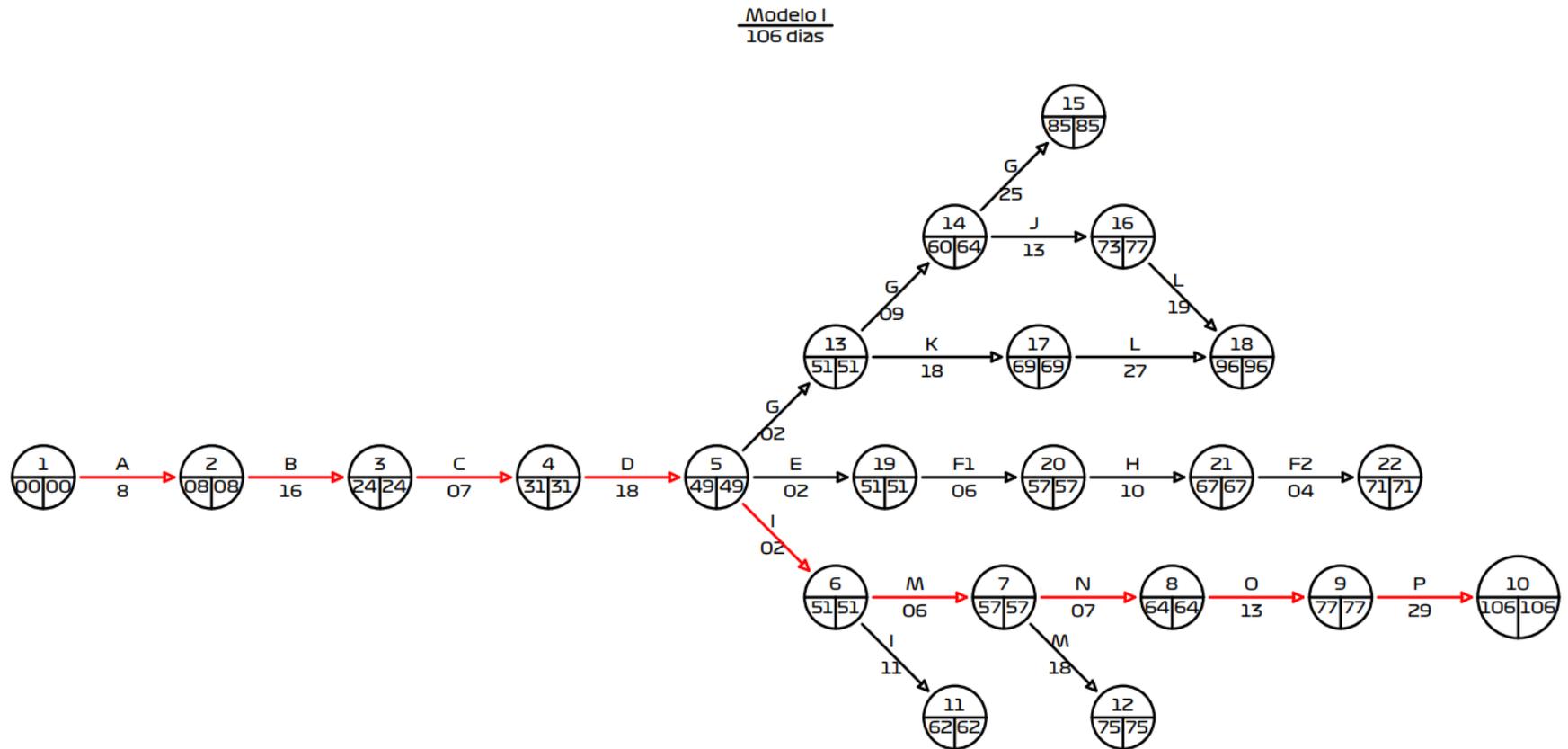
| ATIVIDADE | DESCRIÇÃO | DURAÇÃO (DIAS) | PRECEDÊNCIA |
|-----------|---------------------------------|----------------|-------------|
| A | Serviços preliminares | 08 | |
| B | Fundação | 16 | A |
| C | Vedação Térreo | 07 | B |
| D | Estrutura Térreo | 38 | C |
| E | Vedação Cobertura | 02 | D |
| F | Estrutura Cobertura | 24 | E; H |
| G | Instalações Elétrica | 36 | D |
| H | Instalações Água Fria e Pluvial | 10 | F |
| I | Instalações Esgoto | 13 | D |
| J | Revestimentos paredes Externa | 23 | G |
| K | Revestimento paredes Interna | 18 | G |
| L | Esquadrias | 27 | J, K |
| M | Pisos | 24 | I |
| N | Forro | 05 | M |
| O | Pinturas | 13 | N |
| P | Serviços complementares | 25 | O |
| - | Obra Residencial em Alvenaria | 106 | - |

Fonte: Autoria própria (2021)

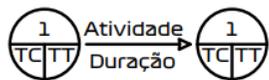
A partir das atividades, durações e precedências determinadas, foi possível a confecção do diagrama de rede para a obra em estudo. Observou-se que na atribuição das precedências há dependência mandatória na execução das janelas e portas - para realizar sua instalação, essa atividade depende necessariamente da execução dos requadros nas aberturas onde serão alocadas. Outra dependência mandatória é na realização desses requadros, necessitando-se do revestimento em argamassa (reboco) nas paredes em que há as aberturas para as janelas e portas. Também nessa atividade de revestimento de argamassa, foi constatado a dependência, no entanto arbitrada, em que a prioridade de quem a executa são as paredes externas, pois se estiver chovendo, não há problema de executar o reboco nas paredes internas, pois a cobertura nessa fase deverá estar concluída.

A Figura 5 apresenta o diagrama de rede do Modelo I, sendo possível a identificação do respectivo caminho crítico (em vermelho). A duração total da obra ficou em cento e seis dias, sendo aplicadas oito horas diárias de trabalho com um mestre de obras e dois pedreiros.

Figura 5 – Diagrama de rede e caminho crítico - Modelo I



Legenda:



A - Serviços preliminares

B - Fundação

C - Vedação Térreo

D - Estrutura Térreo

E - Vedação Cobertura

F - Estrutura Cobertura

G - Instalações de Elétricas

H - Instalações de Água Fria e Pluvial

I - Instalações Esgoto

J - Revestimento paredes Externas

K - Revestimento paredes Internas

L - Esquadrias

M - Piso e Revestimento

N - Forro

O - Pinturas

P - Serviços complementares

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir desses dados foram adaptadas as durações para gerenciamento do tempo, incrementando as atividades diferenciais no Modelo II.

4.2. MODELO II

O modelo II trata de uma rede para edificação de pequeno porte térrea com laje, foi considerado a mesma planta baixa apresentada no modelo I. A partir das atividades obtidas para a confecção do modelo I, foi aplicada a técnica PERT/CPM com a diferenciação das atividades e precedências com relação às técnicas executivas requeridas para essa atividade (laje) e melhorias propostas pelas lições aprendidas pela execução da rede do modelo I.

Como propostas de melhorias evidenciadas na prática, as atividades J - Revestimentos paredes Externas e K – Revestimentos paredes Internas foram substituídas pelas atividades J – Revestimentos paredes (Com aberturas) e K - Revestimentos paredes (Sem aberturas), devido a possibilidade de as paredes sem abertura serem executadas sem a necessidade do requadro.

Na atividade F - Estrutura Cobertura foi alterado o tempo de espera para começar a subatividade telhado, de 11 para 5 dias. Essa alteração foi feita pela constatação no modelo I do término da estrutura do telhado, visando o tempo necessário para instalar a caixa d'água e executar as instalações de água.

Pela modificação do revestimento da cobertura em laje, na atividade G - Instalações Elétricas foi agrupado as subatividades Caixa de iluminação, Eletrodutos, Tomadas e Quadro de distribuição, que foram realizadas separadas com precedência na subatividade “Escora da Laje” pertencente da atividade D – Estrutura Térreo. Isso se justifica porque para executar a concretagem da laje é necessário que todos os eletrodutos estejam posicionados na laje. Além desta alteração foi aplicado uma precedência nas subatividades “Disjuntor e condutores” com a atividade L – Esquadrias, para evitar possível corrosão dos condutores por eles estarem expostos. Essas alterações ocasionaram no aumento da duração de 36 para 41 dias.

Na atividade H - Instalações Água Fria e Pluvial, foi aplicada a subatividade Rufos e Calhas como precedência para aplicação das Telhas, assim diminuindo o tempo da atividade H – Instalações Água Fria e Pluvial de 10 dias para 5 dias. Na atividade I - Instalações Esgoto foi aproximado as subatividades Caixas de gordura e caixas de inspeção da subatividade reduzindo o tempo da atividade de 13 para 3 dias.

Para aplicar o revestimento na alvenaria exige-se que os eletrodutos, caixas de tomadas e instalação da água fria estejam aplicadas, desta forma não precisará quebrar o reboco para aplicá-los e remendar a parede. Sendo assim as atividades J - Revestimentos paredes (com abertura) e K - Revestimento paredes (sem abertura) tiveram como precedente

as subatividades da atividade G - Instalações Elétricas “Eletrodutos” e “Quadros de distribuição”.

Na atividade L - Esquadrias, ao invés de realizar o requadro das janelas de forma aleatória, foi condensado todos para serem realizados em um dia, para dar continuidade na atividade com granito, janelas e portas que para o trabalho apresentado foram considerados como atividades executadas por terceiros. A duração saiu de 27 dias para 10 dias.

A atividade M - Pisos tem como precedente L – Esquadrias, por continuidade da obra e precedência mandatória a atividade I - Instalações Esgoto, como houve um reajuste na ordem das atividades, pode-se diminuir a duração na execução dos pisos e revestimentos, sendo assim o tempo foi de 24 dias para 4 dias.

A atividade O - Pinturas foi de 13 dias para 7 dias e P - Serviços complementares de 25 dias para 4 dias, devido a reorganização das subatividades. A Tabela 3 mostra as durações e respectivas precedências das atividades do modelo II.

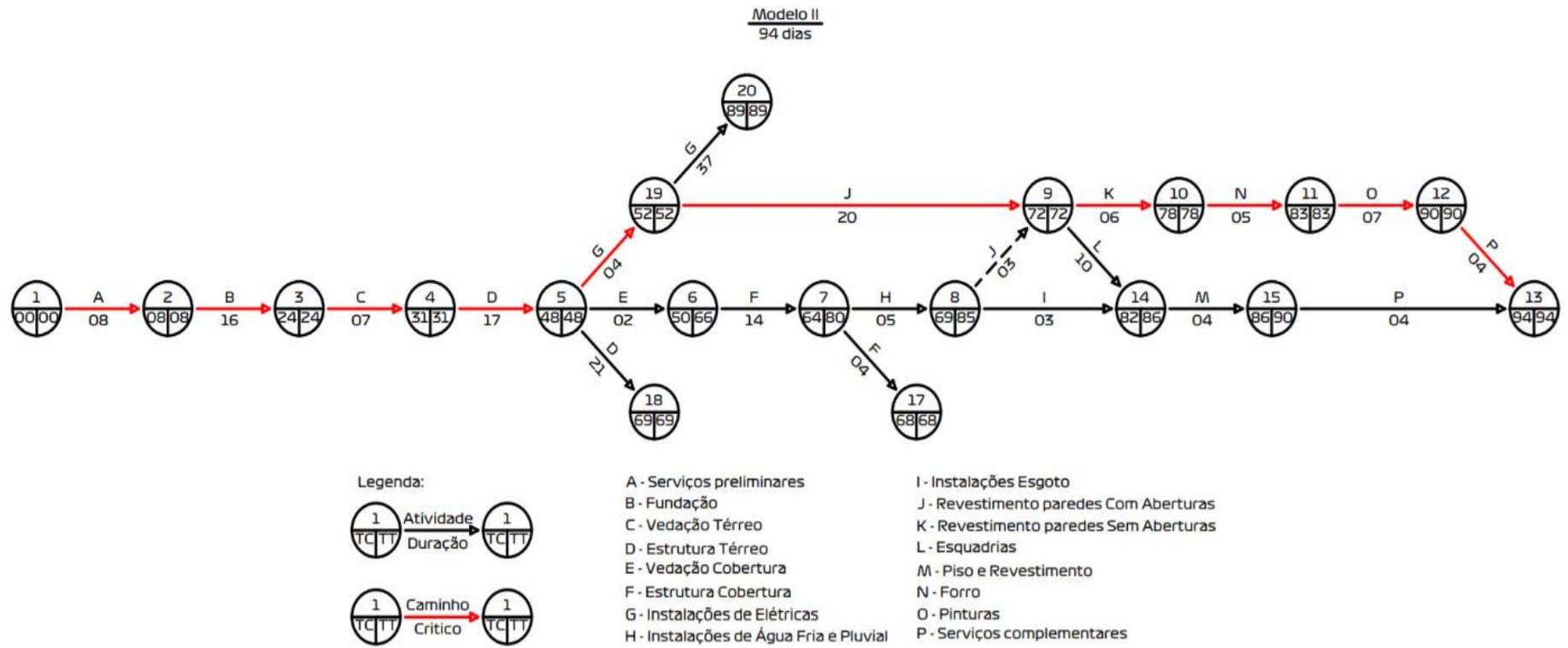
Tabela 3 – Duração e precedências das atividades para obras de pequeno porte térrea com laje - Modelo II

| ATIVIDADE | DESCRIÇÃO | DURAÇÃO (DIAS) | PRECEDÊNCIA |
|-----------|--------------------------------------|----------------|-------------|
| A | Serviços preliminares | 08 | |
| B | Fundação | 16 | A |
| C | Vedação Térreo | 07 | B |
| D | Estrutura Térreo | 38 | C |
| E | Vedação Cobertura | 02 | D |
| F | Estrutura Cobertura | 18 | E |
| G | Instalações Elétricas | 29 | D |
| H | Instalações Água Fria e Pluvial | 05 | F |
| I | Instalações Esgoto | 03 | H |
| J | Revestimentos paredes (com abertura) | 20 | G; H |
| K | Revestimento paredes (sem abertura) | 06 | J |
| L | Esquadrias | 10 | J |
| M | Pisos | 04 | L, I |
| N | Forro | 05 | K |
| O | Pinturas | 07 | N |
| P | Serviços complementares | 04 | M; O |
| - | Obra Residencial em Alvenaria | 94 | - |

Fonte: Autoria própria (2021)

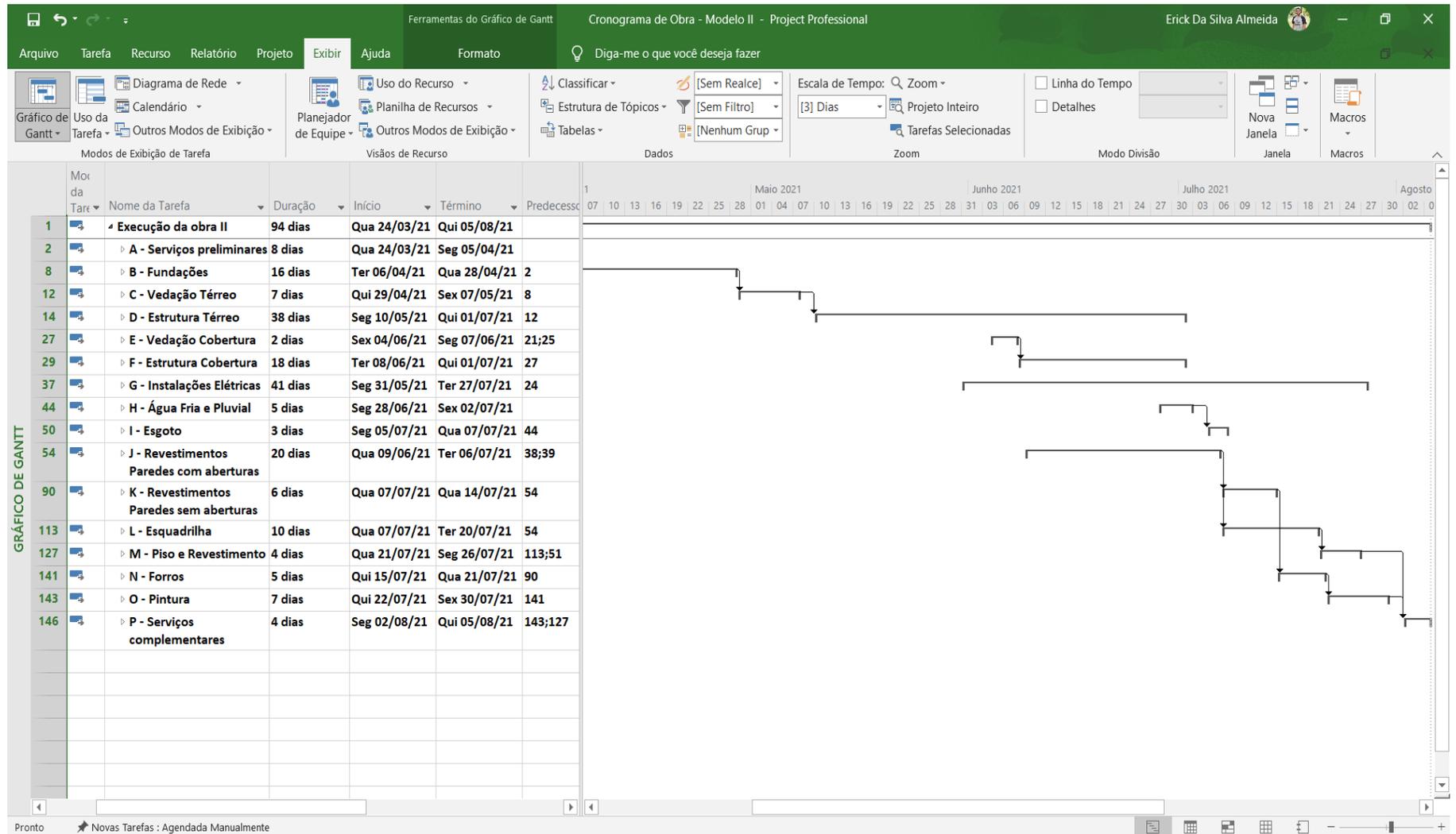
A Figura 7 revela o diagrama de redes para o Modelo II – edificação térrea com laje. Foi realizada uma simulação utilizando MS Project® para uso prático dos modelos I e II, como exemplifica a Figura 8.

Figura 7 – Diagrama de rede e caminho crítico - Modelo II



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Figura 8 – Tela do software MS Project® para o Modelo II



Fonte: Autoria própria (2021)

Para obras de pequeno porte com segundo piso, foram inseridas e adaptadas as atividades, conforme descrito no tópico a seguir.

4.3. MODELO III

Este modelo trata-se de uma obra de pequeno porte com o acréscimo de um segundo piso. Foi utilizada a mesma lista de atividades do modelo II, sendo duplicadas as atividades “Vedação térreo” e “Estrutura térreo” transformando-as nas atividades “Vedação inferior”, “Estrutura inferior”, “Vedação superior” e “Estrutura superior”, o modelo III não possui um projeto arquitetônico base, foi considerado a planta baixa apresentada no modelo I duplicada. A Tabela 4 apresenta a lista das atividades para esse modelo, suas durações e precedências.

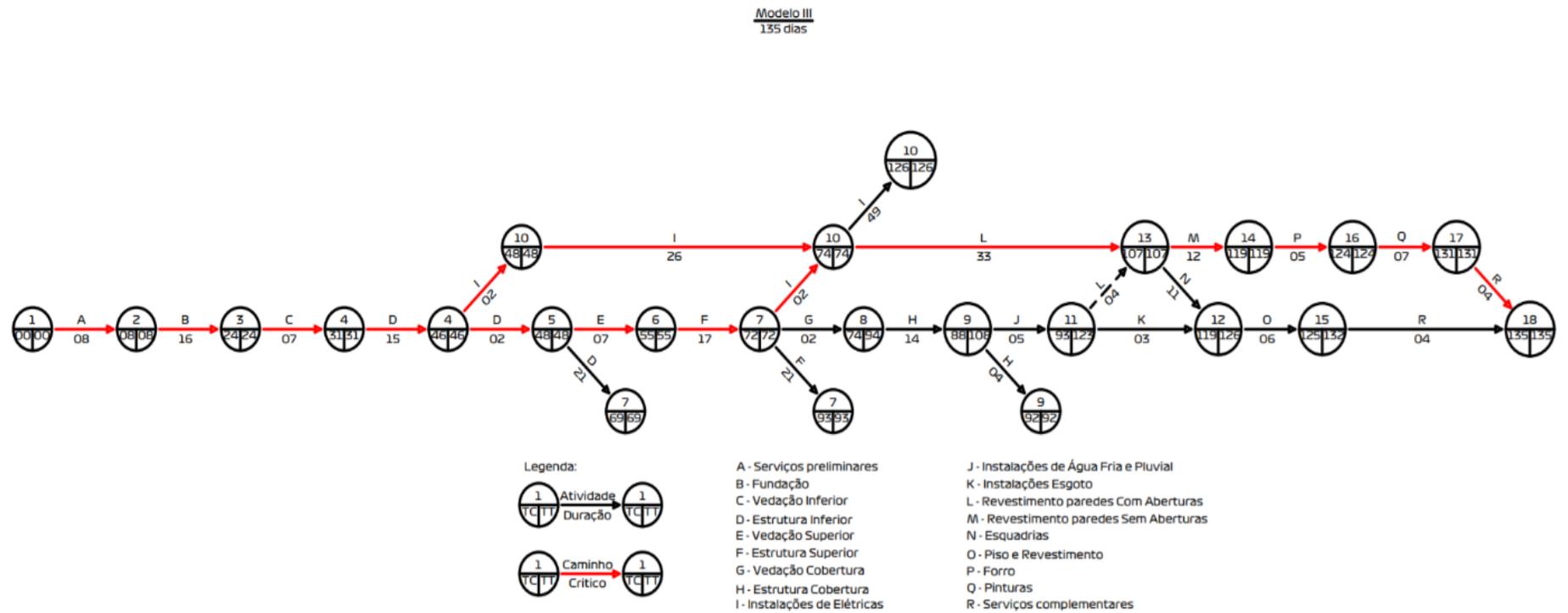
Tabela 4 – Duração e precedências das atividades para obras de pequeno porte dois pisos com laje - Modelo III

| ATIVIDADE | DESCRIÇÃO | DIAS | PRECEDENTE |
|-----------|---------------------------------------|------|------------|
| A | Serviços preliminares | 08 | |
| B | Fundação | 16 | A |
| C | Vedação Térreo | 07 | B |
| D | Estrutura Térreo | 38 | C |
| E | Vedação Superior | 07 | D |
| F | Estrutura Superior | 38 | E |
| G | Vedação Cobertura | 07 | F |
| H | Estrutura Cobertura | 18 | G |
| I | Instalações Elétrica | 76 | F |
| J | Instalações Água Fria e Pluvial | 05 | H |
| K | Instalações Esgoto | 03 | J |
| L | Revestimento nas paredes com abertura | 33 | I; J |
| M | Revestimento nas paredes sem abertura | 12 | L |
| N | Esquadrias | 11 | L |
| O | Pisos | 06 | N, K |
| P | Forros | 05 | M |
| Q | Pinturas | 07 | P |
| R | Serviços complementares | 04 | O; Q |
| - | Obra Residencial em Alvenaria | 135 | - |

Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 9 mostra o diagrama de redes do Modelo III.

Figura 9 – Diagrama de rede e caminho crítico – Modelo III



Fonte: Autoria própria (2021)

Utilizando a técnica PERT/CPM com auxílio do MS Project®, foi possível alterar as atividades para testar redução de prazo, como pode ser constatada pela possível redução de 12 dias no prazo do modelo II em relação ao modelo I, mesmo com a inserção da atividade H - Estrutura Cobertura, sendo replicadas as alterações para o modelo III.

Os modelos de rede criados proporcionam uma visão gráfica da sequência lógica executiva da obra, proporcionando uma gestão visual do andamento da mesma. Outros trabalhos também apontam essa vantagem.

Teixeira (2016) utilizou a ferramenta PERT/CPM a fim de otimizar a relação tempo-custo numa obra de construção civil, e realizou uma simulação de Monte Carlo para análise dos riscos inerentes ao projeto. Desta forma traçou o caminho crítico e folgas de cada atividade, possibilitando otimizar o tempo de duração do projeto de 66 semanas para 34 semanas, realizando etapas independentes de maneira simultânea. Não obstante a diminuição no cronograma gerou uma economia de R\$ 11.558,94. Com a aplicação da técnica, assim como no presente trabalho, tornou-se viável a compreensão das fases do projeto e sequenciamento das atividades.

Barra (2013) também aplicou a técnica PERT/CPM com auxílio do programa MS Project®, mas na construção de uma escola. Em seu trabalho argumentou que a elaboração da rede PERT/CPM mostrou a partir do gráfico de redes quais as atividades que estavam influenciando diretamente no cronograma de execução da obra, extraíndo o caminho crítico, o que assim como nos modelos gerados nesta pesquisa proporcionou uma melhor visualização no gerenciamento de tais atividades.

Santos (2017) aplicou a ferramenta PERT/CPM com auxílio do MS Project® e acompanhamento da fase de acabamento externo de uma obra de cinco pavimentos e seis apartamentos por pavimento. Foi possível identificar o caminho crítico do projeto e verificar possíveis melhorias para que essas atividades não atrasassem o projeto como um todo. Realizando pequenas mudanças de equipes de trabalho e alterações em termos de contratos com empresas terceirizadas foi possível obter uma melhor eficiência na execução da etapa do projeto, negociação com os fornecedores de materiais das atividades de maior folga, diminuição no risco de multas por atrasos na entrega dos apartamentos. Isso também pode ser aplicado nesta pesquisa com auxílio dos modelos criados.

Neto et. al (2013) utilizou a ferramenta PERT/CPM para obter um resultado financeiro em relação ao aprimoramento do tempo das atividades, mostrando-se eficaz, pois além de ter graficamente a organização das atividades, obteve uma melhoria no VPL (Valor Presente Líquido), com uma variação de R\$ 737,17. Desta forma, recomenda-se aplicar os modelos criados para analisar a possibilidade de se postergar ou adiantar as atividades e assim

favorecer o fluxo de caixa, podendo influenciar positivamente nos resultados financeiros da obra.

Ravagnani (2017) comparou o resultado da aplicação PERT/CPM manualmente com a aplicação utilizando o software MS Project[®], diferenciando em 59 dias em relação ao prazo sem o auxílio da técnica. Desta maneira, o planejamento obtido através do PERT/CPM através dos modelos criados para obras de pequeno porte pode auxiliar na redução de prazos, uma vez que aplicados em conjunto com as técnicas de gerenciamento de tempo, podem resultar em um menor gasto de tempo de mão-de-obra por parte da empresa responsável, reduzindo os custos totais da obra. Em relação ao tempo de confecção do planejamento, o auxílio do MS Project[®] certamente torna o processo mais ágil, visto que o planejamento manual demanda mais tempo e requer mais cuidado ao respeitar as precedências das etapas construtivas.

Os modelos criados mostram-se uma ferramenta em relação ao detalhamento de cada etapa construtiva, visto que cada uma delas é subdividida nos processos que a constituem. No planejamento realizado através do PERT/CPM com auxílio do MS Project[®] foram agrupados os processos que constituem uma mesma etapa construtiva, favorecendo o gerenciamento do tempo da execução de obras de pequeno porte.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho trouxe três modelos de rede para obras de pequeno porte, sendo o modelo I para edificação térrea com laje, elaborado de forma empírica e informal, servindo de base para comparação em relação aos modelos com alterações, o modelo II para edificação térrea com laje e o modelo III para edificação com segundo pavimento. Os modelos propostos são uma solução para a complexidade de se aplicar a técnica PERT/CPM em obras de pequeno porte, retratando o diagrama de rede, o caminho crítico e distribuição de atividades e subatividades. Conforme as lições aprendidas do modelo I, pode-se aprimorar as precedências e durações para melhor aproveitamento do modelo, sendo consideradas nos modelos II e III.

As limitações desse trabalho foram a falta de análise das folgas entre as atividades que não pertencem ao caminho crítico e a análise de mais obras de pequeno porte para uma estimativa de tempo mais aprimorada. Outra limitação seria analisar o impacto no custo da obra com e sem a aplicação da ferramenta. Para trabalhos futuros sugere-se calcular folgas entre as atividades e aprimoramento do cálculo de duração, levando em consideração um tempo mais provável e menos provável. Também podem ser realizados estudos de caso aplicando os modelos como base para o planejamento da obra.

REFERÊNCIAS

BARRA, R. B. M., SEPTIMIO, G. A., BASTOS, L. S. L., MARTINS, V. W. B. Elaboração de rede PERT/CPM na indústria da construção civil através da utilização do software MS Project: um estudo de caso. **Anais...** XXXIII Encontro Nacional De Engenharia de Produção. Salvador, BA, Brasil, out. 2013.

BRAGANÇA, A. C. F. **Planejamento e custos de obras**. São Paulo - SP: Editora Saraiva, 2019

CAMARGO, MARTA. **Gerenciamento de Projetos**. Rio de Janeiro – RJ: Grupo GEN, 2018.

CARVALHO, M. M. **Fundamentos em Gestão de Projetos - Construindo Competências para Gerenciar Projetos**. Rio Janeiro – RJ: Grupo GEN, 2018.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática, 3ª edição**. São Paulo, SP: Grupo GEN, 2017.

KERZNER, H.. **Gerenciamento de projetos**. São Paulo – SP: Editora Blucher, 2011.

NARCISO, M. A., **Gerenciamento do tempo do projeto aplicado a obras civis: como diminuir os problemas com atraso, custo e qualidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – UniCEUB – Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2013.

NERY, I. C., TÚLIO, A. A. O., MONTEIRO, A. C. C., RODRIGUES, G. C.. Rede PERT/CPM como ferramenta de auxílio para controle de projetos da construção civil. **Anais...**V SINGEP Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, nov. 2016.

NETO, R. D. G., SANCHES, A. L. Utilização da ferramenta PERT/CPM para avaliação dos fluxos de caixa de projetos de investimentos. **Anais..** IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, jun. 2013.

PEREIRA, J. M., Manual de Metodologia da Pesquisa Científica. São Paulo – SP: Grupo GEN, 2016.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOK®**: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos, 6 ed., Pennsylvania: PMI, 2017.

RAVAGNANI, M. S. **Análise comparativa de planejamento de obras: método PERT/CPM x software MS Project para uma obra de 663m² na cidade de Campo Mourão – PR**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

SANTOS, L. H. **Aplicação do método PERT/CPM na construção civil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

SORDI, J. O. **Elaboração de pesquisa científica**, 1ª edição. São Paulo – SP: Editora Saraiva, 2013.

TEIXEIRA, Renata Taís. **Análise de risco na metodologia PERT/CPM aplicado na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 2016.

VERGARA, Walter R. H., TEIXEIRA, Renata T., YAMANARI, Juliana S. Análise de risco na metodologia PERT/CPM aplicado na construção civil. **EXACTA**, São Paulo, vol. 15, núm. 1, pp. 75-88, May, 2017