



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS**

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

HELLEN KÁSSIA MATOS DA CRUZ

**PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE RISCO COM FOCO NO ORÇAMENTO E
CRONOGRAMA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
UTILIZANDO A METODOLOGIA MONTE CARLO**

**PALMAS
2022**

HELLEN KÁSSIA MATOS DA CRUZ

**PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE RISCO COM FOCO NO ORÇAMENTO E
CRONOGRAMA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
UTILIZANDO A METODOLOGIA MONTE CARLO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito
parcial para obtenção do título
de Bacharel do Curso Superior
de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Virley
Lemos de Souza

**PALMAS
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- C955p Cruz, Hellen Kássia Matos da
Planejamento e análise de risco com foco no orçamento e cronograma de uma residência unifamiliar de médio padrão / Hellen Kássia Matos da Cruz. – Palmas, TO, 2022.
69 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2022.
- Orientador: Dr. Virley Lemos de Souza
1. Planejamento. 2. Análise de Risco. 3. Simulação de Monte Carlo. I. Souza, Virley Lemos de. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

HELLEN KÁSSIA MATOS DA CRUZ

**PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE RISCO COM FOCO NO ORÇAMENTO E
CRONOGRAMA DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
UTILIZANDO A METODOLOGIA MONTE CARLO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do
curso de Engenharia Civil Instituto
Federal do Tocantins - Campus
Palmas, como exigência à obtenção
do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 14/06/2022

BANCA AVALIADORA



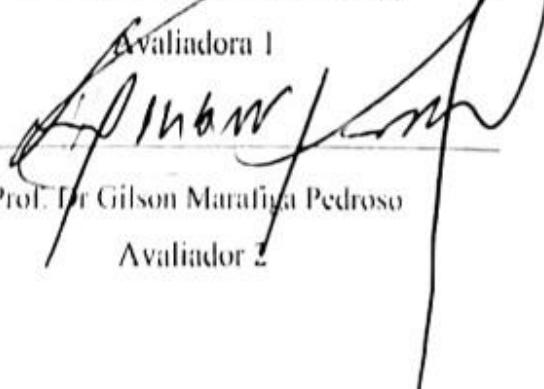
Prof. Dr. Virley de Lemos Souza

Orientador



Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna

Avaliadora 1



Prof. Dr. Gilson Marafim Pedrosa

Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me concedeu saúde, força e fé para realizar meus sonhos.

Agradeço a minha família pelo apoio e por compreender as vezes que não pude estar presente, devido a distância.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Virley Lemos de Sousa, pelo conhecimento compartilhado e pelas palavras e instruções motivadoras.

Aos meus colegas de trajetória acadêmica Julyanny Pareão, James de Sousa e Pedro Henrique de Almeida, aos meus amigos Ângelo Chaves e Hellem Amaral.

Meus agradecimentos, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O ramo da construção civil possui a particularidade de trabalhar com diversas variáveis complexas e interligadas em uma estrutura dinâmica, variáveis como profissionais, condições de mercado, condições climáticas, materiais, máquinas, ferramentas e serviços, lidando com riscos e incertezas em seus projetos. Em detrimento dessas variáveis os profissionais e incorporadoras têm mostrado dificuldades em gerenciar estes fatores, visto que há uma má reputação do segmento no que refere a entregar as obras de acordo com o prazo, custo e qualidade pré-estabelecidas. Tal situação é devido a negligência no planejamento é o tratamento superficial para com os riscos nos projetos. A partir disso, este trabalho apresenta ferramentas e técnicas de planejamento e de análise de risco em projeto aplicados em um empreendimento de habitação unifamiliar de médio padrão. Os projetos do objeto de estudo foram realizados em plataformas BIM e buscou-se detalhar as etapas e ferramentas do processo de planejamento, realizando uma estimativa do custo e prazo adequado a sua execução. Na etapa de análise de risco qualitativa foram levantados os principais riscos em projetos desta tipologia e a análise quantitativa demonstrou que a estimativa de custo sem considerar as variações de cada atividade dentro do processo teria apenas 44,90% de certeza de ocorrer na prática. Portanto, o objetivo desse trabalho é apresentar a importância do planejamento e da análise de risco no processo de gerenciamento de projetos, bem como expor as ferramentas necessárias para a sua execução.

Palavras-chave: Análise de Risco. Simulação de Monte Carlo. Planejamento. Gerenciamento de riscos.

ABSTRACT

The construction industry has the particularity of working with several complex and interconnected variables in a dynamic structure, variables such as professionals, market conditions, climatic conditions, materials, machines, tools and services, dealing with risks and uncertainties in their projects. To the detriment of these variables, professionals and developers have shown difficulties in managing these factors, since there is a bad reputation of the segment with regard to delivering the works of color with the pre-established time, cost and quality. Such a situation is due to negligence in planning is the superficial treatment of the risks in the projects. From this, this work presents tools and techniques of planning and risk analysis in project applied in a medium-family housing enterprise of medium standard. The projects of the object of study had been carried out on BIM platforms and we sought to detail the steps and tools of the planning process, performing an of the cost and time appropriate to its execution. In the qualitative risk analysis estimate scan, the pincipais risks in projects of this typology were raised and occur the quantitative analysis showed that the cost estimate without considering the variations of each activity within the process would be only 44.90% sure to in practice. Therefore, the objective of this work is to present the impotence of planning and risk analysis in the project management process, as well as to expose the necessary tools for its execution.

Keywords: Risk Analysis. Monte Carlo simulation. Planning. Risk management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ciclo de vida do projeto	19
Figura 2 - EAP árvore analogia 1.....	23
Figura 3 - EAP árvore analogia 2.....	23
Figura 4 - EAP mapa mental.....	24
Figura 5 - Diagrama de rede método das flechas.	27
Figura 6 - Diagrama de rede.....	28
Figura 7 - Diagrama de blocos.	28
Figura 8 - Técnica PERT/CPM.	30
Figura 9 - Exemplo gráfico do método PERT/CPM.	31
Figura 10 - Gráfico de Gant.	32
Figura 11 - Processo de gestão de risco conforme ISO 31000/2009	33
Figura 12 - Matriz de risco (probabilidade e impacto)	37
Figura 13 - Simulação de Monte Carlo.....	39
Figura 14 - Tipos de distribuição probabilística contínuas	41
Figura 15 - Vistas projeto arquitetônico	45
Figura 16- 3D explodido projeto estrutural	45
Figura 17- Compatibilização dos projetos.....	46
Figura 18- Qr Code	47
Figura 19 - Ferramentas utilizadas no trabalho	47
Figura 20 - Processo do trabalho	48
Figura 21- EAP Habitação Unifamiliar de Médio Pdrão	50
Figura 22- Diagrama de Rede	55
Figura 23- EAR (Estrutura Analítica de Riscos).....	56
Figura 24- Gráfico de histograma do orçamento estimado	57
Figura 25- Gráfico de tornado orçamento estimado	58
Figura 26- Gráfico de histograma do cronograma.....	59
Figura 27- Gráfico de Tornado do cronograma	59
Figura 28 - Histograma cenário 90% de confiança orçamento.....	60
Figura 29- Gráfico de tornado cenário 90% orçamento.....	61
Figura 30- Gráfico de tornado cenário 90% de confiança cronograma.....	61
Figura 31- Gráfico de tornado cenário 90% de confiança cronograma.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - INCC- M (Índice Nacional da Construção Civil – Mercado).	12
Quadro 2- Conceitos de planejamento de obras.	21
Quadro 3- EAP analítica.....	24
Quadro 4 - Quadro de sequenciação.....	26
Quadro 5 - Diferença de Atividade e Evento.	27
Quadro 6 - Ferramentas e técnicas análise qualitativa	36
Quadro 7- Ferramentas e técnicas análise quantitativa	38
Quadro 8 – Orçamento Sintético.....	51
Quadro 9- Cronograma físico-financeiro	53
Quadro 10- EAP sintética superestrutura.....	54

LISTA DE SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
CUB	Custo Unitário da Construção
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
PERT	Técnica de Avaliação e Revisão de Programas
CPM	Método do Caminho Crítico
ADM	Método Diagrama das Flechas
PDM	Método Diagrama de Precedências ou Método dos Blocos
INCC	Índice Nacional da Construção Civil
FGV	Fundação Getúlio Vargas
INCC - M	Índice Nacional da Construção Civil – Mercado
MMC	Método de Monte Carlo
SMC	Simulação de Monte Carlo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.3.1	Objetivo Geral.....	17
1.3.2	Objetivos Específicos.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Obra como projeto	18
2.2	Planejamento	20
2.2.1	Conceitos de planejamento de obras.	20
2.2.2	Planejamento de Obras – Etapas e Ferramentas	21
2.3	Gerenciamento de Risco	33
2.4	Análise de risco	35
2.5	Simulação de Monte Carlo	38
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	43
3.1	Caracterização da Pesquisa.....	43
3.2	Levantamento Bibliográfico Inicial.....	44
3.3	Formulação do Problema e Definição dos Objetivos	44
3.4	Definição do Objeto de Estudo	44
3.5	Definição das Ferramentas Utilizadas.....	47
3.6	Planejamento das Ações	48
3.7	Tratamento dos dados	48
3.8	Análises de Risco	49
3.9	Resultados e possíveis soluções	49
3.10	Conclusão da pesquisa	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50

4.1	Planejamento do projeto.....	51
4.2	Análise qualitativa.....	56
4.3	Análise quantitativa	57
4.4	Análise dos cenários	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS	65

1. INTRODUÇÃO

Apesar da atual situação de recuperação da pandemia mundial em decorrência do vírus Covid – 19, iniciado em março de 2020 no Brasil, cujas consequências no setor foram de desabastecimento, elevação dos preços de insumos e estimativas da queda do PIB nacional em até 11%. O presidente da CBIC estima um crescimento das vendas no setor imobiliário em cerca de 10% e que tal demanda resultará na construção de novos imóveis (JOSÉ CARLOS MARTINS, 2020).

Segundo Monteiro (2020) este crescimento no setor imobiliário, com altas vendas e lançamentos de imóveis, é devido a taxas de juros baixas, facilidade de crédito por programas sociais como Casa Verde e Amarela (antigo Minha Casa Minha Vida) e financiamentos habitacionais, juntamente com avanços no processo regulatório. Para Peduzzi (2021), parte desta alta no setor imobiliário é devido à influência da pandemia, cuja busca pela qualidade de vida resultou na aquisição desse tipo de bem.

O segmento demonstrando crescimento após um período de recessão e durante o enfrentamento de uma pandemia mundial, acarretou em desafios para as construtoras, empreiteiras e profissionais do ramo. De acordo com INCC (Índice Nacional da Construção Civil) publicado pela FGV (Fundação Getúlio Vargas) responsável por monitorar a evolução e variações dos preços de materiais, insumos e mão de obra, estes itens apresentam crescente alta, cerca de 12,82% acumulado dos últimos meses (Quadro 1).

Quadro 1 - INCC- M (Índice Nacional da Construção Civil – Mercado).

Mês	Índice	Variação (%)		
		No mês	No ano	12 meses
mar/20	783.15	0.38	0.99	4.34
abr/20	784.523	0.18	1.16	4.02
mai/20	786.132	0.21	1.37	4.14
jun/20	788.616	0.32	1.69	4.01
jul/20	795.235	0.84	2.55	3.95
ago/20	801.777	0.82	3.39	4.44
set/20	810.965	1.15	4.57	5.01
out/20	824.636	1.69	6.34	6.64
nov/20	835.305	1.29	7.71	7.86
dez/20	842.683	0.88	8.66	8.66

Quadro 2 - INCC- M (Índice Nacional da Construção Civil – Mercado).

jan/21	850.495	0.93	0.93	9.39
fev/21	859.573	1.07	2	10.18
mar/21	876.75	2	4.04	11.95
abr/21	885.093	0.95	5.03	12.82
mai/21	901.032	1.8	6.92	14.62
jun/21	921.762	2.3	9.38	16.88
jul/21	933.23	1.24	10.75	17.35
ago/21	938.475	0.56	11.37	17.05
set/21	943.736	0.56	11.99	16.37
out/21	951.249	0.8	12.88	15.35
nov/21	957.984	0.71	13.68	14.69
dez/21	960.894	0.3	14.03	14.03
jan/22	967.003	0.64	0.64	13.7
fev/22	971.651	0.48	1.12	13.04
mar/22	978.717	0.73	1.85	11.63
abr/22	987.218	0.87	2.74	11.54

Fonte: Adaptado de FGV 2022.

De acordo com José Carlos Martins (presidente da CBIC, 2021) “trata-se da maior alta registrada desde o plano real”. O representante afirma que o aumento dos preços de materiais da construção civil, principalmente no que se refere às matérias-primas (cimento, aço, ferro, areia, brita etc.) tem sido fator preocupante para as incorporadoras do setor, visto que as contratações de 2020 utilizaram base de valores diferentes das atuais, tornando o que seria positivo para a empresa em prejuízo.

De maneira resumida, problemas como escassez de materiais, produtos sofrendo variações frequentes do valor e disposição, e mão de obra qualificada escassa foram alguns fatores ocorridos neste período, e tais circunstâncias mercadológicas exigem uma nova postura e adaptações por parte das empresas e profissionais do ramo (CBIC, 2020).

De acordo com Souza (2012, p. 23) “o processo de produção do setor de construção está centrado nos empreendimentos individuais, para os quais convergem os materiais, componentes industrializados e os serviços”. Como consequência desta problemática, o planejador e/ou gestor de obras se depara com percalços relacionados ao cumprimento do cronograma e orçamento do projeto, bem como a necessidade da tomada de decisão quanto aos fatores de riscos de interferência nestes.

Em paralelo as circunstâncias mercadológicas atuais, o setor lida á tempos com problemas de cumprimento de custo e prazo de projetos. De acordo com Filho (2019) o setor apresenta alto índice de obras cujos os prazos e orçamentos foram estourados, decorrentes do mal planejamento e execução diferente do escopo. Para os autores Limmer (2010) e Mattos (2010) estas adversidades estão relacionadas a negligências no planejamento, que por consequência geram extrapolação de prazos e custos do projeto.

A deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra e, por extensão, para a empresa que a executa. Não são poucos os casos conhecidos de frustração de prazo, estouros de orçamento, atrasos injustificados, indisposição do construtor com seu cliente (contratante) e até mesmo litígios judiciais para recuperação de perdas e danos. (MATTOS, 2010, p.25).

Para compreender as incertezas do projeto no que se refere ao custo e prazo a análise de risco é uma ferramenta de gerenciamento geralmente utilizada, cujo o propósito é garantir que os planos, recursos e ações estejam adequados a execução dentro do orçamento e cronograma pré-estabelecidos (HERNANDEZ, 2017).

Na realização da análise de risco há dois processos a análise qualitativa e a quantitativa que possuem variadas ferramentas para sua realização. Para a análise qualitativa será utilizado bibliografias e para a quantitativa a simulação de Monte Carlo. De acordo com Filho (2019) a metodologia de Monte Carlo é um modelo eficiente para identificar os riscos potenciais e estimar os custos e prazos dos projetos. É uma ferramenta de análise estatística que auxilia na tomada de decisão e fornece parâmetros auxiliares do processo de gerenciamento.

Neste contexto, este estudo cuja hipótese executiva dar-se-á em Palmas – TO, capital brasileira mais jovem, em que a construção civil é baseada em obras de pequeno e médio porte, busca-se realizar a análise de risco do cronograma e orçamento do projeto de uma habitação unifamiliar de médio padrão, bem como levantar os riscos de interferência nestes, baseados na indústria local.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Ao contratar um profissional da construção civil para a realização de um projeto, a expectativa do cliente é que o planejado acordado pelas partes ocorra dentro do custo, prazo e qualidade pré-estabelecidas. De acordo com Souza (2012, p. 3) “em tempos de oportunidades, o setor não pode perder o foco. E se tratando da construção civil as obras devem ser entregues pautadas no tripé: Custo, Prazo e Qualidade.” Por isso, estes fatores são os principais desafios do ramo.

De acordo com Junior (2018, p. 38) “No mercado brasileiro é possível identificar que as empresas dedicam mais tempo e esforço na fase de execução da obra do que nas fases de projeto, planejamento e orçamentação (escopo, custo e prazo).” Para Souza e Abiko (1997, p. 16) “as soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo da construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente”.

Silva (2012) afirmar que a realização de um projeto deve visar o todo e deve-se integrá-los de maneira que os recursos humanos, materiais e equipamentos derivam no produto planejado, a obra construída esteja dentro dos parâmetros de prazo, custo, risco e qualidade previamente estabelecidas, porém isso pouco tem ocorrido no âmbito brasileiro.

Muitas obras habitacionais ainda são executadas de forma artesanal a partir de um planejamento informal e sem garantia do cumprimento do prazo, e para planejar é preciso conhecer em detalhe cada componente do projeto e integrá-los (LIMMER, 1996).

Para Vergara et al. (2017, p. 88) “os projetos podem ser mais bem-sucedidos quando são tratados com uma metodologia consistente que analisa e representa suas atividades utilizando estimativas de tempo e custo e análise de risco.” O risco é um evento ou uma condição incerta que ocorrendo causará efeitos negativos ou positivos sobre os objetivos do projeto tais como escopo, cronograma, custo e qualidade (PMI, 2017).

Para Moreira (2016) o gerenciamento de riscos é um assunto negligenciado e tratado de forma bastante superficial pelos gestores. Fazendo com que a tomada de decisões seja deficiente e muitas vezes baseadas em informações não compatíveis com o cenário real.

Por isto, este trabalho tem a finalidade de responder a seguinte pergunta: Quais são os riscos intrínsecos na execução do projeto de uma residência unifamiliar de médio padrão. E como a análise de risco pode auxiliar na estimativa de custo e prazo do projeto?

1.2 JUSTIFICATIVA

A recuperação do setor pós pandemia mundial, cujas variáveis de materiais, mão de obra qualificada e serviços, oscilam frequentemente interferindo no custo e prazo dos empreendimentos, são problemáticas atuais para os profissionais do ramo lidarem. “A construção civil possui um dos processos produtivos de maior dispersão em torno do valor esperado do prazo de conclusão ou do custo total de uma obra” (HERNANDES 2002, p.25).

A cadeia produtiva possui a peculiaridade de trabalhar com diversas variáveis complexas e interligadas em uma estrutura dinâmica, variáveis como profissionais, equipamentos, máquinas e ferramentas, condições de mercado e climáticas (VILCAPOMA et al. 2014). De acordo com Souza (2012) a extrapolação do custo de orçamento de obras são notícias comuns, cuja culpa por vezes recai sobre os problemas de fornecimento de materiais, a escassez de mão de obra e os descontroles gerenciais das companhias surpreendidas pelo rápido crescimento do setor.

Para Novais (2010) a recorrência destes fatos tem causa relacionada ao planejamento, pois as empresas em sua maioria de pequeno porte e alguns construtores, no intuito de minimizar o tempo de início de seus empreendimentos, decidem economizar justamente onde se deveria despendar mais tempo e critérios, que é no planejamento.

O prazo e custo de um projeto são fatores interligados, visto que o prolongamento ou a paralização de uma atividade interfere nos custos da mesma, devido ao aumento ou interrupção das horas de mão de obra e a aquisição ou perda de material, entre outros fatores (VERGARA et al. 2017).

Limmer (1996, p. 45) em um de seus conceitos de projeto diz que este é “um conjunto de atividades necessárias, ordenadas logicamente e inter-relacionadas, que conduzem a um objetivo predeterminado, atendendo-se a condições definidas de prazo, custo, qualidade e risco”. A partir das problemáticas relacionadas há extrapolação de custo e prazo, buscou-se ferramentas auxiliadoras do processo de planejamento e dos riscos em projetos.

Na década de 80 e 90 as principais ferramentas de análise de risco em projetos tinham como objetivo correlacionar as incertezas por métodos qualitativos, na intenção de estudar a subjetividade imposta pelas incertezas do projeto. Os métodos em destaque na época são a lógica fuzzy, Teoria da Utilidade Mutiatributo e AHP (Analytic Hierarchy Process). Para os métodos quantitativos temos o diagrama de influência, árvore de influência e por fim, a mais utilizada a Metodologia de Monte Carlo que representa a revolução científica na análise quantitativa para o ramo da construção civil (FILHO, 2019).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Planejamento e análise de risco quali-quantitativa do cronograma e orçamento do projeto de uma habitação unifamiliar.

1.3.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Levantar as informações de custo, prazo e riscos de interferência nestes, por meio das ferramentas de planejamento: EAP, orçamento, cronograma e diagrama de rede;
- Realizar a análise qualitativa dos riscos;
- Realizar a análise quantitativa dos riscos, utilizando a simulação de Monte Carlo;
- Analisar os respectivos cenários de custo e prazo estimados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Obra como projeto

De acordo com o Guia PMBOOK (2017 p.13) “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único” o guia também explana sobre este ser empreendido em todos os níveis organizacionais, podendo envolver um único indivíduo ou toda a equipe, uma organização ou múltiplas unidades organizacionais.

De acordo com Limmer (1996) um projeto pode ser definido como um conjunto de atividades que resultem na materialização do objeto, com objetivos bem definidos previamente, a ser materializado conforme o planejado dentro das condições de prazo, custo risco e qualidade previamente estabelecidos.

No âmbito da Construção Civil, o termo projeto está associado ao plano geral de uma edificação composto por conjunto de plantas, cortes e cotas necessárias à construção, apresentados nos projetos arquitetônicos, projetos estruturais, projeto de instalações sanitárias, hidráulicas entres outros (MATTOS, 2010).

Para Junior (2018 p. 36) “a elaboração de projetos de Engenharia e arquitetura é uma atividade extremamente complexa, independentemente do tamanho da obra, existe uma série de cuidados e medidas que devem ser observadas [...]”.

Para os autores Limmer e Mattos, o ciclo de vida de um projeto compõe quatro estágios básicos: concepção e viabilidade, planejamento, execução e finalização.

- **Estágio I - Concepção e Viabilidade**

De acordo com Mattos (2010) nesta primeira fase do projeto ocorre a definição detalhada do escopo, neste estágio são percorridas as necessidades do cliente, o tipo de edificação, seu padrão e todo o trabalho necessário para executá-lo.

Segundo o autor, nesta fase também ocorre a delimitação do objeto em lotes, fases, formas de contratações etc. e executa-se o orçamento preliminar a partir de indicadores históricos, aqui podemos citar CUB (Custo Unitário da Construção) e INCC (Índice Nacional de Custo da Construção).

A viabilidade, consiste na avaliação por meio de ferramentas e técnicas, a fim de analisar a viabilidade técnica e econômica do projeto para a empresa. De acordo com Limmer (1996) realiza-se as estimativas preliminares de custo e cronograma, o levantamento de recursos financeiros disponíveis como da possibilidade de financiamentos, empréstimos ou recursos próprios, e a identificação de alternativas e de ganhos de oportunidades para a empresa.

Por fim desta etapa, realiza-se o processo de aprovação junto ao cliente para o prosseguimento das etapas de projeto.

- **Estágio II - Planejamento**

Segundo Limmer (1996), este estágio compreende o desenvolvimento de um plano necessário à concretização do projeto. Este plano contém desenhos, especificações de materiais e equipamentos, técnicas construtivas, cronograma, orçamento, normativas e técnicas gerenciais.

- **Estágio III - Execução**

A execução do projeto compreende as ações de mobilização de recursos financeiros, mão de obra, equipamentos, ferramentas e insumos, compostos numa estrutura organizacional para o gerenciamento e implantação do projeto (LIMMER, 1996).

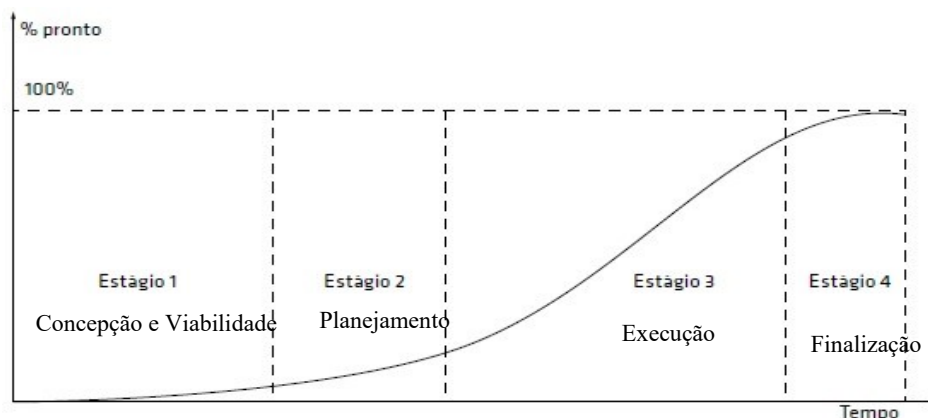
Dentro do processo de gerência do projeto, realiza-se o controle da qualidade, a administração contratual, como a realização de medições e diário de obras, e a fiscalização da obra e dos serviços (MATTOS, 2010).

- **Estágio IV - Finalização**

Nesta última etapa, coloca-se em funcionamento o projeto materializado e executa-se o teste de funcionamento do mesmo. Posteriormente, realiza-se os transmisses de entrega ao cliente, por meio de processos de transferência de responsabilidade, resolução das últimas pendências e termos de recebimento (MATTOS, 2010).

A figura 1, apresenta o ciclo de vida do projeto, conforme seus estágios relacionando o tempo e porcentagem de sua realização.

Figura 1- Ciclo de vida do projeto



Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

O formato da curva demonstra que os estágios iniciais de concepção-viabilidade e planejamento são mais lentos, com duração em torno de 50% do tempo total da realização de todas as etapas do projeto. A fase de execução (estágio 3) apresenta-se mais rápida em relação à concretização do objeto, e no último estágio têm-se o processo finalizado e lento novamente, visto que a curva nesta etapa se apresenta contínua até a sua finalização total (MATTOS, 2010).

2.2 Planejamento

O planejamento constitui um plano necessário para a realização do projeto, sendo uma das etapas dentro da função de gerenciamento de projetos. Para Baia (2015, p. 7) “O planejamento é uma função gerencial básica que deve estar presente em todos os ramos de atividade industrial.”

De acordo com a NBR ISO 10006/2000 o planejamento constitui parte do gerenciamento de projetos, juntamente composto pela organização, supervisão e controle de todos os aspectos deste, num processo contínuo, cuja finalidade é alcançar os objetivos pré-determinados.

Gerenciar um projeto é assegurar que o mesmo seja planejado em todas as suas fases, permitindo, através de mecanismos de controle, uma vigilância contínua onde os impactos de prazos e/ou custos sejam analisados e projetados para um horizonte de curto e médio prazo, possibilitando antecipar decisões gerenciais que garantam a execução do projeto no curso desejado (LIMMER 1996, p. 12).

Desta maneira, o planejamento está inserido como atividade fundamental de um projeto, bem como no processo de seu gerenciamento.

2.2.1 Conceitos de planejamento de obras.

O planejamento de obras compreende o estágio II do projeto, que antecede o estágio de sua execução, cujo objetivo central é a criação de um plano para o seguimento do escopo. Nesta fase são definidas estratégias e ações que inter-relacionam as partes que compõem o projeto, gerando documentos que servirão como guias durante o processo de execução e de controle (BEDIN, 2020).

O quadro 2, apresenta alguns conceitos de planejamento de obras presentes na literatura nacional.

Quadro 3- Conceitos de planejamento de obras.

CONCEITOS DE PLANEJAMENTO DE OBRAS		
Autores	Livro	Conceitos
Aldo Dórea Mattos (2010)	Planejamento e Controle de Obras	“O planejamento da obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, conjunto de amplo espectro, que envolve também orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicação etc.”
Carl Vicente Limmer (1996)	Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras	“O estágio de planejamento compreende o desenvolvimento de um plano de projeto que servirá de diretriz para a sua implementação, contendo desenhos, especificações de materiais de equipamentos e técnicas de execução, cronogramas, orçamentos e diretrizes gerenciais”
Pedrinho Goldman (2004)	Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira 4ª Ed.	“[...] sistema que possa canalizar informações e conhecimentos dos mais diversos setores e, posteriormente, direcioná-los de tal forma que todas essas informações e conhecimentos sejam utilizados para a construção.”

Fonte: Autoria Própria

2.2.2 Planejamento de Obras – Etapas e Ferramentas

As etapas do planejamento de obras seguem passos bem definidos de elaboração progressiva e lógica. Em se tratando da área da construção civil o projeto e suas fases são similares, podendo este roteiro ser utilizado tanto para a reforma de um casarão quanto para a construção de uma hidrelétrica (MATTOS, 2010).

Neste roteiro as seguintes ferramentas de planejamento são apresentadas: EAP, quadro duração-recursos, Bancos de dados de produtividade, Método das flechas, Método dos blocos, PERT e CPM e Cronograma de Gantt.

O roteiro de planejamento possui as seguintes etapas:

1º Etapa: Identificação das Atividades

Para Mattos (2010) esta etapa consiste na identificação de todas as atividades que integrarão o planejamento e irão compor o cronograma da obra. É uma etapa que envolve grande atenção, pois a ausência de alguma atividade/serviço resultará em atrasos na obra e o gerenciador terá percalços para cumprir o cronograma.

A identificação das atividades não deve ser realizada por uma única pessoa, mas por todos os envolvidos no projeto, de forma contributiva e participativa pois a omissão de

alguma atividade ou de uma série delas resultará em problemas futuros prejudiciais ao orçamento e cronograma (MATTOS, 2010).

A ferramenta mais usual neste processo é a EAP (Estrutura Analítica de Projeto). De acordo com o Guia PMBOOK (2017, p. 157) “a EAP é uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho a ser executado pela equipe do projeto a fim de atingir os objetivos do projeto e criar as entregas requeridas”. O guia descreve que criar a EAP é um processo de decompor as atividades e entregas em componentes menores mais facilmente gerenciáveis.

Para Limmer (1996) a EAP é a ferramenta mais importante do gerenciamento de projetos, pois seu objetivo é subdividir o projeto em componentes menores possibilitando o conhecimento de seus detalhes. Também esta ferramenta metodiza o planejamento de projeto, propiciando uma visão geral do mesmo, e serve como ferramenta de controle.

Mattos (2010) faz uma analogia didática da ferramenta EAP a comparando com uma árvore genealógica. Cujos avós estão em um nível, os filhos no nível abaixo e netos no nível imediatamente inferior, podendo-se criar mais níveis inferiores e/ou ramificações. Assim funciona a EAP, uma árvore com ramificações, uma estrutura analítica hierárquica com subdivisões do projeto tornando-o mais facilmente gerenciável.

De acordo com Mattos (2010), não há uma regra para a criação da EAP, sendo o critério de decomposição responsabilidade de quem o planeja, desde que todas as etapas que constituem o projeto estejam contempladas e represente a totalidade do escopo. A EAP, apresenta três variantes quanto a sua forma de apresentação, a saber: Árvore, Analítica e Mapa Mental.

Para apresentação das tipologias da EAP, consideremos o projeto construtivo de uma casa, cujas as grandes etapas do processo executivo são fundação, estrutura e acabamento.

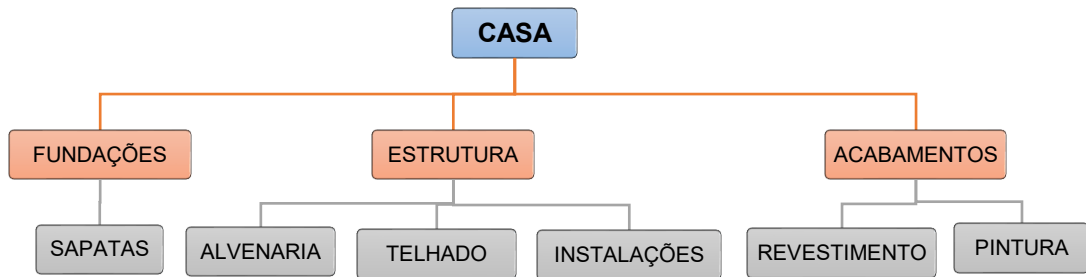
- Árvore:

A EAP no formato de árvore possui hierarquia e apresenta o projeto no topo considerando-o como um todo, e na medida em que a EAP se ramifica, os componentes vão se subdividindo, facilitando a visualização das etapas do projeto e seus detalhes, fator que auxiliará nas estimativas de duração de execução dos componentes da obra (BAIA, 2015).

A EAP do tipo árvore, também se assemelha a um fluxograma, os elementos podem ser processados por texto simples dentro ou não de caixas, as ramificações se dão por linhas, podendo conter setas nas pontas a fim de indicar a progressão do tempo ou causa e efeito. Desta maneira as atividades são subdivididas e mais facilmente interpretadas (BAIA, 2015).

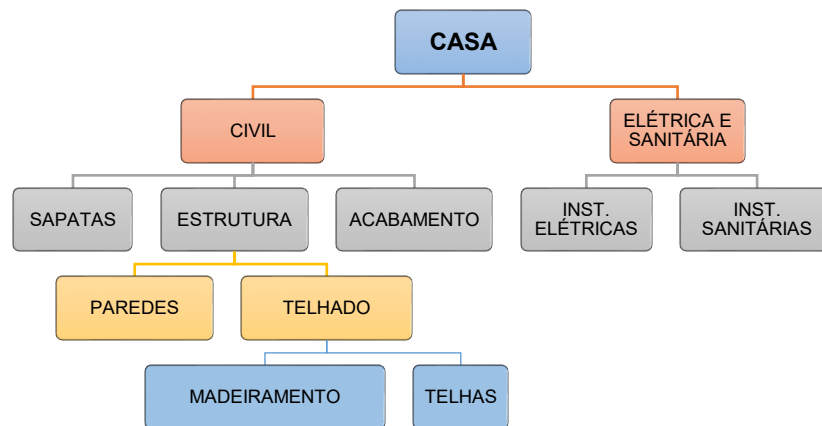
É possível desenvolver diferentes analogias quanto às atividades do projeto por meio da EAP do tipo árvore, visto que cada planejador e/ou gestor possui sua individualidade na forma de analisá-las. A figura 2 e 3 apresentam a EAP do tipo árvore e as diferentes formas de apresentá-las.

Figura 2 - EAP árvore analogia 1



Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

Figura 3 - EAP árvore analogia 2



Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

- Analítica ou Sintética:

Este formato de EAP é apresentado em alguns softwares de planejamento cuja essência é simples, as atividades são alinhadas internamente em relação às outras em ordem hierárquica, geralmente com sequência numérica, e quando ocorre o mesmo alinhamento de atividades, significa que estas são do mesmo nível (MATTOS, 2010). O quadro 3, apresenta a EAP no formato Analítico do programa *Ms Project*.

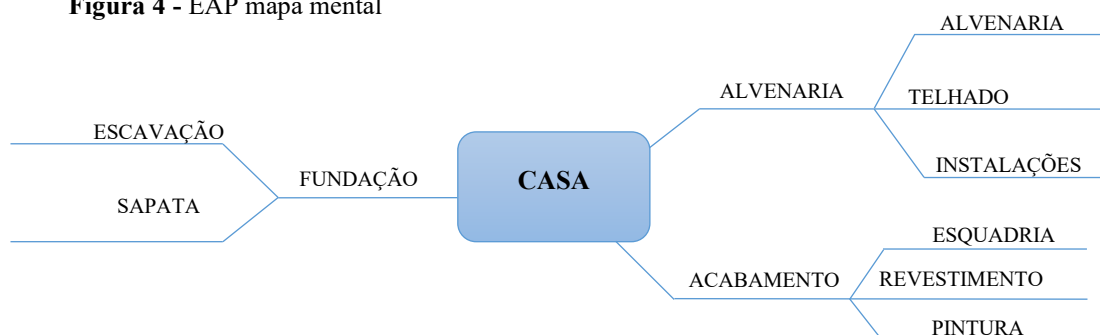
Quadro 4- EAP analítica.

ATIVIDADE	
0	CASA
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação Elétrica
14	2.3.2 Instalação Hidráulica

Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

- Mapa Mental:

De acordo com Baia (2010, p. 14), a estrutura de escopo do tipo mapa mental, proporciona uma visualização intuitiva e versátil, que “se inicia com uma ideia central, onde todos os ramos do mapa significam uma decomposição da ideia principal em ideias relacionadas, baseadas em um modelo visual de pensamento.”

Figura 4 - EAP mapa mental

Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

2º Etapa: Definição das Durações

De acordo com a PMBOOK (2017, p. 173) “estimar as durações das atividades é o processo de estimativa do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar atividades individuais com os recursos estimados.” Cujo objetivo central é a estimativa da quantidade de tempo necessário para a realização de cada atividade.

As estimativas de duração das atividades irão compor o cronograma do projeto. Desta forma, a duração de cada atividade é determinada em relação ao tipo e a quantidade de serviço que há compõe, em função de fatores disponíveis tempestivamente como a produtividade da mão de obra, dos tipos e quantidades de materiais e equipamentos entre outros recursos necessários à realização da atividade (LIMMER, 1996).

A fórmula para estimar o tempo de duração das atividades é dada na equação abaixo:

$$\text{DURAÇÃO} = \text{QUANTIDADE DE SERVIÇO A SER EXECUTADO NA ATIVIDADE} / \text{PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA QUE A EXECUTA}$$

Segundo Baia (2010) utilizar bancos de dados de produtividade, podem auxiliar e servir como referência para o planejador no dimensionamento das durações das atividades, entretanto, recomenda-se o uso cauteloso desses bancos de dados, visto que a produtividade depende de vários fatores como material e quantidade de mão de obra disponível.

Para Hernandez (2002) a definição das durações das atividades deve ser feita sempre que possível baseada em dados da produtividade da própria empresa, porém no caso de empresas de pequeno porte este documento é inexistente.

3º Etapa: Definição da Precedência

Para Mattos (2010, p. 48) “a precedência é a dependência entre as atividades (quem vem antes de quem), com base na metodologia da obra”. De acordo com o autor nesta etapa é necessário que a equipe entre em consenso quanto ao plano de ataque da obra, a relação entre as atividades e a sequência mais inexecutável e coerente. Desta forma, o planejador realizará a análise da particularidade dos serviços e a sequência executiva, definindo as interrelações entre elas.

De acordo com Baia (2010) a precedência é a dependência que uma atividade tem com a outra. Uma atividade que inicia ou finaliza antes de outra, dá-se o nome de predecessora, já as atividades que só iniciam após o término desta, dá-se o nome de sucessora.

A execução e apresentação da precedência das atividades se dá no Quadro de Sequenciação (Quadro 4). Consideremos a execução de um bloco de fundação, para melhor esclarecimento.

Quadro 5 - Quadro de sequenciação

QUADRO DE SEQUENCIAÇÃO		
Código ¹	Atividade ²	Predecessora ³
A	Locação da fundação	-
B	Escavação da fundação	A
C	Montagem das fôrmas	B
D	Obtenção do aço	-
E	Preparação da armação	D
F	Colocação da armação	C, E
G	Mobilização da betoneira	-
H	Concretagem	F, G
Notas: 1 Apresentado de forma simplificada podendo ser número, letras ou alfanumérica. 2 Nome da atividade conforme EAP. 3 Atividade imediatamente antecessoras.		

Fonte: Adaptado de Mattos (2010).

Segundo Mattos (2010) a lógica executiva é de fácil raciocínio, de forma que a atividade A é a inicial, por isso não possuindo predecessora, a atividade B é predecessora de A de maneira que sua realização só inicia posterior a finalização de A, e assim por sequência. As atividades que D e G não possuem predecessoras pois são relacionadas a outros fatores externos.

Mattos (2010) alerta o planejador quanto da execução de redes de trabalho muito grandes, visto que pode ocorrer o fenômeno da circularidade também chamado de *loop*, que ocorre quando é definido uma sequência equivocada. Segundo Baia (2010, p. 16) “É fácil perceber que a circularidade é ilógica e deve ser eliminada, por essa razão os programas mais usuais detectam a circularidade e dão aviso de erro.”

4º Etapa: Montagem do Diagrama de Rede

Para a realização desta etapa são necessárias as informações das etapas antecessoras, contendo a identificação da EAP, a definição da relação de precedência das atividades e o cálculo das durações. O diagrama é uma representação gráfica que apresenta o conjunto de atividades, sequenciadas de acordo com sua precedência (BAIA, 2010).

Segundo Mattos (2010, p. 111) nesta etapa do planejamento não caracteriza mais entradas de dados, “o que se faz agora é a transformação das informações de durações e sequenciação em um diagrama, uma malha de flechas ou blocos”. Para o autor existem dois

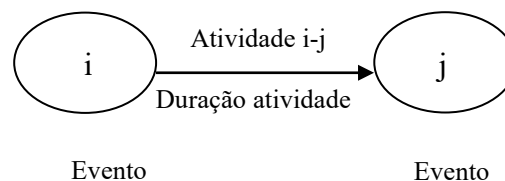
métodos para a elaboração do cronograma de rede o método o Arrow Diagramming Method (ADM), traduzido como Método Diagrama das Flechas, e o método Precedence Diagramming Method (PDM), traduzido como Método Diagrama de Precedências ou Método dos Blocos.

A função do diagrama de redes é a apresentação do projeto como um fluxo de trabalho, contendo as atividades e sua precedência, mostrando a interrelação entre as atividades. Este diagrama será utilizado nas etapas posteriores como matriz para a cálculo do caminho crítico do projeto e das folgas, utilizando a técnica PERT/CPM (BAIA, 2010). As duas principais metodologias do diagrama de rede são apresentadas abaixo.

- Método das Flechas (ADM)

Segundo Mattos (2010) neste método cada atividade é representada por uma seta/flecha ou linha orientada que inicia em um evento e termina em outro, representado na figura 5.

Figura 5 - Diagrama de rede método das flechas.



Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

A atividade é a tarefa a ser executada, de acordo com a transposição dos pacotes de trabalho identificados na EAP, o evento é um momento que baliza o projeto, que ocorre após a finalização/conclusão das atividades predecessoras, e não consome tempo nem recursos, é apenas um “ponto no tempo” (MATTOS, 2010). Para esclarecimentos quanto a diferença entre atividade e evento é apresentado quadro 5.

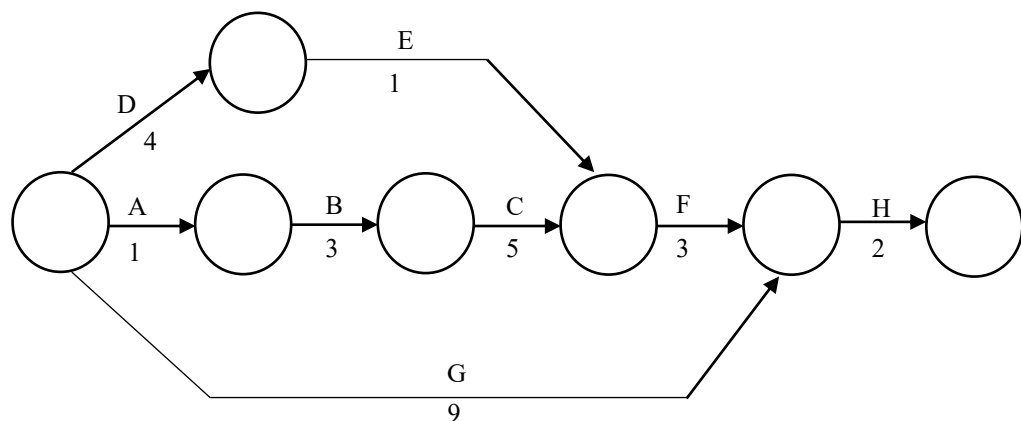
Quadro 6 - Diferença de Atividade e Evento.

Atividade	Evento
É uma tarefa a ser desempenhada	É um ponto no tempo, um instante do projeto
Possui duração	Não possui duração
Recursos podem ser atribuídos a ela (mão de obra, equipamentos, material)	Não possui recursos
Representada por flechas entre dois eventos	Apresentada por círculos ou nó

Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

Conforme Mattos (2010) para desenhar o diagrama, inicialmente é desenhado um evento inicial único a esquerda, sendo este o “tiro de largada” do projeto, posterior partem as atividades iniciais, que não possuem predecessora, em sequência as demais atividades são desenhadas partindo de sua predecessora e pôr fim a rede termina em um único evento final a direita do diagrama (figura 6).

Figura 6 - Diagrama de rede

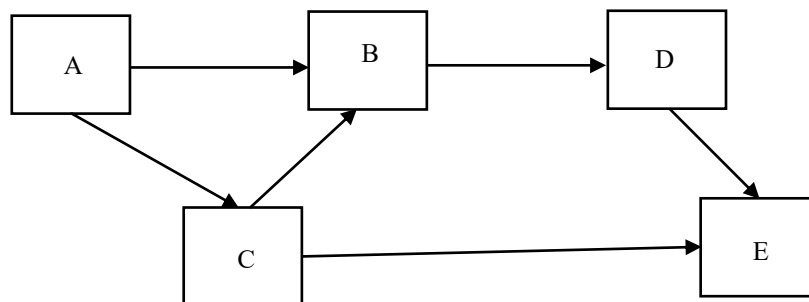


Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

- Método dos blocos (PDM)

Neste método as atividades são apresentadas em blocos ou caixas, unidas entre si por setas, o método de execução deste modelo se assemelha ao método das flechas, exceto pelo conceito de evento, que não existe neste sistema (MATTOS, 2010). A figura 7, ilustra o modelo método dos blocos.

Figura 7 - Diagrama de blocos.



Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

5º Etapa: Identificação do Caminho Crítico Pert-CPM

Com o diagrama de rede finalizado, a partir do método a escolha do planejador (flechas ou bloco), realiza-se o cálculo do prazo do projeto, ou seja, a duração total da execução deste, também nesta etapa identifica-se o caminho crítico, que é o cálculo das atividades de maior influência de tempo na rede (MATTOS, 2010).

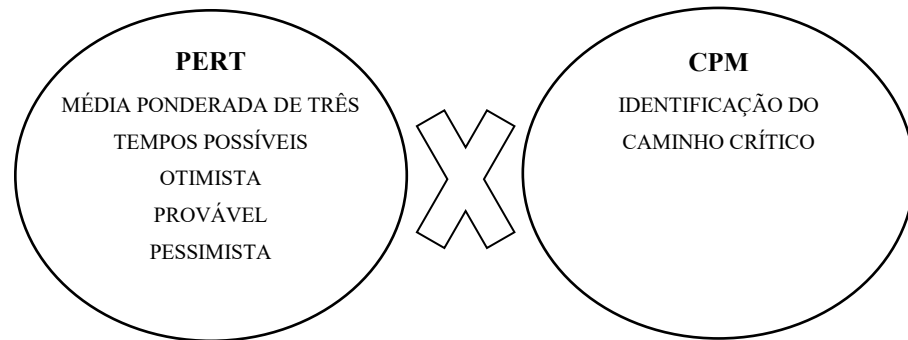
Segundo Baia (2010, p. 17) “a complexidade crescente dos projetos gerou demanda por técnicas de planejamento mais efetivas e sistemáticas com o objetivo de otimizar a eficiência de execução do projeto.” A partir desta necessidade surgiram, quase simultaneamente duas técnicas a PERT (Program Evaluation and Review Technique - Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) e CPM (Critical Parth Method - Método do Caminho Crítico), que devido a sua aplicabilidade tornaram-se popular (BAIA, 2010).

A Técnica Pert foi desenvolvida em 1957 durante a execução do míssil Polaris pela Marinha dos Estados Unidos. Devido a novidade da tipologia do projeto, não havia conhecimento dos prazos de fabricação de cada componente, e perguntou-se aos fabricantes quais os prazos máximo, normal e mínimo necessários para as produções das peças. Desta forma, a duração das atividades fora estimada através de um tratamento estatístico e em função disso a técnica PERT é chamada de probabilística (LIMMER, 1996).

No mesmo ano foi idealizada a Técnica CPM, cujos conceitos foram apresentados pela empresa *DuPont de Neymours*. A metodologia consiste em obter as durações das atividades por meio de acervos de projetos similares executadas anteriormente pela empresa, desta forma, cada atividade possui uma única determinação de prazo e duração baseadas em experiência pregressa. Devido as essas condições a técnica é chamada de determinística (LIMMER, 1996).

Com tempo as técnicas foram se fundindo, sendo denominada como Pert/CPM. Cujo o objetivo é calcular o tempo de execução total do projeto, identificar o caminho crítico e as folgas das atividades (BAIA, 2010). A figura 8, apresenta a técnica Pert/CPM a partir do ponto de vista da utilização de cada metodologia.

Figura 8 - Técnica PERT/CPM.



Fonte: Adaptado de Foco, 2017.

A técnica PERT consiste num método ponderado probabilístico que relaciona a duração das atividades dentro da rede, estimando três tempos provável de execução, são eles *tempo otimista*, *tempo mais provável*, que possui peso 4 dentro da equação, e *tempo pessimista*, conforme equação 1. “Ao trabalhar com três durações, a técnica permite ao planejador gerar parâmetros estatísticos para avaliar o grau de confiabilidade do prazo total calculado para o projeto” (MATTOS 2010, p. 211).

$$E = (O + 4M + P) / 6 \quad (1)$$

E= Duração esperada.

O= Duração Otimista.

M= Duração mais provável.

P= Duração Pessimista.

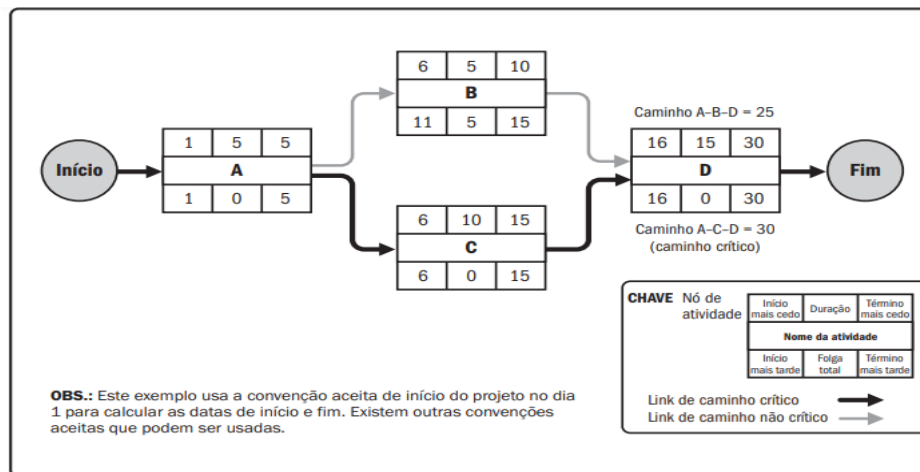
Segundo Mattos (2010) na *duração otimista* (O), considera que a atividade ocorra no prazo planejado, sem interferências no processo executivo. A *duração mais provável* (M), é baseada na experiência ou em registros de projetos passados, com maior probabilidade de ocorrência. E por fim, a *duração pessimista* (P) é a estimativa do pior cenário, cuja a atividade passa por adversidades ocasionando em atrasos.

De acordo com Maziero (1990, p. 9) “A Rede CPM ilustra claramente a sequência lógica das operações. As dependências e durações estimadas são usadas para determinar o tempo necessário para conclusão do projeto.” A determinação do caminho crítico é determinada utilizando a análise das durações esperadas, por meio da análise da sequência de

atividades que formam o caminho mais longo, no que se refere a prazo, dentro da rede representado por um traço de espessura maior ou duplo (MATTOS, 2010).

A figura 9, ilustra o gráfico de rede do tipo bloco, gerado a partir da técnica Pert/CPM.

Figura 9 - Exemplo gráfico do método PERT/CPM.



Fonte: Guia PMBOOK (2017).

Ainda nas estimativas de duração das atividades há a análise de duas grandezas probabilísticas importantes o *desvio-padrão* e a *variância*. De acordo com Mattos (2010, p. 216) o *desvio-padrão* (σ) “dá uma ideia da variabilidade dos valores em torno da média aritmética, ou seja, é uma medida do grau de dispersão dos dados numéricos em torno de um valor médio”. Na estimativa de duração das atividades esta grandeza demonstra o quão afastado do tempo esperado os valores calculados estão.

A *variância* (σ^2) é o desvio-padrão ao quadrado, que demonstra o grau de incerteza em torno da média. A função da utilização dessas grandezas probabilísticas é “nortear o cálculo da precisão que se tem das durações do projeto” (MATTOS 2010, p. 220). A equação (3) do desvio-padrão é apresentada a seguir:

$$\sigma = (P - O) / 6 \quad (2)$$

O= Duração Otimista.

P= Duração Pessimista.

6º Etapa: Geração do Cronograma e Cálculo de Folgas

Nesta última etapa do planejamento, realiza-se a geração do cronograma e cálculo de folgas, utilizando o modelo de gráfico de Gantt. Para Mattos (2010) o cronograma é uma importante ferramenta de gestão, de fácil compreensão pois possibilita uma maneira fácil de alocar as atividades ao longo do tempo.

Os cronogramas são ferramentas importantes para o planejamento e controle. O cronograma que é o instrumento do dia a dia da obra e é com base nele que o gerente e sua equipe devem tomar as providências de programar as atividades, instruir as equipes, fazer pedidos de compra, alugar equipamentos, aferir o progresso de atividades, monitorarem atrasos ou adiantamentos das atividades, replanejar a obra. (NOVAIS 2010, p. 24)

De acordo com Baia (2010, p.18) no cronograma de Gantt “são levados em conta a duração das atividades, a relação de precedência entre elas, os prazos a serem respeitados e as capacidades disponíveis”. Também conhecido como cronograma de barras, o cronograma de Gantt é instrumento hierárquico de visualização gráfica das atividades em um período de tempo, conforme a duração da mesma (NOVAIS, 2010).

No que se refere ao cálculo das folgas, esta é realizada posteriormente a identificação do caminho crítico do projeto, através da análise e cálculo das datas mais cedo e mais tarde de início e término das atividades. As atividades constituintes no caminho crítico não possuem folgas, pois a eventualidade destas ocasiona atrasos para o projeto. Já as atividades não pertencentes ao caminho crítico, possuem uma margem de flexibilidade de tempo à esta dá-se o nome de *folga* (MATTOS, 2010).

A figura 10, apresenta a tabela de Gantt e as folgas calculadas, cuja representação no gráfico se dá por tracejados e o caminho crítico do projeto é representado na cor mais escura.

Figura 10 - Gráfico de Gantt.

ATIVIDADE		DUR (dias)	DIA																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	ESCAVAÇÃO	1	█																	
B	SAPATA	3		█	█	█														
C	ALVENARIA	5					█	█	█	█	█									
D	TELHADO	2										█	█							
E	INSTALAÇÕES	9					█	█	█	█	█	█	█	█						
F	ESQUADRIAS	1										█								
G	REVESTIMENTO	3														█	█	█		
H	PINTURA	2																	█	█

Fonte: Mattos (2010).

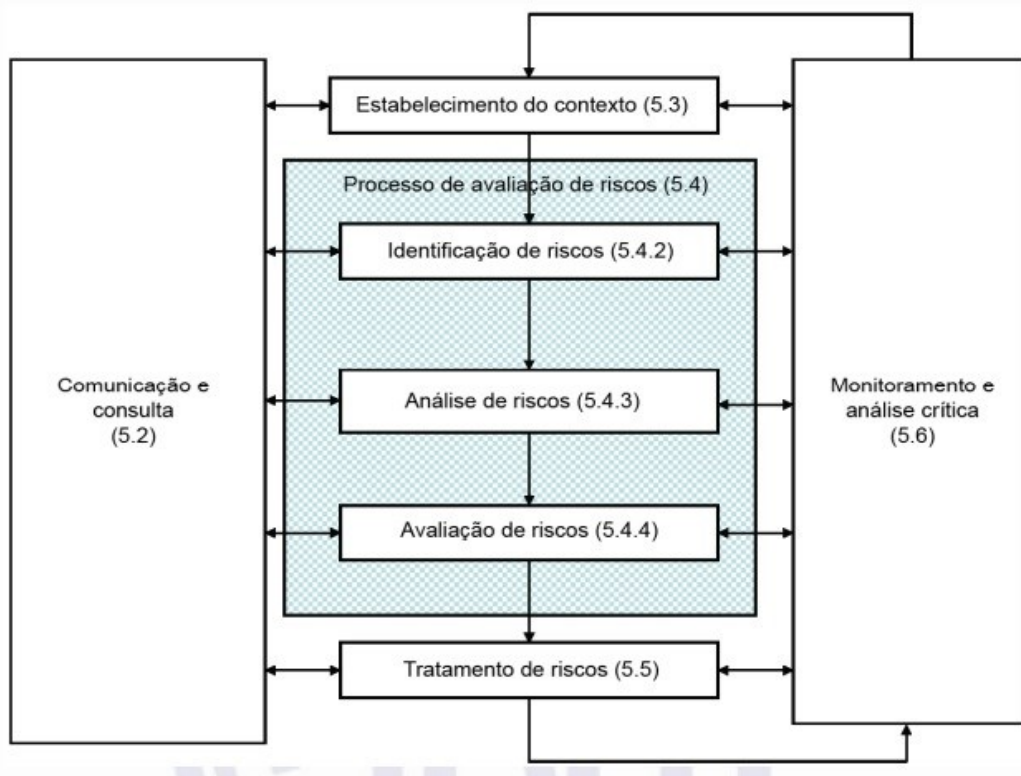
2.3 Gerenciamento de Risco

O risco é uma constante ao longo da execução de um projeto ou obra, que pode ser definido como a perda potencial resultante de um evento futuro subestimado antes da sua ocorrência e superestimado após sua ocorrência LIMMER (1996). Esta área de conhecimento tem grande relevância no sucesso ou insucesso de um projeto, pois está relacionada a outras áreas do projeto como escopo, custo, recursos e qualidade (HAENDEL NETO, 2020).

Todos os projetos possuem riscos, pois os empreendimentos são singulares com variados graus de complexidade cujo objetivo proporcionar benefícios. “As organizações devem optar por correr o risco do projeto de maneira controlada e intencional a fim de criar valor e, ao mesmo tempo, equilibrar riscos e recompensas” (PMBOOK, 2017 pag. 397).

O procedimento que possibilita trabalhar os riscos em projetos, é o Gerenciamento de Risco, cujo propósito é planejar, identificar, analisar, implementar respostas ao risco e monitorá-los. A NBR ISO 31000/2009 – Gestão de Riscos, apresenta princípios e diretrizes desta atividade, o processo é ilustrado na figura 11.

Figura 11 - Processo de gestão de risco conforme ISO 31000/2009



Fonte: ISO 31000/2009.

Todos os projetos possuem riscos, e estes se apresentam de diversos modos, devido às suas particularidades, graus variados de complexibilidade e benefícios. Por isso o gerenciamento de riscos em projeto tem como objetivo gerenciar os riscos que não são contemplados no processo do gerenciamento geral do projeto (PMBOOK, 2017).

Os conceitos do processo de gerenciamento de risco são apresentados conforme a seguir, ISO 31000/2009.

- **Comunicação e consulta**

Estabelecer um plano para a comunicação e a consulta, que deverá ser realizada durante todo o processo do gerenciamento de risco, para com as partes internas e externas interessadas no processo do projeto. Com o objetivo de apontar os riscos, as causas e o tipo de tratamento que será utilizado. De maneira, que as decisões fundamentadas na gestão de risco sejam conhecidas pelas partes.

- **Estabelecimento do contexto**

“Definição dos parâmetros internos e externos que se busca atingir definição dos parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar riscos, e estabelecimento do escopo e dos critérios de risco para a política de gestão de riscos” ISO 3100/2009 p. 3. Por internos e externos tem-se a consideração dos ambientes que se buscam atingir os objetivos da gestão de risco.

- **Identificação dos riscos**

Processo de levantamento dos riscos utilizando ferramentas e técnicas, cujo produto final é uma lista dos riscos.

- **Análise dos riscos**

Subdividido em análise quantitativa e qualitativa, no processo quantitativo executa-se a análise dos riscos por meio de simulações a partir de ferramentas computacionais. Já a análise qualitativa é a estimativa da probabilidade de ocorrência e impacto dos riscos sobre o projeto.

- **Avaliação dos riscos**

“A avaliação de riscos envolve comparar o nível de risco encontrado durante o processo de análise com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto foi considerado” (ISO 31000/2009 p. 18). A finalidade desse processo é a tomada de decisão quanto aos riscos analisados, sobre quais necessitam de tratamento e a prioridade de implementação deste tratamento.

- **Tratamento dos riscos.**

O tratamento dos riscos, envolve a seleção de uma ou mais opções de ferramentas, técnicas e ações para modificar e controlar os riscos.

- **Monitoramento e análise**

É um processo que necessita de planejamento prévio para a realização da checagem ou vigilância regular dos tratamentos de risco realizados, bem como realizar o levantamento dos riscos emergentes.

2.4 Análise de risco

A análise de risco é o processo de compreender a natureza do risco, e determinar seu nível. Esta atividade fornece base de informações e estimativas que auxiliam a tomada de decisão sobre o tratamento dos riscos (ISO 31000/2009).

Para Limmer (1996) o planejamento de um projeto tem como base parâmetros estimados que sofrem influências internas e externas do ambiente, fatores que alteram a perspectiva inicial do planejamento. Devido a isto, cresceu-se em importância a necessidade da análise de risco de projetos e obras, atestado sua aplicabilidade na solução de problemas relacionados à duração e prazos, com o risco embutido nas alternativas de custo e propostas executivas.

A análise de riscos pode ser realizada com diversos graus de detalhe, dependendo do risco, da finalidade da análise e das informações, dados e recursos disponíveis. Dependendo das circunstâncias, a análise pode ser qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa, ou uma combinação destas. (ISO 31000/2009, p. 18)

A análise de risco na construção civil é utilizada para compreender as incertezas do projeto relacionadas ao tempo e custo, com o objetivo de garantir que os recursos e planos estabelecidos são adequados e contemplam o projeto, para que este seja executado dentro do cronograma e orçamento (VERGARA et al. 2017).

O processo de análise de risco é subdividido em duas categorias, análise qualitativa e análise quantitativa, apresentada nos tópicos seguintes.

2.4.1 Identificação dos riscos

O processo que antecede a análise de risco, consiste na identificação dos riscos inerentes ao projeto, a partir do seu levantamento, bem como suas origens e características. O propósito de identificação do risco é gerar uma lista e caracterizar os riscos que podem afetar os objetivos do projeto (HAENDEL NETO, 2020).

Identificar os riscos considera os riscos individuais do projeto e as fontes de risco geral do projeto. Os participantes das atividades de identificação dos riscos podem incluir o gerente do projeto, membros da equipe do projeto, especialista em riscos de projeto [...] (PMBOOK 2017, p. 411)

O levantamento dessas informações recebe o auxílio da equipe, podendo contratar especialista do ramo para opiniões, realização de brainstorming (debates em conjunto multidisciplinar de especialista), aplicações de questionários, análise de outros projetos, check list etc. Estas técnicas e ferramentas auxiliam o processo, possibilitando uma visão amplificada dos fatores de risco do projeto, criando um senso de responsabilidade e propriedade da equipe para com os riscos levantados (BARCELOS e PAIVA, 2009).

2.4.2 Análise qualitativa

A análise qualitativa é o processo de estudo individual e priorizado dos riscos inerentes ao projeto, a partir da estimativa da sua probabilidade de ocorrência e impacto (PxI). Estas são avaliações subjetivas, que utiliza a experiência da equipe, dados de projetos executados e ferramentas para realização das estimativas (HAENDEL NETO, 2020).

Para o conceito de probabilidade (P), tem-se o grau de possibilidade da ocorrência dos riscos, e para o conceito de impacto (I) tem-se a consequência dos riscos para o projeto, caso estes ocorram.

De acordo com PMBOOK (2017, p. 419) realizar a análise qualitativa dos riscos é “o processo de priorização de riscos individuais do projeto para análise ou ação posterior, através da avaliação de sua probabilidade e impacto de ocorrência, assim como outras características”. Cujo o principal objeto do processo é concentrar esforços nos riscos de maiores impactos ao projeto. As ferramentas e técnicas para realização deste processo são apresentadas a seguir.

Quadro 7 - Ferramentas e técnicas análise qualitativa

Ferramentas e técnicas	
Entrevista	Utilizado para realizar a avaliação da probabilidade e impacto dos riscos identificados, a partir de entrevistas com especialistas.
Categorização de riscos	Os riscos devem ser categorizados, com o objetivo de determinar as áreas do projeto mais suscetíveis aos seus efeitos.
Reuniões	Discussão dos riscos individuais identificados, a fim de realizar uma lista de prioridades de riscos.
Matriz risco	Apresenta a combinação de probabilidade e impacto (PxI), estabelecimento do grau do risco e auxilia no processo de resposta aos riscos.

Fonte: Adaptado de Haendel Neto (2020).

O produto final gerado, são lista priorizadas de risco a partir da matriz de probabilidade e impacto. Um exemplo de matriz de probabilidade e impacto é apresenta a seguir.

Figura 12 - Matriz de risco (probabilidade e impacto)

Probabilidade	90%	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	70%	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
	50%	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
	30%	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
	10%	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Impacto						

Fonte: Napoleão (2019)

Uma matriz de risco, compreende uma tabela orientada por duas dimensões, sendo uma a probabilidade e a segunda o impacto. A partir dessas dimensões é possível calcular e visualizar a classificação dos riscos (NAPOLÉÃO, 2019).

Desta forma, podemos mostrar a equação de análise qualitativa do risco, como sendo a seguinte.

$$R \text{ (risco)} = P \times I \text{ (probabilidade x impacto).} \quad (3)$$

2.4.3 Análise quantitativa

E o processo de análise numérica dos riscos individuais identificados e outras fontes de incertezas sobre os objetivos do projeto. Esta análise determina os riscos de maneira quantitativa, através de simulações executadas por ferramentas de softwares especializado com a posterior interpretação dos resultados obtidos (HAENDEL NETO, 2020).

Realizar a Análise Quantitativa dos Riscos e o processo de analisar numericamente o efeito combinado dos riscos individuais identificados e outras fontes de incerteza nos objetivos gerais do projeto. O principal benefício deste processo é que quantifica a exposição ao risco geral do projeto, e também pode fornecer informações quantitativas adicionais dos riscos para apoio do planejamento de respostas aos mesmos (PMBOOK 2017, P. 428).

As ferramentas e técnicas desse processo são as seguintes.

Quadro 8- Ferramentas e técnicas análise quantitativa

Ferramentas e técnicas	
Opinião especialista	Para auxiliar na geração de dados focados na análise quantitativa dos riscos
Habilidades interpessoais e de equipe	Treinar a equipe com workshops voltados ao entendimento do assunto, a fim de obter auxílio na coleta de dados dedicada ao risco.
Análise de dados	Utilização de ferramentas para a análise dos riscos, como simulações e análise de árvore de decisão.

Fonte: Adaptado de Haendel Neto (2020).

A ferramenta mais utilizada atualmente na análise quantitativa dos riscos é a Simulação de Monte Carlo.

2.5 Simulação de Monte Carlo

O Método de Monte Carlo (MMC) ou Simulação de Monte Carlo (SMC) é uma ferramenta de simulação estocástico, que consiste na geração de números aleatórios associado a técnica probabilística. O método é utilizado para soluções de problemas não convencionais cujos métodos determinísticos seriam trabalhosos ou inviáveis (FERREIRA E MACHADO, 2012).

A SMC consiste num método estocástico devido a utilização de variáveis numéricas aleatórias. O método é utilizado em diversas áreas como Física, Matemática, Economia etc. (JORDAN, 2015).

“Por método determinístico entenda-se aquele baseado em discretizações numéricas das variáveis das funções que descrevem o processo em análise” (FERREIRA E MACHADO 2012, p. 224).

Devido sua versatilidade e potencial para a resolução de problemas, o modelo tem sido muito utilizado no ramo de gerenciamento de projetos, na área de análise quantitativa de riscos (MATIAS NETO, 2017).

O método de Monte Carlo foi desenvolvido por Stanislaw Ulam em 1946, publicado apenas em 1949, cujo título do artigo fora “Monte Carlo Method”. A inspiração do nome, se

deu devido aos estudos relacionados a aleatoriedade e as atividades repetitivas do cassino em Monte Carlo (JORDAN, 2015).

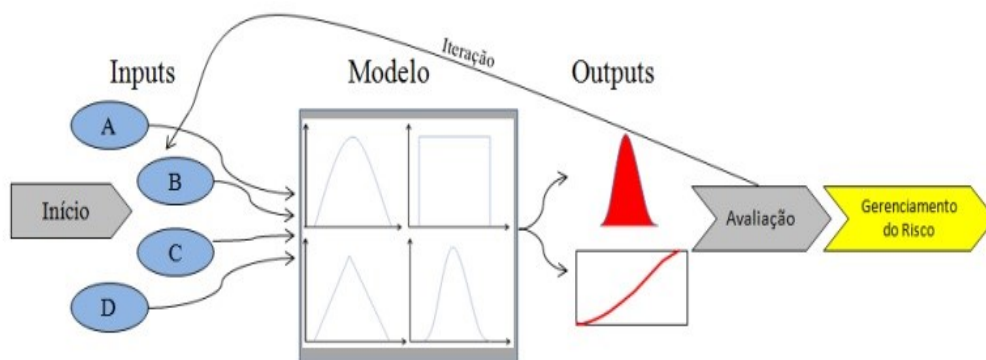
A utilização inicial do método ocorreu no projeto Manhattan no desenvolvimento de uma bomba atômica durante a II Guerra Mundial, trabalho em conjunto com os cientistas John Von Neumann e Nicholas Metropolis (FERREIRA E MACHADO, 2012).

O Guia PMBOOK (2017) utiliza a simulação de Monte Carlo para modelar os efeitos combinados de riscos e outras fontes de incertezas, a fim de avaliar os respectivos impactos sobre os objetivos do projeto, e calcular os possíveis cronogramas.

A técnica de Monte Carlo, permite que o projeto seja simulado muitas vezes, dentro de um ambiente digital, fornecendo as informações necessárias para se poder estimar, entre outras coisas, a distribuição de probabilidades da duração do projeto, a probabilidade de cada atividade tornar-se crítica, e a probabilidade do projeto ser executado dentro do prazo estabelecido. (MORAIS E LAURINDO 2004, p. 2).

A figura 13, ilustra o funcionamento do Método de Monte Carlo, cuja simulação ocorre a partir da quantidade de números aleatórios gerados.

Figura 13 - Simulação de Monte Carlo



Fonte: Filho (2019) adaptado de Hojjati e Noudehi (2015), v. 07, p. 26.

Durante a simulação, as amostras dos valores são obtidas aleatoriamente a partir das distribuições de probabilidade dos inputs (entradas). Cada conjunto de amostra é chamado de iteração, e o resultado produzido das amostras são registrados. A simulação faz isso centenas ou milhares de vezes, cujo produto é uma *distribuição de probabilidade* (outputs, tradução saída) dos resultados possíveis, fornecendo um quadro muito mais abrangente do que poderá acontecer e a probabilidade de sua ocorrência (PALISADE, 2020).

De maneira mais didática, na simulação utiliza-se softwares para iterar o modelo de análise quantitativa dos riscos milhares de vezes. Os valores de entrada podem ser as estimativas de custos, estimativas de duração ou ocorrência de ramos probabilísticos, escolhidos aleatoriamente para cada iteração. As saídas (outputs) representam a faixa de resultados possíveis para o projeto quanto da data final e custos (PMBOOK, 2017).

As saídas típicas (outputs) incluem um *histograma* que apresenta o número de iterações em que determinado resultado decorreu da simulação ou uma *distribuição de probabilidade*, representando a probabilidade de alcançar qualquer resultado determinado ou menos (PMBOOK, 2017).

Para FILHO (2019, p.53) a principal característica do método é “a numerosa quantidade de iterações, que leva a resultados próximos à realidade. Com a análise e a avaliação dos riscos, a probabilidade de ocorrência é estimada.”

Alguns softwares utilizados na simulação de Monte Carlo são o Microsoft Excel, Crystal ball, Primavera Risk Analysis e @Risk.

- **Distribuição de Probabilidade**

A partir das simulações geradas tem-se como saídas (outputs) as distribuições de probabilidades, que são utilizados para descrever o impacto do risco a partir de sua amplitude e forma. Para as análises quantitativas de risco existem duas principais categorias de distribuição, capazes de descrever o impacto de um risco, são elas as discretas e as contínuas (FILHO, 2019).

A distribuição de probabilidade do tipo discreta descreve a probabilidade de ocorrência de cada valor de uma variável aleatória, com valores contáveis não negativos associados a uma probabilidade diferente de zero. A distribuição de probabilidade do tipo contínua, descreve a probabilidade de ocorrência de uma variável aleatória contínua, com um conjunto de valores possíveis podendo ser infinitos e incontáveis. A probabilidade desta, é definida a partir da área sobre a curva gerada, assim apenas faixas de valores podem ter probabilidades diferentes de zero e a probabilidade de uma variável continuar ser igual a algum valor é sempre zero (MINITAB, 2019).

De acordo com o site do software @risk utilizado na simulação de Monte Carlo, “ao usar distribuições de probabilidade, as variáveis podem apresentar diferentes probabilidades de ocorrência de diferentes resultados”. Segundo a plataforma, a distribuição de probabilidade representa uma forma muito mais realista de descrever incerteza em variáveis de análises de risco (PALISADE, 2020).

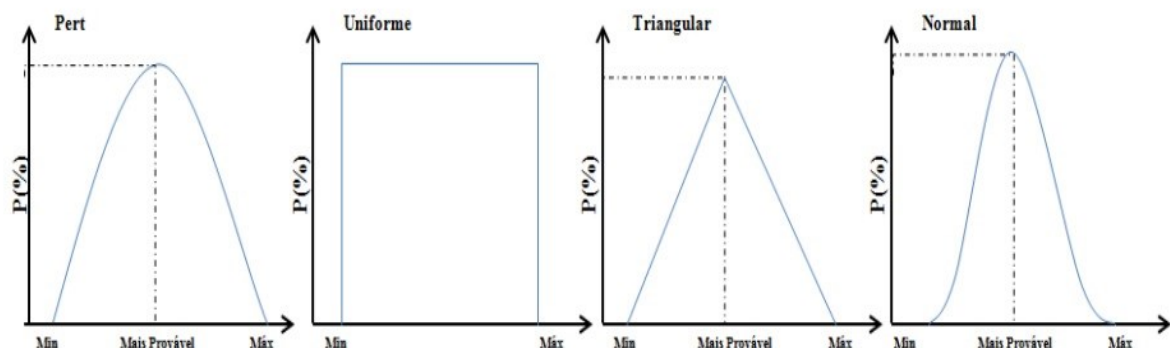
As distribuições de probabilidade mais utilizadas são as contínuas do tipo triangulares, normais, log-normais, betas, uniformes ou discretas. “É preciso estar atento ao selecionar uma distribuição de probabilidade correta para refletir a faixa de valores possíveis para a atividade planejada” (PMBOOK 2017, p. 432).

De acordo com Cretu, Stewart e Berends (2011) Apud Filho (2019) as distribuições de probabilidade discretas possuem utilização limitada quanto a análise de risco de um projeto. Sendo a probabilidade do tipo contínua a que melhor pode descrever as incertezas de um projeto por meio da análise das variáveis aleatórias, sendo normalmente a mais utilizada em análise de risco.

Nos trabalhos estudados, percebe-se a utilização da distribuição de probabilidade do tipo contínua, sendo a mais utilizada. Observada nos trabalhos de MACHADO E FERREIRA (2012) que utilizou a distribuição de probabilidade contínua triangular, MATIAS JUNIOR (2006) que utilizou a distribuição de probabilidade contínua normal, VERGARA et al (2017) que utilizou a distribuição de probabilidade contínua triangular e FILHO (2019) que realizou três simulações a partir das distribuições de probabilidade contínua PERT, triangular e uniforme.

A partir das tipologias de distribuição de probabilidade, será abordado neste trabalho, a mais usuais em análise de risco, sendo está a contínua. Os tipos de distribuição de probabilidades contínuas são apresentados a seguir, a partir dos conceitos de FILHO (2019) e PALISADE (2020) com uma perspectiva da melhor aplicabilidade de cada tipologia de distribuição.

Figura 14 - Tipos de distribuição probabilística contínuas



Fonte: Filho (2019).

- **PERT:** A distribuição contínua PERT é definida a partir de três pontos o mínimo, o máximo e o mais provável, possuindo flexibilidade em ajustes das suas caudas, o qual o torna adequado a análises de risco. O “valor mais provável” representa o valor da distribuição de probabilidade com maior chance de ocorrência, o qual coincide com a média e mediana da distribuição.
- **Triangular:** Define-se valores máximo, mínimo e mais provável, cujos os valores próximos ao mais provável têm maiores probabilidades de ocorrência. Desta forma a distribuição triangular apresenta características similares à PERT, sendo uma ferramenta intuitiva, porém apresenta uma predisposição a valores superestimados.
- **Uniforme:** Nesta distribuição todos os valores têm probabilidades iguais de ocorrência. Cujos os valores mínimos e máximos são definidos previamente. Devido a estas características esta distribuição deve ser evitada em projetos reais cujos valores mínimos e máximos ocorrem com maior frequência.
- **Normal:** Esta ferramenta possui grande abstração, devido a sua facilidade em definir a média, e a dificuldade em definir o desvio padrão. Por isto, esta pode ser melhor aproveitada na análise de fenômenos naturais.

De acordo com Filho (2019, p.53) “a Simulação de Monte Carlo tem sido amplamente utilizada em várias análises para abordar incertezas probabilísticas em estimativas dos efeitos dos riscos nos custos e nos cronogramas em projetos de construção.”

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

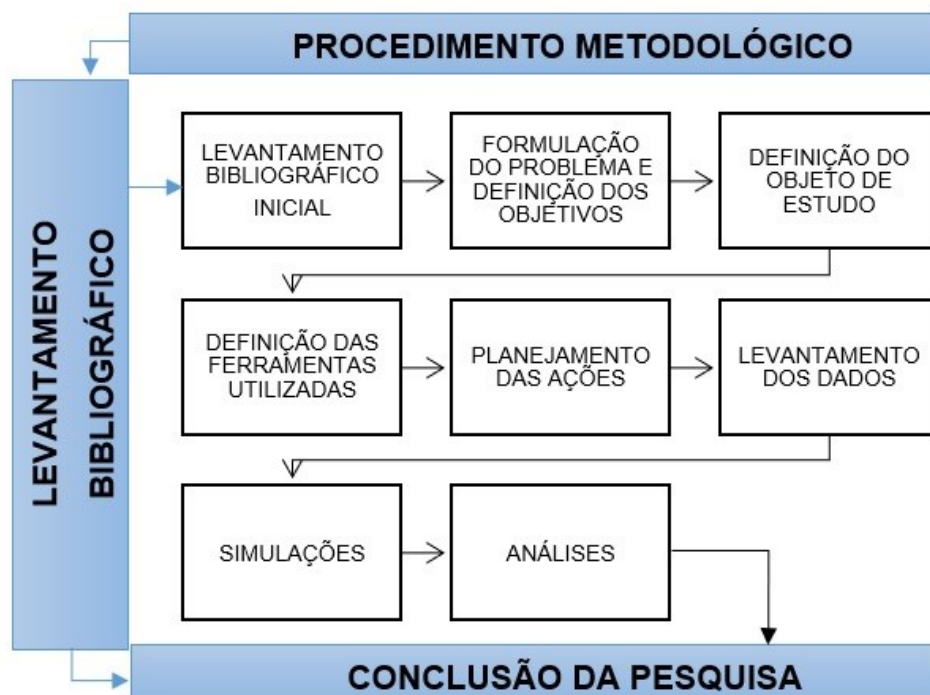
Conforme os objetivos deste trabalho faz-se necessário a organização da metodologia de pesquisa, que consiste no planejamento das ações necessárias para o cumprimento deste.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Constitui este trabalho uma pesquisa exploratória, para Gil (2002) esta tipologia de pesquisa proporciona maior familiaridade com o tema, de maneira a torná-lo mais explícito e auxiliar na análise dos resultados. Cujo objetivo principal é o aprimoramento de ideias e a descoberta de intuições, por meio da utilização de ferramentas de análises, levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que possuem experiência com o assunto.

Esta pesquisa utilizará levantamento bibliográfico durante todas as fases, com o objetivo de aprofundar e investigar o tema, auxiliar na formulação do problema de pesquisa, na definição do objeto de estudos e por consequência levantar as ferramentas necessárias a realização das simulações e análises. Por fim, busca-se alcançar os objetivos pré-definidos. A caracterização da metodologia de pesquisa é apresentada no fluxograma a seguir.

Fluxograma 1- Processos e procedimentos do trabalho



Fonte: Autoria Própria.

3.2 Levantamento Bibliográfico Inicial

O estudo exploratório do tema ocorreu durante todo o processo da pesquisa, por meio da leitura de teses de mestrado e doutorado, dissertações e monografias, revistas, trabalhos conclusão de curso, sites especializados, artigos publicados e curso online de gerenciamento de risco realizado.

Bibliografias relacionadas ao âmbito de planejamento, gestão de risco em projetos, simulações de Monte Carlo e análise de risco, com objetivo de alcançar maior familiaridade com o tema atribuindo maior confiabilidade à pesquisa.

3.3 Formulação do Problema e Definição dos Objetivos

De acordo com Gil (2008), posterior ao levantamento bibliográfico o pesquisador está apto para realizar a formulação do problema de pesquisa. Para o autor, esta é uma difícil etapa do trabalho, e não há regras claras para serem aplicadas nesse processo.

O problema de pesquisa proposto neste trabalho derivou-se da curiosidade do autor em responder as questões relacionadas a atrasos de prazos e extrapolação de custo em projetos, devido uma experiência de estágio com atuação em planejamento e gestão de obras. O estudo da temática e as discussões com o professor orientador possibilitaram a formulação do problema de pesquisa deste trabalho.

Os objetivos foram definidos buscando ferramentas e técnicas para solucionar a problemática, no que se refere ao levantamento dos dados a partir dos projetos, o tratamento destes por meio de ferramentas de planejamento, a realização da análise de risco do cronograma e orçamento em relação aos objetivos de custo e prazo do projeto.

3.4 Definição do Objeto de Estudo

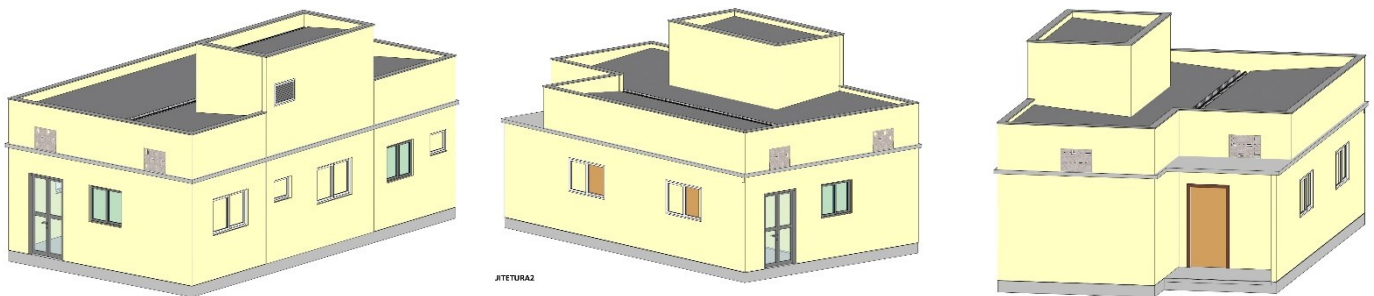
Posterior a fundamentação teórica e identificação da problemática, fazendo um paralelo com a demanda atual de mercado, definiu-se como objeto de estudo o projeto de uma habitação residencial unifamiliar de médio padrão.

Composto pelos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, lógica e canteiro de obra. Os projetos são de autoria própria, projetados em plataforma BIM, devido a intenção de conhecer minuciosamente o objeto de estudo e entender em detalhe o processo construtivo e de planejamento. A fim de auxiliar no levantamento de dados de custo, prazo e riscos de interferências nestes, para a realização das análises deste trabalho.

Segundo Novais (2010) as soluções de projetos tem grande impacto no processo de planejamento e execução da obra, pois define os sistemas construtivos, apresenta os detalhamentos e especificações que permitem maior ou menor facilidade construtiva e afetam os custos.

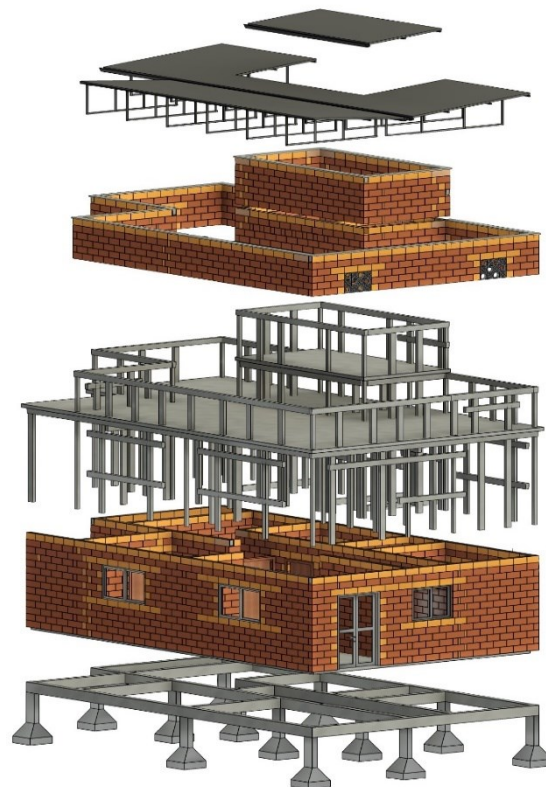
As figuras abaixo apresentam vistas e detalhe 3D dos projetos arquitetônicos e estrutural da edificação e a compatibilização realizada.

Figura 15 - Vistas projeto



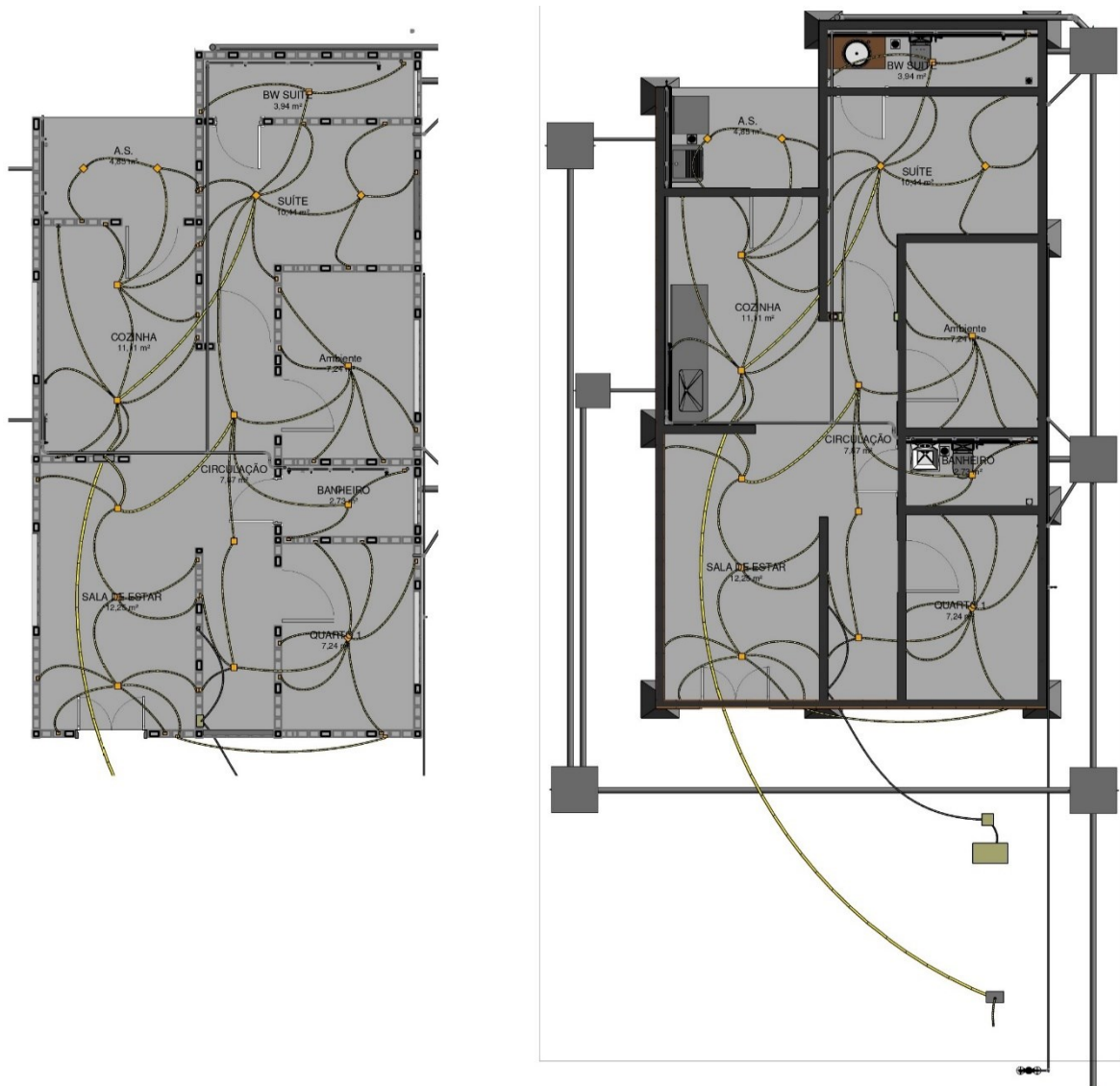
Fonte: Autoria Própria

Figura 16- 3D explodido projeto estrutural



Fonte: Autoria Própria

Figura 17- Compatibilização dos projetos.



Fonte: Autoria Própria

A habitação unifamiliar é uma tipologia de residência contendo apenas uma unidade autônoma no lote, cuja a arquitetura varia conforme necessidades da família e definições do proprietário (CONCEITOS, 2022). O padrão médio se refere ao acabamento da edificação.

O projeto da habitação unifamiliar proposto possui 3 (três) quartos, sendo um suíte, sala, cozinha, área de serviço e banheiro social cuja implantação será em Palmas-TO. Constituindo uma área construída de 77 m² e padrão de acabamento baixo. A fundação é do tipo sapata isolada, a estrutura é do tipo alvenaria estrutural, contendo shafts com fechamento em drywall para as instalações hidrossanitárias.

Todos os projetos utilizados neste trabalho, podem ser visualizados no Qr Code abaixo. Cujo link direciona a uma pasta no drive com as respectivas pranchas em pdf.

Figura 18- Qr Code

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 Definição das Ferramentas Utilizadas

As ferramentas utilizadas foram selecionadas a partir do levantamento bibliográfico do tema, pesquisas e cursos. Devido a capacidade destas na geração de informações e dados que auxiliaram a realização das análises para a resolução do problema proposto.

Figura 19 - Ferramentas utilizadas no trabalho

Fonte: Autoria Própria

O software orçafascio é uma plataforma que auxilia o operador a realizar o planejamento e controle de obras, de forma ágil e integrada. A partir dos quantitativos de projeto é possível gerar o orçamento, cronograma, EAP, diagrama de rede, cronograma físico-financeiro, entre outras ferramentas de gestão e controle de obras. A plataforma utiliza a base de dados local (SINAPI-TO), é bastante intuitiva, possui versão gratuita de 7 (sete) dias corridos e assistência online.

A EAR (Estrutura Analítica de risco) é uma ferramenta que possibilita a estruturação dos fatores de riscos levantados por bibliografia, apresentando-os de forma hierárquica, possibilitando uma visualização gráfica de fácil compreensão.

Devido à complexidade para realizar a simulação estocástica (aleatória) de Monte Carlo utilizando apenas o Excel, no qual seria necessário utilizar várias fórmulas e criar os gráficos, será utilizado a ferramenta @risk, plugin no Excel que auxilia a realização da simulação de forma mais simplificada, gerando variados tipos de gráficos. Este plugin pode ser facilmente baixado na internet e possui utilização gratuita por 15 dias.

3.6 Planejamento das Ações

O fluxograma abaixo apresenta o planejamento das ações deste trabalho, contemplando as ações da 1º e 2º etapa desde.

Figura 20 - Processo do trabalho



Fonte: Autoria Própria

3.7 Tratamento dos dados

Os quantitativos levantado nos projetos, serão tratados por meio do planejamento, conforme a metodologia de Mattos, gerando as ferramentas orçamento, cronograma, EAP, Diagrama de rede e cronograma físico-financeiro geradas com o auxílio do software osfascio.

Em resumo os dados tratados serão transformados em informações de custo, prazo e risco do projeto, as ferramentas de planejamento também auxiliaram as análises deste trabalho.

3.8 Análises de Risco

A análise de risco qualitativa será realizada por meio de levantamento bibliográfico do tema, cujo produto será a apresentação de uma EAR (Estrutura Analítica de Risco) com os respectivos riscos de interferência no custo e prazo do projeto. Posterior, será realizada a análise de risco quantitativa por meio da simulação de Monte Carlo.

A simulação de Monte Carlo será executada no Excel com o plugin @risk, a cada atividade, custo e prazo estimados do cronograma e orçamento será aplicada a probabilidade de distribuição Pert, que utiliza três pontos (otimista, mais provável e pessimista), estes dados de entrada (Inputs) serão simulados 10.000 vezes relacionados ao prazo e custo definido (Outputs) no planejamento. Por fim, será realizada a análise dos cenários gerados.

De maneira didática a simulação de Monte Carlo realiza a análise de risco a partir dos seguintes procedimentos (VERGARA et al, 2017):

- I. identificar as variáveis de risco e configurar um modelo;
- II. especificar a função de distribuição de probabilidade adequada para cada variável de risco selecionada;
- III. realizar simulações, isto é, atribuir um valor aleatório para cada função de distribuição de probabilidade por um método de amostragem;
- IV. para cada iteração uma taxa de aproveitamento ou de benefício é calculada; e
- V. repetir o processo (Passo 2-4) para uma quantidade relativamente grande de iterações.

3.9 Resultados e possíveis soluções

As informações qualitativas e quantitativas geradas serão analisadas, em paralelo com o planejamento realizado, será observado as interrelações e influências sobre os objetivos propostos. A fim de apresentar a importância da análise de risco em projetos, demonstrando a ferramenta como auxiliadora do processo de gestão/planejamento e da tomada de decisões sobre fatores de risco relacionados ao cumprimento do custo e prazo dos projetos.

3.10 Conclusão da pesquisa

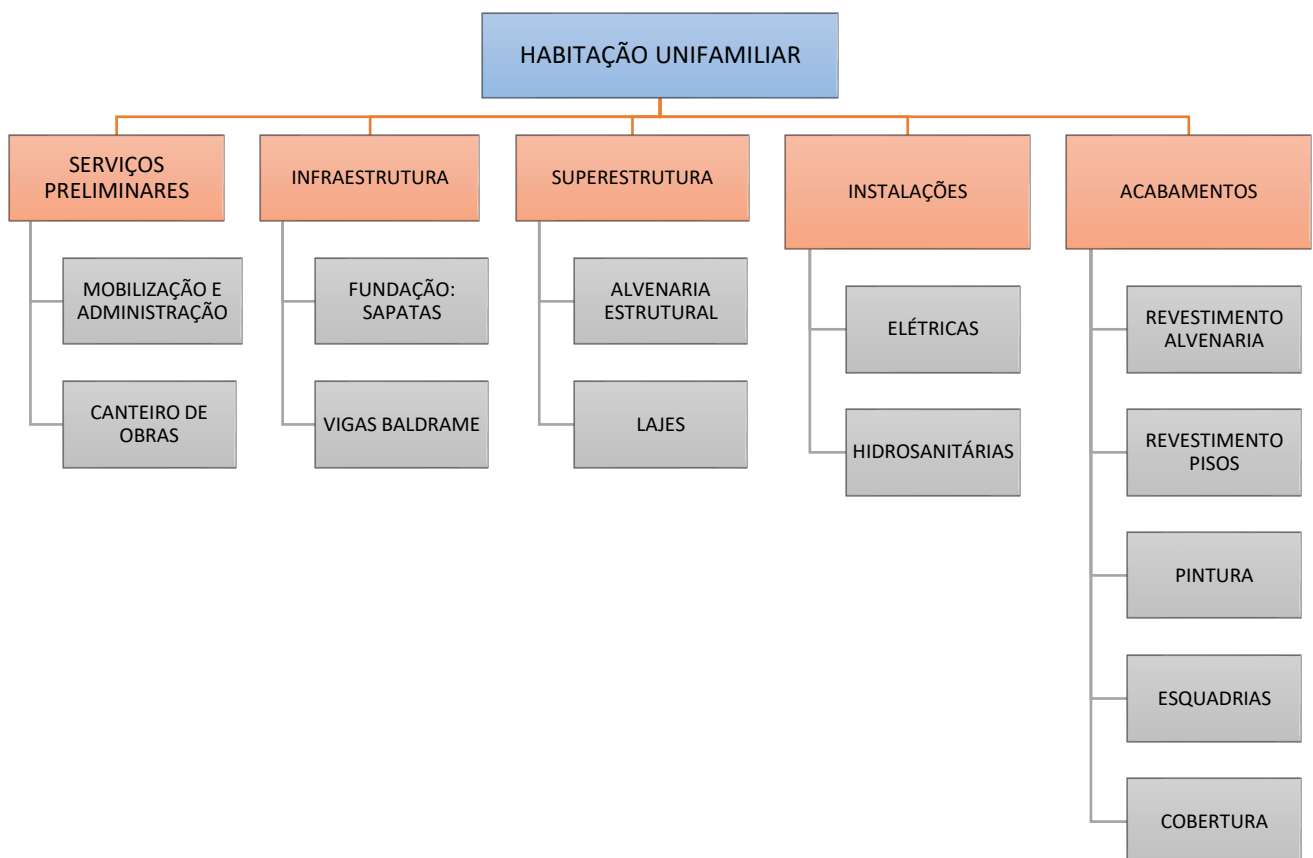
A conclusão da pesquisa ocorrerá quando todos os procedimentos do trabalho forem executados, conforme o estabelecido nesta metodologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nas etapas de planejamento e análise de risco do projeto da habitação unifamiliar de médio padrão. A bibliografia realizada auxiliará no entendimento dos resultados e nas discussões levantadas, com o objetivo de responder o problema proposto “Quais são os riscos intrínsecos na execução do projeto de uma residência unifamiliar de médio padrão. E como a análise de risco pode auxiliar na estimativa de custo e prazo do projeto?”.

Esta etapa se inicia com a apresentação da EAP, que serviu de base para realização do planejamento.

Figura 21- EAP Habitação Unifamiliar de Médio Padrão



Fonte: Autoria Própria

4.1 Planejamento do projeto

O planejamento da edificação seguiu o roteiro de Mattos (2010) que possui as seguintes etapas:

- I. Identificando das atividades;
- II. Definição das durações;
- III. Definição da precedência;
- IV. Montagem do diagrama de rede;
- V. Identificação do caminho critico;
- VI. Geração do cronograma e cálculo das folgas.

As etapas de planejamento foram executadas com o auxílio do software Orçafascio, a partir da realização do orçamento, com os quantitativos de projeto relacionados ao escape (EAP), associados as informações de insumos e composições da tabela de dados de materiais e serviços SINAPI- TO.

As ferramentas criadas a partir do software, EAP analítica e orçamento sintético podem ser observados nos apêndices A e B, o cronograma de Gantt, diagrama de rede e cronograma físico-financeiro podem ser visualizados no Qr Code da figura 18, na pasta de planejamento. Os principais resultados do planejamento são apresentados abaixo.

Quadro 9 – Orçamento Sintético

	Obra	B.D.I. 20,0%	Encargos Sociais
	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	Bancos SINAPI - 03/2022 - Tocantins	Não Desonerado: embutido nos preços unitários dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.
Item	Descrição	Total	Peso (%)
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	33,491.00	19.40%
1.2	MOBILIZAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO	12,508.81	7.25%
1.3	CANTEIRO DE OBRAS	20,982.19	12.16%
2	SERVIÇOS DE INFRAESTRUTURA	23,176.82	13.43%
2.1	FUNDAÇÃO: SAPATAS	9,476.37	5.49%
2.2	FUNDAÇÃO: VIGA BALDRAME	13,700.45	7.94%
3	SUPERESTRUTURA	33,508.27	19.41%
3.1	ALVENARIA ESTRUTURAL	30,662.65	17.77%
3.2	LAJES	2,845.62	1.65%

Quadro 10 – Orçamento Sintético

4	REVESTIMENTOS ALVENARIA	15,542.67	9.01%
5	REVESTIMENTO PISO	11,050.13	6.40%
6	PINTURA	9,641.16	5.59%
7	COBERTURA	1,481.50	0.86%
8	ESQUADRIAS	11,431.61	6.62%
9	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	13,389.81	7.76%
9.1	ELÉTRICA	12,770.62	7.40%
9.2	LÓGICA	619.19	0.36%
10	INTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIOS	19,372.96	11.22%
10.1	SANITÁRIO E PLUVIAL	16,317.75	9.45%
10.2	HIDRÁULICO	3,055.21	1.77%
11	LIMPEZA FINAL	513.79	0.30%
		Total sem BDI	143,850.80
		Total do BDI	28,748.92
		Total Geral	172,599.72

Fonte: Autoria Própria

Quadro 11- Cronograma físico-financeiro

OBRA: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR		INÍCIO PREVISTO: 03/05/2022		PRAZO ÚTIL: 166							
		TÉRMINO PREVISTO: 11/11/2022		PRAZO CORRIDO: 193							
ITEM	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	INÍCIO	TÉRMINO	Total por etapa	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	120 DIAS	150 DIAS	180 DIAS	210 DIAS
	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR										
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	03/05/2022	11/11/2022	100% 29.778,20	71,50% 21.291,79	5,25% 1.561,92	5,25% 1.561,92	5,25% 1.561,92	5,25% 1.561,92	5,25% 1.561,92	2,27% 676,83
2	SERVIÇOS DE INFRAESTRUTURA	14/05/2022	07/07/2022	100% 23.176,88	29,96% 6.943,64	58,14% 13.474,70	11,90% 2.758,53				
3	SUPERESTRUTURA	08/07/2022	29/08/2022	100% 31.317,24			36,76% 11.510,70	63,24% 19.806,53			
4	REVESTIMENTOS ALVENARIA	30/08/2022	24/09/2022	100% 15.542,69				2,43% 377,00	97,57% 15.165,69		
5	REVESTIMENTO PISO	02/09/2022	13/09/2022	100% 11.050,14					100,00% 11.050,13		
6	PINTURA	08/09/2022	16/09/2022	100% 9.641,16					100,00% 9.641,16		
7	COBERTURA	17/09/2022	19/09/2022	100% 1.481,50					100,00% 1.481,50		
8	ESQUADRIAS	19/09/2022	22/09/2022	100% 11.431,62					100,00% 11.431,62		
9	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	23/09/2022	05/10/2022	100% 13.286,07					75,67% 10.053,88	24,33% 3.232,19	
10	INTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIOS	06/10/2022	05/11/2022	100% 19.372,96						84,23% 16.317,75	15,77% 3.055,21
11	LIMPEZA FINAL	07/11/2022	09/11/2022	100% 513,81							100,00% 513,81
					18,51%	8,71%	9,93%	13,11%	35,05%	12,23%	2,46%
					31.948,25	15.036,62	17.145,78	22.621,87	60.489,64	21.111,86	4.245,85
					18,51%	27,22%	37,16%	50,26%	85,31%	97,54%	100,00%
					31.948,25	46.984,87	64.130,66	86.752,53	147.242,17	168.354,02	172.599,87

Fonte: Autoria Própria

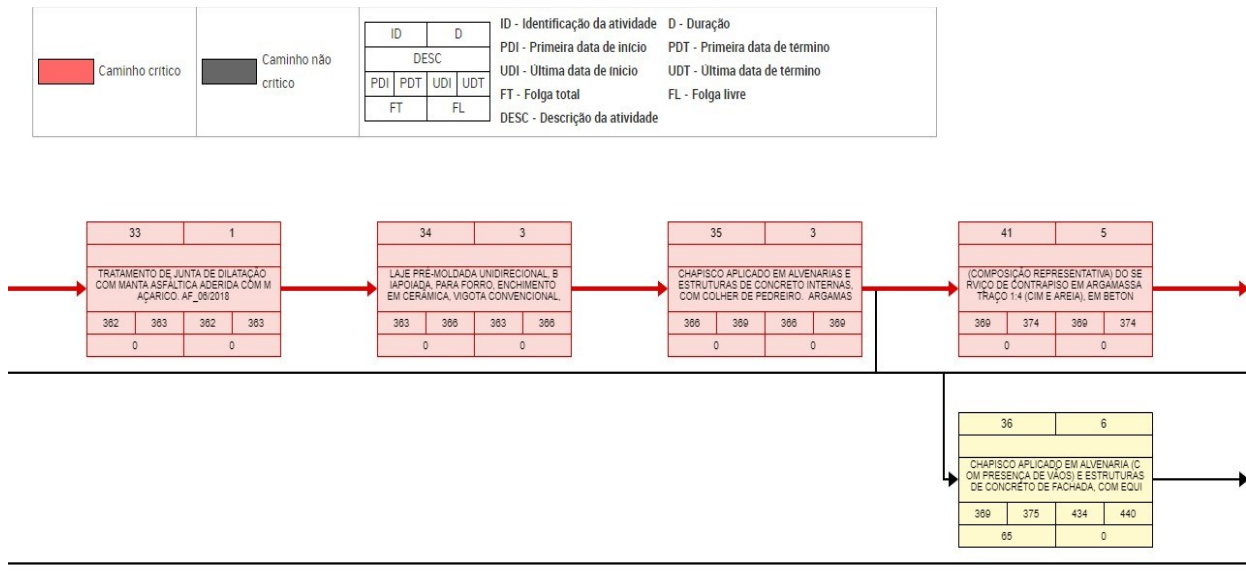
Quadro 12- EAP sintética do item superestrutura

		OBRA: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	INÍCIO PREVISTO: 03/05/2022		PRAZO ÚTIL: 166			
			TÉRMINO PREVISTO: 11/11/2022		PRAZO CORRIDO: 193			
					ART/RRT DA OBRA:			
PLANILHA EAP SINTÉTICA								
ATV	ITEM	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	DURAÇÃO CORRIDA	DURAÇÃO EFETIVA	INÍCIO	TÉRMINO	PREDECESSORAS	CUSTO
		HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	193	166	03/05/2022	11/11/2022		172,599.72
	3	SUPERESTRUTURA	53	45	08/07/2022	29/08/2022		31,317.24
	3.1	ALVENARIA ESTRUTURAL	49	42	08/07/2022	25/08/2022		28,471.61
27	3.1.1	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS E COMPENSADORES	40	34	08/07/2022	16/08/2022	26	19,184.50
28	3.1.2	ARGAMASSA TRAÇO 1:1:6 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	40	34	08/07/2022	16/08/2022	27ii	2,191.06
29	3.1.2	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL VERGALHÃO 6 MM.	1	1	17/08/2022	17/08/2022	28	37.51
30	3.1.3	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; VERGALHÃO 8 MM	1	1	17/08/2022	17/08/2022	29ii	2,433.76
31	3.1.4	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	5	4	18/08/2022	22/08/2022	30	2,828.05
32	3.1.5	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA. AF_03/2016	3	3	23/08/2022	25/08/2022	31	3,987.78
	3.2	LAJES	4	3	26/08/2022	29/08/2022		2,845.63
33	3.2.1	TRATAMENTO DE JUNTA DE DILATAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA ADERIDA COM MAÇARICO. AF_06/2018	1	1	26/08/2022	26/08/2022	32	811.53
34	3.2.2	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+3). AF_11/2020	3	2	27/08/2022	29/08/2022	33	2,034.10

Fonte: Autoria Própria

Na figura 22 a baixo, temos a representação parcial do diagrama de rede apresentando as atividades 33 a 41.

Figura 22- Diagrama de Rede



Fonte: Autoria Própria

Buscou-se realizar o planejamento da obra num nível de detalhamento adequado, levantando os aspectos e recursos necessários à sua execução. As etapas de mobilização, canteiro de obras e projeto de lógica, itens não comuns nos orçamentos, foram considerados.

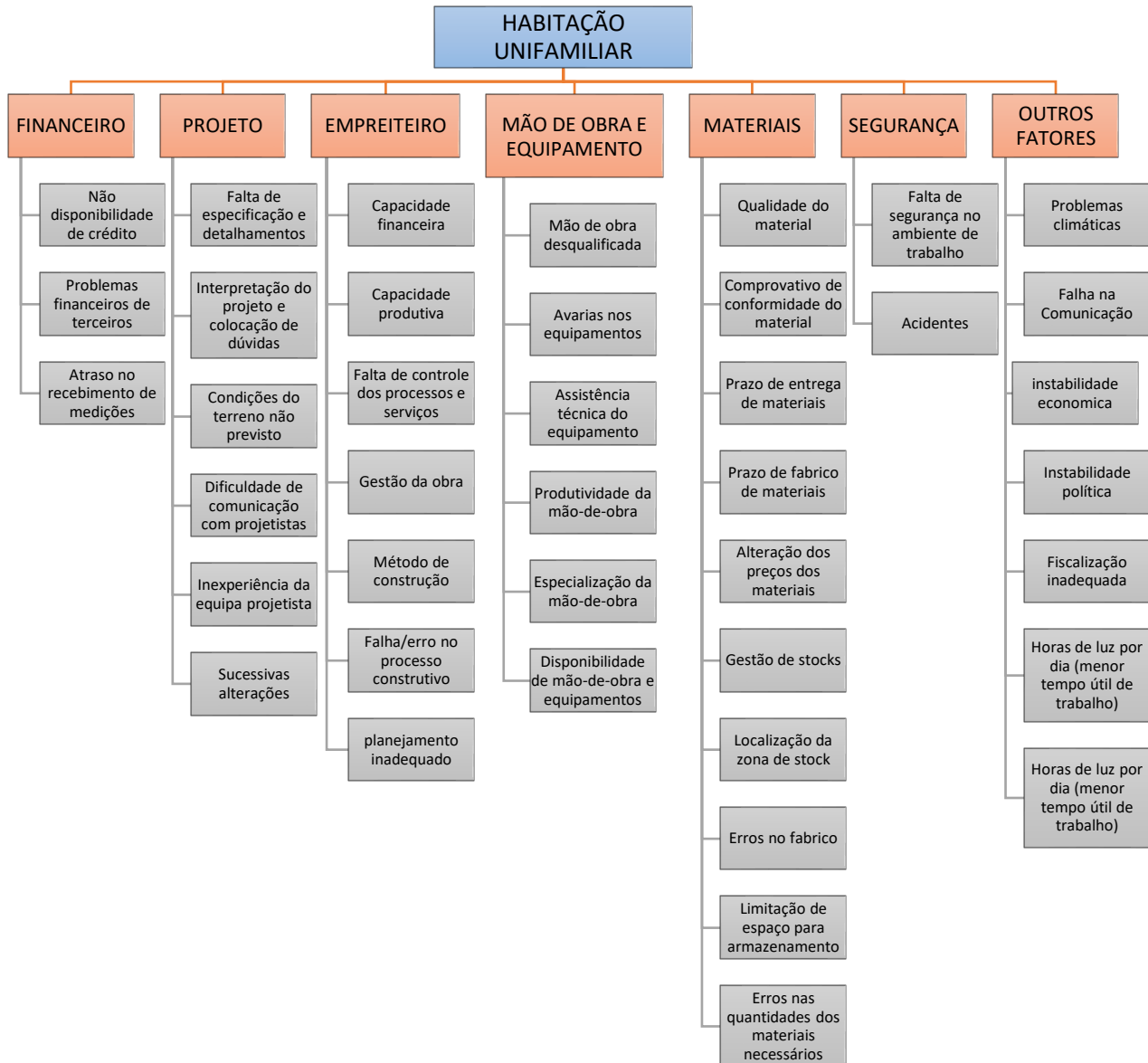
Para Novais (2010), o nível de detalhamento no desenvolvido do planejamento determina sua eficácia, porém este deve ser realizado num nível suficiente, pois um detalhamento excessivo pode causar elevação do custo e falta de visão clara do empreendimento.

A partir do planejamento temos os dados de custo do projeto em **R\$ 17.599,72** prazo de **193 dias corridos** e o **caminho crítico das atividades**.

4.2 Análise qualitativa

Os riscos qualitativos apresentados na EAR (Estrutura Analítica de Riscos) da figura 23, foram levantados a partir de bibliografia.

Figura 23- EAR (Estrutura Analítica de Riscos)



Fonte: Autoria Própria

As bibliografias analisadas utilizaram a metodologia de aplicação de questionários em profissionais da área, especialista e técnicos experientes, com o objetivo de identificar, analisar e avaliar os riscos em determinados tipos de projetos.

Para a execução da EAR considerou-se os riscos principalmente de interferências no custo e prazo, levantados a partir de trabalhos que utilizaram projetos similares. A EAR possibilita ao gerenciador do projeto trabalhar em ações para o prevenir, mitigar, aceitar ou transferir os riscos. Para Filho (2019) a análise dos fatores de riscos deve ser levada para processos posteriores pelo gestor, analisando e processando as respostas adequadas para cada risco em potencial.

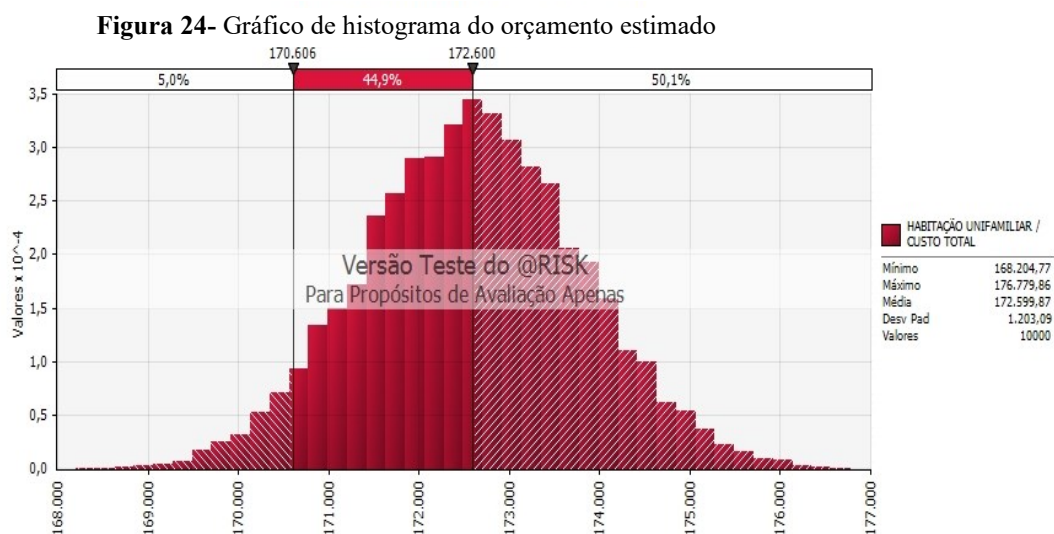
A próxima etapa da análise de risco qualitativa é realizar a matriz de riscos de probabilidade e impacto de cada risco apresentado na EAR. Porém esta atividade exige opinião especializada por se tratar de dados subjetivos (PMBOOK, 2017).

A interpretação dos resultados da influência do risco em várias escalas ou níveis, combinada com a aptidão técnica de especialistas, capazes de identificar as causas, consequências do risco e quantificá-las, permitirá a definição dos modelos de análise estatística com intervalos de duração mais próximos da dinâmica real da obra (BENTO 2017, p. 39)

4.3 Análise quantitativa

4.3.1 Orçamento

A partir da construção do modelo simulado 10000 vezes por meio da metodologia de Monte Carlo, os resultados da análise quantitativa em relação ao valor estimado são apresentados abaixo. Na figura 24, para o custo estimado em **R\$ 172.599,72** temos a probabilidade de **44,9%** de certeza desse valor ocorrer, considerando as variações de cada atividade segundo a distribuição de probabilidade Pert (mínimo, mais provável e máximo).



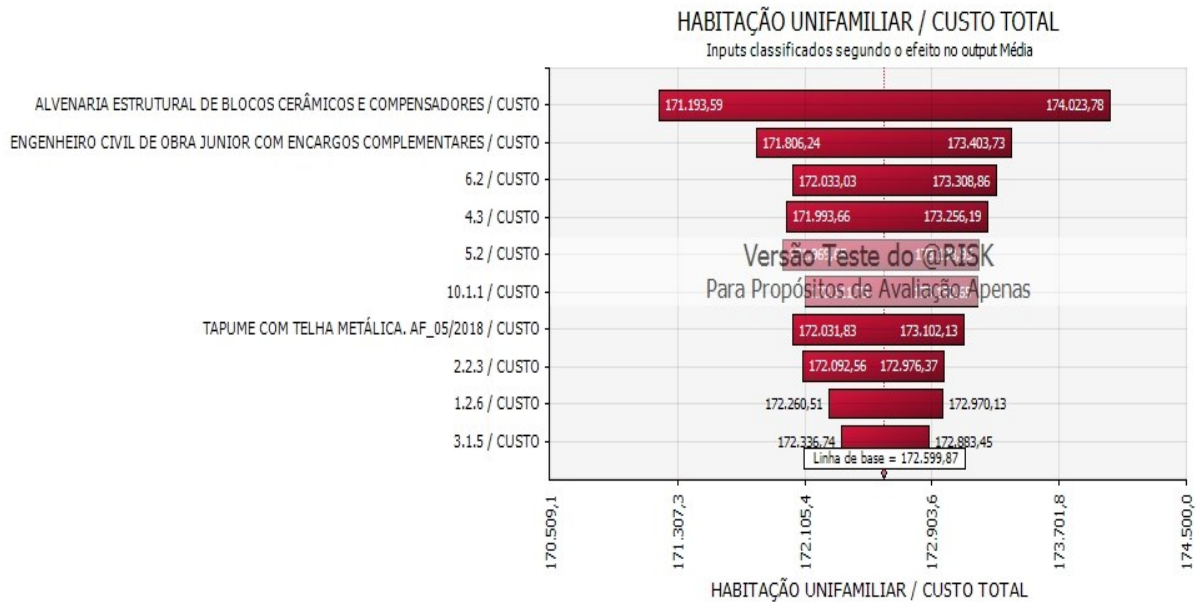
Fonte: Autoria Própria

Cujo o valor máximo pode chegar a **R\$ 176.779,86** uma diferença de **R\$ 4.200,140** em relação ao valor estimado. Sendo assim, o valor estimado no planejamento não contempla as variações das atividades em razão dos riscos, por isto deve-se adicionar um valor de contingência somado ao valor estimado com o objetivo de obter uma probabilidade de 90% do custo do projeto.

Por meio da simulação também é possível visualizar as principais atividades de interferência no custo, na ordem de item de maior relevância para a menor, com os valores variando em torno da média (valor estimado no orçamento).

Segundo o gráfico de tornado da figura 25 o valor do custo pode variar de **R\$ 171.193,59** a **R\$ 174.023,78** dependendo das ocorrências sobre o item “Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e compensadores”. Relacionando os itens expostos no gráfico de tornado com o orçamento e digrama de rede, pode-se perceber que tais atividades de relevante interferência no custo total do projeto correspondem as atividades de maior duração e/ou custo dentro do planejamento do projeto.

Figura 25- Gráfico de tornado orçamento estimado

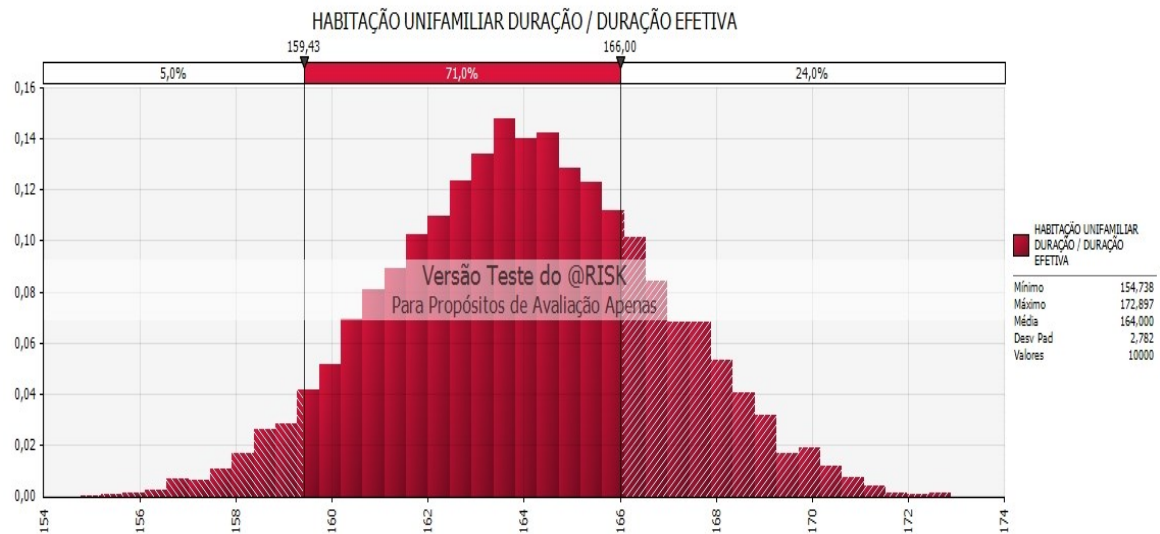


Fonte: Autoria Própria

4.3.2 Cronograma

Para cada etapa do cronograma e prazo total do projeto, fora atribuído a distribuição de probabilidade Pert. A análise quantitativa do cronograma é apresentada na figura 26, o cronograma estimado em **166 dias úteis** possui **71%** de probabilidade de ocorrer como o planejado e como tempo máximo de duração temos o total de **173 dias úteis** e um desvio padrão de 2,78 em relação as etapas das atividades.

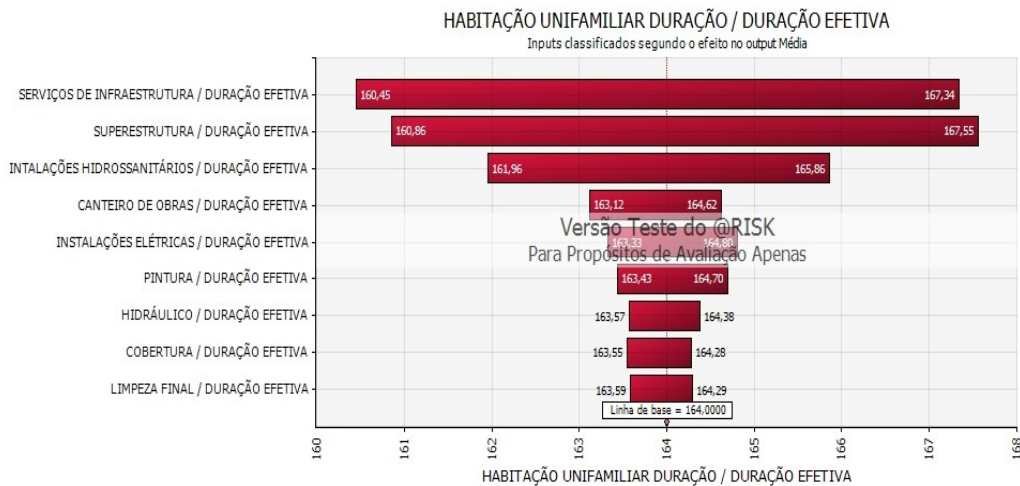
Figura 26- Gráfico de histograma do cronograma



Fonte: Autoria Própria

As etapas de maior influência na variação do prazo correspondem as de maior duração dentro do cronograma total, apresentadas na figura 27.

Figura 27- Gráfico de Tornado do cronograma



Fonte: Autoria Própria

Para Moreira (2016) o prazo e custo são fatores interligados, a alteração do cronograma causa impacto no orçamento, pois ocorrendo a diminuição do tempo de duração de uma atividade haverá a necessidade de aumentar os recursos necessários à sua execução e por consequência o aumento do orçamento. A autora complementa que não sendo possível aumentar o orçamento para executar a atividade com maior produtividade, em alguns casos acontece a redução da qualidade e do escopo, para entregar o projeto em menos tempo mantendo o orçamento.

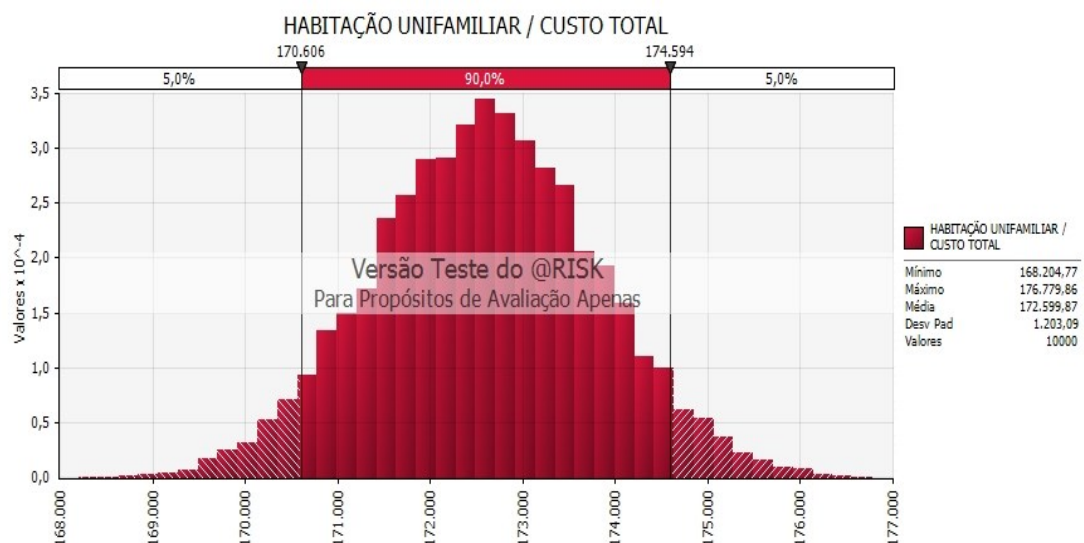
Fazendo uma relação entre prazo, custo e qualidade podemos deduzir que os riscos são fatores intrínsecos de relevante influência sobre estes pois, segundo (Bento 2017, pag. 40) “consideram as categorias de risco relacionadas com materiais, equipamentos, mão-de-obra, empreiteiro, financeira, cliente, projetista, gestor, contrato, relações institucionais, especificações de projeto e fatores externos”.

Para (Filho, 2017 pag. 86) “Os riscos apresentaram uma altíssima interferência nos prazos do projeto, sendo de grande necessidade um planejamento adequado de respostas a esses riscos.”

4.4 Análise dos cenários

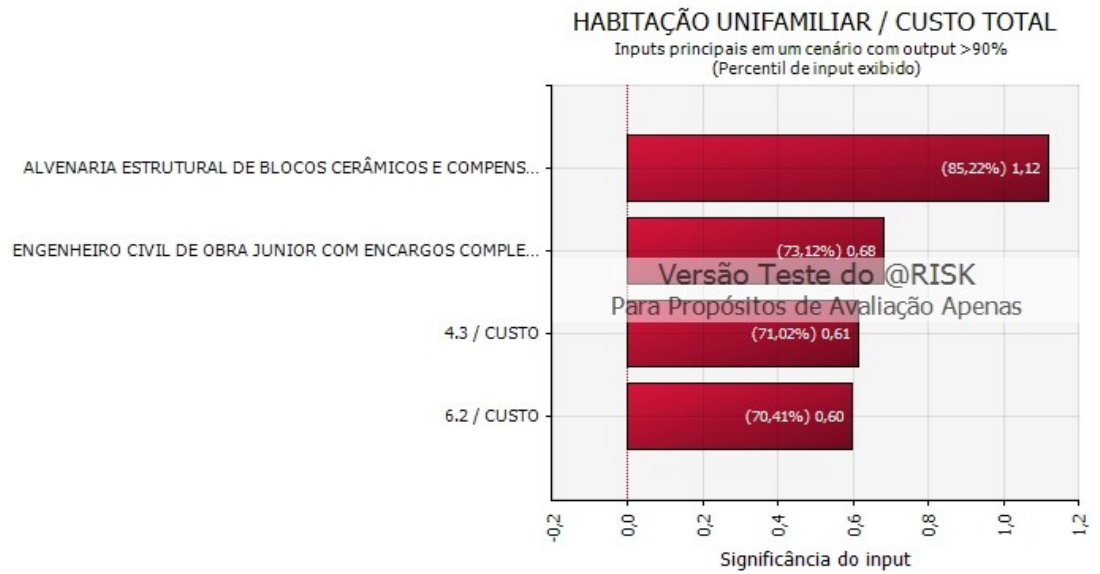
A metodologia de Monte Carlo também permite simular melhores cenários sobre os valores de custo e prazo estimados. Para um cenário com 90% de confiança do cronograma e orçamento planejado são apresentados os novos valores de custo e prazo nas figuras 28 a 31.

Figura 28 - Histograma cenário 90% de confiança orçamento



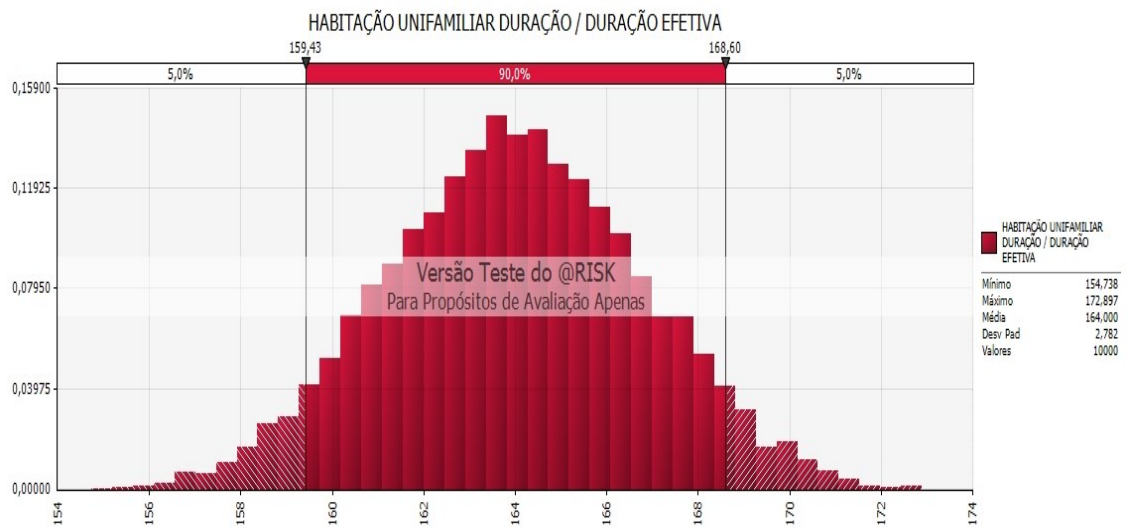
Fonte: Autoria Própria

Figura 29- Gráfico de tornado cenário 90% orçamento



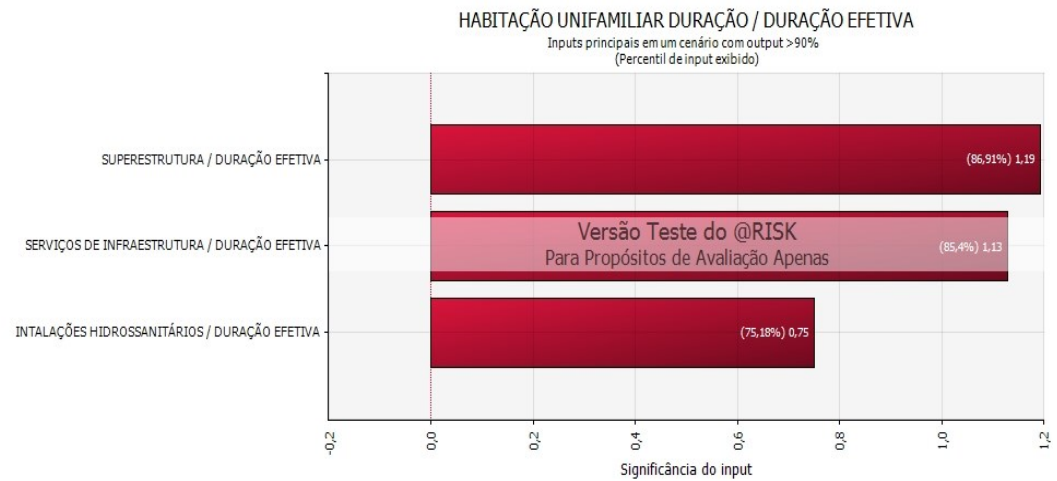
Fonte: Autoria Própria

Figura 30- Gráfico de tornado cenário 90% de confiança cronograma



Fonte: Autoria Própria

Figura 31- Gráfico de tornado cenário 90% de confiança cronograma



Fonte: Autoria Própria

Portanto, para um cenário com 90% de confiança do custo estimado temos o valor do orçamento em **R\$ 174.594** e o cronograma com **169 dias úteis**. Sendo a etapa de superestrutura a mais relevante e de maior influência nos objetivos de prazo e custo do projeto.

Portanto esses são os novos valores de custo e prazo do projeto da habitação unifamiliar de médio padrão, considerando as variações de cada atividade sobre os valores estimativos, com o objetivo de entregar a obra dentro do custo, prazo e qualidade.

Também à atividade de maior relevância no projeto deverá ser realizada a gestão dos riscos levantados qualitativamente, afim de evitar as variações de prazo e custo desse item em relação ao valor planejado para este.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo buscou apresentar de maneira didática e ilustrativa como realizar o planejamento e análise de risco em projetos. Por meio de roteiros e ferramentas auxiliaadoras, a fim de mostrar sua importância no gerenciamento de projetos e como estas ferramentas podem auxiliar no cumprimento dos objetivos de custo, prazo e qualidade.

Os riscos podem ter efeitos positivos e negativos para os negócios, neste trabalho fora estudado os riscos negativos de interferem no cronograma e orçamento no empreendimento de uma habitação unifamiliar de médio padrão.

São fontes de risco para os projetos as atividades, pessoas, contratos, recursos, requisitos de projetos, equipe de projetos, premissas e fatores externos cuja ocorrência impacta os objetivos pré-definidos (CARVALHO, 2018). Desta maneira inferimos que há uma relação direta de causa e efeito dos riscos em relação ao custo, prazo e qualidade.

Segundo as bibliografias estudadas aos fatores de riscos em projetos é dada pouca relevância por parte do ramo da construção civil, e esta deficiência se inicia na negligência do planejamento. Que para compensar a falta ou diligência desta as empresas optam por contratar profissionais experientes para executar seus projetos, acreditando que tal indivíduo tomara decisões mais assertivas quantos aos fatores de riscos que surgirem.

A análise de risco qualitativa e quantitativa realizada para o projeto proposto neste trabalho cujo sistema construtivo é em alvenaria estrutural não é um fator limitante, as ferramentas e resultados apresentados podem ser aplicados em diferentes sistemas construtivos.

Na análise qualitativa fora levantado os principais riscos em projetos iguais ou similares à habitação unifamiliar, com objetivo de fazê-los conhecidos e que através deste trabalho os profissionais e gestores de obras possam tomar conhecimento e estudar estratégias para lidar com estes.

Na análise quantitativa cuja estimativa de custo por mais minuciosa e detalhada que fora executada a partir do roteiro de planejamento, ao ser simulado na metodologia de Monte Carlo apresentou uma porcentagem de certeza de apenas 44,90%. Pois, na simulação realizada a variação de cada atividade em mínimo, mais provável e máximo é considerada relacionada ao objetivo de custo estimado inicialmente.

A partir disto, houve a necessidade de adequar o custo estimado para que este contemple as variações, riscos intrínsecos, em cada atividade e o objetivo de custo seja

alcançado. O novo custo do projeto ficou em R\$ 174.599 e o prazo também foi readequado para 169 dias úteis ambos com a probabilidade de 90% de certeza de acontecer durante a sua execução.

Temos que para o aquecimento do setor imobiliário em paralelo ao crescente aumento dos valores de materiais, a escassez da mão de obra qualificada e disponibilidade dos serviços devido o enfrentamento e recuperação da pandemia mundial do Covid-19, é um fato positivo para o ramo da construção no que refere a demanda e negativo do que se refere ao cumprimento do custo, prazo e qualidade.

Portanto, este é um bom momento para as empresas e profissionais se dedicarem a análise de risco, na intenção de realizar um planejamento com estimativas de custo e prazo mais próximos da realidade construtiva, se preparando para enfrentar os riscos levantados e como consequência tornando-se mais preparados para os riscos que surgirem.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10006 - Gestão da Qualidade – Diretrizes para a Qualidade em Gerenciamento de Projetos**. Rio de Janeiro, Dez/2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000 - Gestão de Risco – Princípios e Diretrizes**. Rio de Janeiro, 2009.
- BAIA, Denize Valéria Santos. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, 2015.
- BEDIN, Yan. **Planejamento de obras: principais elementos que você precisa considerar**. Prevision, 2021. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/planejamento-de-obras/>. Acesso em: 22 de agosto 2021.
- BARCELLOS, Milton José de Mattos; PAIVA, Ortiz da Silveira **Gerenciamento de Risco em Projetos**. Monografia. Engenharia de Campo da Faculdade Federal do Espírito Santo – UFES 2009.
- BENTO, Ana Rita da Costa **Gestão do risco no planejamento do tempo na perspectiva do empreiteiro aplicação a empreitadas de rega**. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. Portugal, 2017.
- CBIC. **Apesar de desabastecimento e com nível de atividade no mesmo patamar de 2007, construção foi setor que mais gerou empregos em 2020**. 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/apesar-de-desabastecimento-e-com-nivel-de-atividade-no-mesmo-patamar-de-2007-construcao-foi-setor-que-mais-gerou-empregos-em-2020/>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- CARVALHO, Luiz Guilherme. **Treinamento online: gerenciamento de risco com simula. Gerenciamento de Risco com Simulação de Monte Carlo**. 2018. Disponível em: <https://hotmart.com/pt-br/marketplace/produtos/gerenciamento-de-risco-com-simulacao-de-monte-carlo/Q8748194G>. Acesso em: 4 maio 2022.
- CONCEITOS. Conceito de Moradia Unifamiliar. 2010-2022. Disponível em: <https://conceitos.com/moradia-unifamiliar/>. Acesso em: 15 maio 2022.
- FGV, IBRE. **Índice Nacional de Custo da Construção**: o incc possibilita o pleno acompanhamento da evolução dos preços de materiais, serviços e mão-de-obra mais relevantes para a construção civil. O INCC possibilita o pleno acompanhamento da evolução dos preços de materiais, serviços e mão-de-obra mais relevantes para a construção civil. 2020. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/incc>. Acesso em: 10 ago. 2021
- FOCO, Manutenção em. **Pert e CPM - Métodos de planejamento**. 2017. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/pert-cpm-metodo-de-planejamento/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

FILHO, Cavalcante João Umberto de Paula. **Avaliação de riscos com simulação de Monte Carlo em obras de grande porte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HERNANDES, Fernando Santos. **Análise da importância de planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. Dissertação de Mestrado UFSC, Florianópolis 2002.

HEINECK, Luiz Fernando M.; MAZIERO, Lúcia Teresinha P. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço à Programação de Obras Repetitivas. Decisões Fundamentais para sua Aplicação**. In: X Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1990, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1990.

HAENDEL NETO, Frederico. **Gerência de riscos em projetos**. Pernambuco: Cefospe, 2020. 31 p. (1).

NAPOLEÃO, Bianca Minetto. **Matriz de Riscos (Matriz de Probabilidade e Impacto)**. 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-de-riscos-matriz-de-probabilidade-e-impacto/>. Acesso em: 02 set. 2021.

JORDAN, Pâmella Almeida Quintino. **Noções sobre Métodos Numéricos Determinísticos e Probabilísticos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Matemática e Estatística (IME), Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (Profissional), Goiânia, 2015.

JUNIOR, Mota Lúcio. **Utilização da tecnologia Bim aliada aos conceitos do PMBOOK no desenvolvimento de projetos para a construção civil**. Trabalho Conclusão de Curso - Instituto Federal do Tocantins, 2018.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: JC, 1996.

MINITAB. **Distribuições de probabilidades contínuas e discretas**. 2019. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/basics/continuous-and-discrete-probability-distributions/#what-is-a-discrete-distribution>. Acesso em: 05 ago. 2021.

MATIAS JUNIOR, Rivalino. **Análise Quantitativa de Risco Baseada no Método de Monte Carlo: Abordagem PMBOK**. I Congresso Brasileiro de Gerenciamento de Projetos, Florianópolis, 29 mar. 2006.

MONTEIRO, Solange. (2020). Sair do papel. Revista Conjuntura Econômica, 74(3), 38–46. Goldman, Pedrinho, 1954 - **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira** 4º Ed. atual. São Paulo: Pini, 2004.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MATIAS NETO, Antônio Pereira. **Planejamento e Controle de Obras: Técnicas e Aplicações para uma Unidade Unifamiliar**. 74. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

MOREIRA, Délcia Janine Sequeira **Análise de risco no planejamento de projetos de edificações com enfoque multicritério**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2016.

NOVAIS, José Mario Nogueira Alves Ribeiro. **Deficiência de Planejamento – Suas consequências e o controle adequado de obras**. Monografia. Belo Horizonte: UFMG. 2010.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos: (guia PMBOK®)**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

PEDUZZI, Pedro. **Aumento no preço de insumos para construção civil preocupa o setor**. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-02/alta-no-preco-de-insumos-para-construcao-civil-preocupa-cbic>. Acesso em: 14 ago. 2021.

PALISADE. **Análise de Risco**. 2020. Fabricante do software líder mundial em análise de risco e de decisão. Disponível em: https://www.palisade-br.com/risk/risk_analysis.asp. Acesso em: 2 ago. 2021

SOUZA, Roberto de; ABIKO, Alex Kenya. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. Boletim técnico. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SILVA, Mariana do Prado E. **Influência do Planejamento e Controle de Obras nos Horizontes de Médio e Curto Prazo em Edifícios Residenciais em Goiânia**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. 2012.

SOUZA, Virley Lemos de. **Princípios de Gestão na Execução de Empreendimentos Residenciais: Estudo de Caso em Palmas/TO**. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. 2012.

Vilcapoma, A. A. I., Magalhaes, M. L. de & Dantas, S. L. M. (2014). **Uso da simulação de Monte Carlo em projetos de construção de rodovias no norte fluminense**. XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 1(1), 872-882.

VERGARA, W. R. H.; TEIXEIRA, R. T.; YAMANARI, J. S. **Análise de risco em projetos de engenharia: uso do PERT/CPM com simulação**. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 75-88, 2016.