

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

VICTOR BORGES EVANGELISTA

**ANÁLISE DE RISCO DE CRONOGRAMA DE UMA
CONSTRUÇÃO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

ANÁPOLIS / GO

2021

**JOÃO CLAUDINO DE OLIVEIRA NETO
VICTOR BORGES EVANGELISTA**

**ANÁLISE DE RISCO DE CRONOGRAMA DE UMA
CONSTRUÇÃO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: WELINTON ROSA DA SILVA

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

NETO, JOÃO CLAUDINO DE OLIVEIRA/ EVANGELISTA, VICTOR BORGES

ANÁLISE DE RISCO DE CRONOGRAMA DE UMA CONSTRUÇÃO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.

55P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Cronograma

2. Simulação de Monte Carlo

3. Risco

4. Construção

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NETO, João Claudino de Oliveira; EVANGELISTA, Victor Borges. Análise de risco de cronograma de uma construção usando simulação de Monte Carlo. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 55p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: João Claudino de Oliveira Neto

Victor Borges Evangelista

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise de risco de cronograma de uma construção usando simulação de Monte Carlo.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

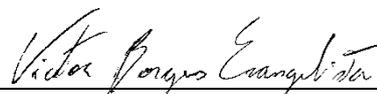
ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



João Claudino de Oliveira Neto

E-mail: joaoneto051198@hotmail.com



Victor Borges Evangelista

E-mail: victorbe1597@gmail.com

**JOÃO CLAUDINO DE OLIVEIRA NETO
VICTOR BORGES EVANGELISTA**

**ANÁLISE DE RISCO DE CRONOGRAMA DE UMA
CONSTRUÇÃO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**WELINTON ROSA DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**



**ANDERSON DUTRA E SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**AURELIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 02 de DEZEMBRO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos capacitou durante todo o curso e execução deste trabalho.

Aos familiares e amigos, através dos quais obtivemos incentivo e apoio incondicional.

Aos colegas e companheiros desta jornada, pela solidariedade e união.

Aos nossos professores e a todos que direta ou indiretamente se dedicaram à nossa formação.

João Claudino de Oliveira Neto e Victor Borges Evangelista

RESUMO

O Brasil é um país que possui como um dos grandes setores da sua economia, o campo da construção civil, tendo este uma grande participação no produto interno bruto da nação. Todavia, as execuções de projetos nesse setor não aderiram às técnicas mais avançadas de planejamento e gerenciamento utilizadas em países mais competitivos nessa área. Este trabalho tem como temática relatar a importância do gerenciamento e planejamento na execução de edificações. Diante disso, foi avaliado o risco acometido no cronograma previsto diante os serviços prestados em uma obra residencial unihabitacional na região de Anápolis, através do método de Monte Carlo. A pesquisa permitiu a análise de cenários otimistas e pessimistas para o cronograma, o que resultou em apenas 6% de chance do projeto ocorrer dentro do prazo previsto, e demonstrou, através do cenário 2 com probabilidade de 79%, que a análise de riscos garantirá a melhor qualidade de projetos construtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Cronograma, Gerenciamento, Monte Carlo, Construção Civil

ABSTRACT

Brazil is a country that has as one of the major sectors of its economy, the field of civil construction, which has a large share in the nation's gross domestic product. However, the execution of projects in this sector has not adhered to the most advanced planning and management techniques used in more competitive countries in this area. This work aims to report the importance of management and planning in the execution of buildings. In view of this, the risk involved in the planned schedule was evaluated in view of the services provided in a single-unit residential construction project in the region of Anápolis, through the Monte Carlo method. The research allowed the analysis of optimistic and pessimistic scenarios for the schedule, which resulted in only a 6% chance of the project occurring within the planned deadline, and demonstrated, through scenario 2 with 79% probability, that the risk analysis will ensure the best quality of constructive projects.

KEYWORDS: Schedule, Management, Monte Carlo, Civil Construction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida do projeto.....	17
Figura 2 - Amostra de EAP decomposta até o nível de pacotes de trabalho.....	19
Figura 3 - Exemplo de cronograma de borras	20
Figura 4 - Visão geral do gerenciamento da qualidade do projeto.....	21
Figura 5 - Tipos de distribuição de probabilidades	28
Figura 6 - Distribuição de probabilidade da área de uma circunferência de raio 1	31
Figura 7 - Parâmetros determinados e inseridos no programa <i>Primavera Risk Analysis</i>	36
Figura 8 – Gráfico de distribuição triangular da Amostra Inicial referente à Data final do projeto.....	38
Figura 9 – Gráfico de distribuição triangular da Amostra Inicial referente à duração total com folgas do projeto	38
Figura 10 - Gráfico de tornado sobre índice de Sensibilidade de duração	39
Figura 11 - Gráfico de tornado sobre índice de Criticidade	40
Figura 12 - Gráfico de tornado sobre índice de Crucialidade.....	40
Figura 13 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 1 referente à Data final do projeto	42
Figura 14 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 1 referente à duração total com folgas do projeto	42
Figura 15 - Gráfico de distribuição triangular do Cenário 2 referente à Data final do projeto	44
Figura 16 - Gráfico de distribuição triangular do Cenário 2 referente à duração total com folgas do projeto	44
Figura 17 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 3 referente à Data final do projeto	46
Figura 18 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 3 referente à duração total com folgas do projeto	47
Figura 19 – Gráfico de análise comparativa entre distribuições sobre Data Final do Projeto	.48
Figura 20 – Gráfico de análise comparativa entre distribuições sobre Duração Final do Projeto	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Criação de cenários	37
--------------------------------------	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Distribuição de dias para realização da primeira simulação	36
Tabela 2 - Distribuição de dias para realização do Cenário1	41
Tabela 3 - Distribuição de dias para realização do Cenário 2	43
Tabela 4 - Distribuição de dias para realização do Cenário 3	45
Tabela 5 - Dez serviços mais custosos	46
Tabela 6 - Tabela Comparativa de cenários para probabilidade de 50%	49
Tabela 7 - Tabela Comparativa sobre realização no prazo previsto.....	49

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
<i>PMI</i>	<i>Project Management Institute</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
<i>PMBOK</i>	<i>Project Management Body of Knowledge</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 HISTÓRICO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS	15
2.2 PLANEJAMENTO DE PROJETO.....	16
2.2.1 Ciclo de vida de projeto	16
2.2.1.1 Fase de concepção e viabilidade ou estágio I.....	17
2.2.1.2 Detalhamento do projeto e do planejamento ou estágio II	17
2.2.1.3 Fase de Execução ou estágio III	17
2.2.1.4 Finalização do projeto ou estágio IV	18
2.3 GERENCIAMENTO DE PROJETO.....	18
2.3.1 Gerenciamento de cronograma.....	18
2.3.2 Gerenciamento de qualidade.....	20
2.3.3 Gerenciamento de custos	22
2.3.3.1 Custo direto.....	22
2.3.3.2 Custos indiretos	23
2.3.4 Gerenciamento de riscos	23
2.3.4.1 Definição de Risco.....	24
2.3.4.2 Riscos na Construção Civil.....	24
2.3.4.3 Metodologias para análise de riscos	25
2.3.4.3.1 <i>Redes Neurais</i>	25
2.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	26
2.4.1 O Método.....	26
2.4.2 Fórmulas.....	28
2.4.3 Exemplo numérico.....	29
2.4.4 Aplicação no setor da construção civil	31
3 ESTUDO DE CASO	33

3.1	DEFINIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	33
3.2	METODOLOGIA	33
3.3	COLETA DE DADOS	33
3.4	TRATAMENTO DE DADOS	34
3.5	SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	34
3.6	MEDIDAS DE SENSIBILIDADE	34
3.7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
3.7.1	Cenário 1	41
3.7.2	Cenário 2	43
3.7.3	Cenário 3	45
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A – CRONOGRAMA	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa uma área de 8.547.403 km² no planeta Terra, segundo o IBGE (2020). Nesse território, em 1872 possuía 1,17 habitantes por quilômetro quadrado, já em 2010 esse número aumentou para 22,43 habitantes por quilômetro quadrado, segundo o censo 2010 do IBGE. Este crescimento demográfico pode ser visto como um fator para o aumento da demanda de execução de empreendimentos imobiliários no país, segundo Filippi e Melhado (2014).

Ainda segundo Filippi e Melhado (2014), o início de novos projetos de construção no Brasil esbarra em riscos jurídicos, inadimplência, complexidade regulatória e mão de obra desqualificada. Estas tribulações atravancam, mas no fim do ano de 2005 as melhorias nas condições de compra e financiamento das construções aqueceram o mercado.

O Brasil não é o único país a sofrer com tribulações, segundo Fugar e Agyakwah-Baah (2010), Gana possui muitos contratempos financeiros, que provocam um alto índice de empreendimentos não concluídos. Além disso, vários trabalhadores não são pagos por seus respectivos serviços. A inadimplência alta no setor da construção corrobora com a depreciação da mão de obra e acarreta a falta de insumos materiais para as obras. Os autores propõem uma melhor gestão de planejamento e controle, e não subestimar custos, tempo de execução e complexidade dos projetos. Os problemas encontrados em Gana não são endêmicos do país, Segundo Filippi e Melhado (2014), os atrasos em obras no estado de São Paulo cresceram cerca de 65% entre 2005 e 2010. Esses atrasos estão associados a mão de obra, fatores externos, problemas com equipamentos e materiais, além de divergências do contratado com o proprietário.

Segundo Cabral Filho (2010), o método de Monte Carlo pode ser utilizado na simulação de valores futuros de ativos, e terá seu uso adequado quando as abordagens histórica e paramétrica não são apropriadas. A utilização desse método vem sendo cada vez mais eficaz no gerenciamento de risco. Essa ampla demanda acontece devido a liberdade na elaboração do problema, avaliação de perguntas do tipo "e se?" e a análise de problemas em que o conhecimento das variáveis envolvidas é parcial. Dessa forma o Método de Monte Carlo poderia ser utilizado para prever a chance de um atraso em obra acontecer.

Diante do exposto, pretende-se utilizar a Simulação de Monte Carlo e desenvolver um estudo de caso baseado em orçamentos reais, que demonstre como a identificação de riscos facilita o gerenciamento da etapa que se refere aos custos de um empreendimento.

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil no Brasil sempre representou uma participação significativa no PIB nacional. Segundo o estudo do DIEESE (2020), departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos, em 2011 o setor chegou a superar a marca de 6% de participação no produto interno. Apesar de medições mais recentes indicarem uma queda na participação desde 2014, ainda segundo o DIEESE (2020), tendo em vista que sua participação caiu para 3,7% em 2019, ainda continua sendo uma indústria com grande empregabilidade no país e, ainda, há perspectiva de crescimento para o setor no momento atual.

Entretanto, apesar da grande representatividade do setor, o país ainda é conhecido por manter uma cultura que não prioriza o planejamento e gerenciamento de projetos de construção devido ao imediatismo e métodos informais presentes, o que ocasiona baixa qualidade no produto final dessa produção (MATTOS, 2006).

A fase de orçamentação é de vital importância para a realização de um projeto, determinando custo final do projeto a partir de condicionantes do ambiente e restrições do próprio projeto. Os erros nessa fase da construção podem ter suas consequências espalhadas para fases posteriores e, claro, para o produto final (MATTOS, 2010).

Nessa perspectiva, esse trabalho se justifica no aspecto da necessidade da padronização do planejamento e do gerenciamento de projetos, de forma a reduzir ameaças e aumentar a produtividade do setor de construção civil brasileiro utilizando da proposta de gerenciamento e análise de risco apresentada durante este trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é um estudo de caso que analisa os riscos presentes no cronograma do projeto previsto que envolve a obra de uma construção residencial localizada na região de Anápolis, Goiás.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar o impacto de atividades no cronograma previsto;

- Realizar cenários de risco prováveis para execução da simulação de Monte Carlo.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho aprofundará os conhecimentos sobre os riscos relacionados aos produtos do atual mercado de construção civil partindo de uma fundamentação teórica relacionada ao planejamento e gerenciamento de um projeto construtivo, assim como estudo de gerenciamento de risco e o uso de simulação de Monte Carlo para análise de riscos.

O trabalho presente realizou uma simulação de Monte Carlo utilizando os programas *Excel* da *Microsoft* e *Primavera Risk Analysis* da *Oracle* para analisar os riscos do cronograma de uma construção residencial. A coleta de dados será feita através de comunicação com os engenheiros responsáveis do projeto. Por desejo da empresa privada, as informações de identificação da obra serão mantidas em sigilo.

A simulação realizou os cálculos citados por meio da utilização de 50000 iterações, avaliando cenários e probabilidades para realização das atividades da obra estudada. Os resultados serão demonstrados através de gráficos e discutidos através do capítulo 3.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 4 capítulos. No primeiro capítulo, o projeto é apresentado, com seus princípios e objetivos sendo estabelecidos.

No segundo capítulo é realizado o referencial teórico de métodos de planejamento e gerenciamento que se relacionam com o gerenciamento de risco, assim como metodologia de análise de risco que é a simulação de Monte Carlo.

No terceiro capítulo é realizado um estudo de caso que analisa os riscos presentes no cronograma de uma construção residencial localizada na região de Anápolis, Goiás.

No quarto capítulo são tratadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O desenvolvimento de uma sociedade, em geral, se baseia na implantação dos mais diversos projetos produzidos por seus indivíduos que viabilizem o crescimento da mesma através da realização de objetivos individuais e coletivos. “As maravilhas do mundo antigo são testemunhos não apenas de uma impressionante habilidade para construir estruturas para abrigo, mas também monumentos em escalas gigantescas” (HALPIN; WOODHEAD apud COURI, 2006, p. 28).

Henry Foyal e Henry L. Grantt são considerados por alguns estudiosos como os pais fundadores dos princípios modernos de gerenciamento de projetos, tendo a influência dos seus trabalhos perpetuada para além do fim do século XIX e vista até mesmo nos dias atuais. Henry Foyal (1841-1925) foi um engenheiro francês que liderou uma das maiores siderúrgicas da França, e através da sua experiência como gestor, atestou que existem funções essenciais que todo gerenciamento possui, sendo elas: Planejamento, Organização, Comando, Coordenação e Controle (SEYMOUR; HUSSEIN, 2014).

Henry L. Grantt (1861-1919) foi um engenheiro americano que ficou conhecido por criar o gráfico de Grantt, ferramenta que permitiu a divisão das etapas de um empreendimento ser apresentada de maneira visual, assim minorando a complexidade de projetos grandes. O gráfico de Grantt é usado até hoje como ferramenta essencial para o estudo de planejamento e controle de empreendimentos.

Devido ao crescimento do conflito armado durante o início do século XX, a complexidade das manobras militares e quantidade exorbitante de recursos a serem alocados, houve a criação da pesquisa operacional e, posteriormente, a criação de análise de sistemas.

Segundo Manuel Cotas (1987), o conceito de gerenciamento de projetos surgiu nos Estados Unidos durante o fim da década de 50 e o início da década de 60. Apesar disso, as técnicas mais diversas para planejamento, execução e controle de projetos já existiam muito antes disso e sempre se relacionaram bem com projetos construtivos, como é citado pelo *PMI* (2017), indo desde as maravilhas mais antigas como as pirâmides de Gizé até a construção do canal do Panamá.

O gerenciamento da construção caracterizou-se firmemente na década de 70, e nessa aplicação surgiram técnicas específicas para gerenciamento das interfaces entre a engenharia de projeto, suprimentos e construção (CODAS, 1987, p. 1).

Em 1987, o *PMI* (Project Management Institute), fundado por volta do fim da década de 1970 e atualmente a maior instituição sem fins lucrativos que associa os profissionais de gerência em projetos, criou o guia *PMBOK*, base para norma ISO 21500:2012 de Orientações sobre gerenciamento de projeto, é considerado atualmente como padrão internacional para especialistas do campo.

Como é citado por Seymour e Hussein (2014), desenvolvimento de tecnologias da informação possibilitou nas décadas de 70 e 80 a criação de programas que tem por objetivo o gerenciamento de projetos através de empresas de *softwares* como a Oracle. A criação do computador pessoal e o acesso facilitado à tecnologia durante os anos posteriores, com a evolução das empresas de tecnologia, permitiu a abrangência de profissionais que tem acesso ao conhecimento, além da padronização das técnicas de gerenciamento.

2.2 PLANEJAMENTO DE PROJETO

Projeto é definido pelo guia *PMBOK* (2017) como um esforço temporário que busca criar um produto, um serviço ou resultado único. Diferente do contexto de operação, a qual é caracterizada pela repetição e continuidade de um esforço, o projeto é estabelecido pela sua temporalidade, tendo início e fim, e pela exclusividade de seu desfecho. Projetos são geradores de mudança nas organizações e de valores tangíveis e intangíveis de um negócio (*PMI*, 2017).

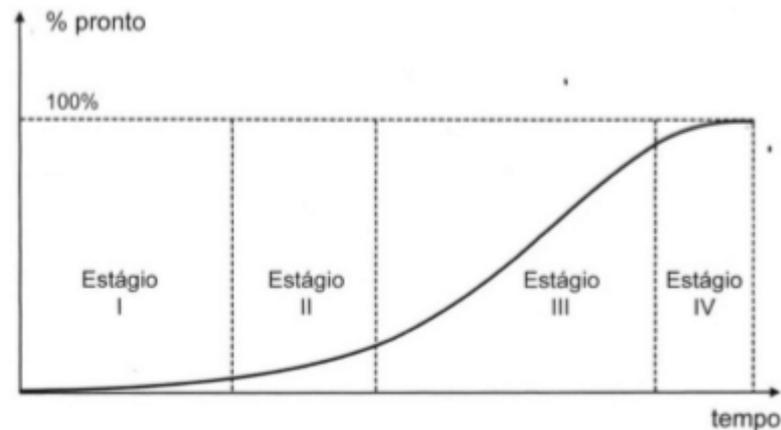
2.2.1 Ciclo de vida de projeto

Um projeto é mais bem compreendido se for possível dividir a sua estrutura em pontos menores, de forma que suas metas sejam realizadas da melhor maneira possível. Segundo Mattos (2010), podemos dividir as fases de um projeto em quatro estágios, sendo eles:

- I. Concepção e viabilidade
- II. Detalhamento do projeto e do planejamento
- III. Execução
- IV. Finalização

Na Figura 1 é possível visualizar de forma gráfica a evolução do processo de realização de um projeto, começando de forma lenta em seu início, ganhando celeridade durante o estágio de execução e desacelerando durante sua finalização.

Figura 1 - Ciclo de vida do projeto



Fonte: MATTOS (2010, p.32)

2.2.1.1 Fase de concepção e viabilidade ou estágio I

Mattos (2010, p.32) define concepção e viabilidade como “Processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído”. A fase Inicial é a fase de concepção de viabilidade investiga os fatores limitantes ambientais e circunstanciais do empreendimento a ser construído ou produzido, sendo assim são produzidas nessa fase a delimitação de recursos disponíveis, a análise do orçamento preliminar e a definição dos objetivos do projeto. Ao final desta fase é obtido o que chamamos de projeto básico.

2.2.1.2 Detalhamento do projeto e do planejamento ou estágio II

Mattos (2010, p.33) define detalhamento do projeto e do planejamento como “Detalhamento do projeto básico, com inclusão de todos os elementos necessários à execução da obra”. Durante essa fase são realizados a delimitação de prazos, marcos contratuais e o orçamento analítico. Assim é definida a alocação de recursos para o início da execução prática do projeto.

2.2.1.3 Fase de Execução ou estágio III

Essa fase é o resultado do desenvolvimento das duas etapas anteriores e compreende a formação do projeto na realidade, realizando tarefas de administração, montagem de equipamentos e execução de serviços, controle de qualidade e fiscalização de progresso.

Durante essa fase, o progresso total do projeto é observado de maneira mais palpável a cada meta cumprida e sua eficiência é determinada pelo investimento posto na concepção e no planejamento (MATTOS, 2010).

2.2.1.4 Finalização do projeto ou estágio IV

Essa etapa representa a conclusão de todo investimento empreendido durante o projeto. Assim são exemplos de ações atuadas durante a finalização: transferência das responsabilidades pelo trabalho para os clientes ou patrocinadores do projeto, inspeções finais de funcionamento e eficiência do produto efetuado, cumprimento dos objetivos contratuais e resolução de últimas pendências (MATTOS, 2010).

2.3 GERENCIAMENTO DE PROJETO

Projetos são desenvolvidos para prover uma solução estratégica dentro de uma empresa. Eles são únicos, possuem duração temporária e recursos escassos. Devido a isso, devem possuir um gerenciamento eficiente (LONGO, 2006).

De acordo com Medeiros (2017, p.200):

O gerenciamento de projetos é apontado como um padrão que pode ser seguido pelas organizações, com um conjunto de ferramentas que trabalham para aperfeiçoar as habilidades, conhecimentos e capacidades individuais, que podem contribuir com o desenvolvimento das organizações.

Um gerenciamento de projeto eficiente na construção civil deve contar com uma equipe que determine e planeje o projeto e os processos para toda a obra. O planejamento deve ser feito nos mínimos detalhes, com o auxílio da tríplice restrição (HAS, 2007).

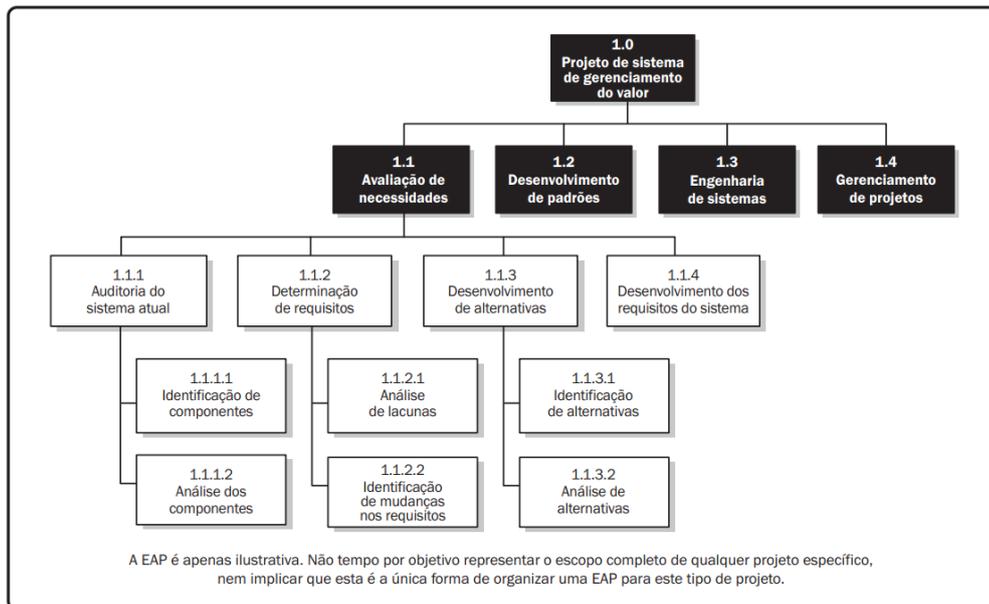
A tríplice restrição (tempo, qualidade e custo) é um ponto de apoio para que todos os objetivos do gerenciamento de projeto sejam atingidos. O sucesso do projeto será percebido através dos critérios de análise do gerenciamento de qualidade, que auxiliará, em todas as etapas do projeto, para que o produto final seja consistente e satisfaça o cliente (DEBONI, 2010).

2.3.1 Gerenciamento de cronograma

O tempo é inflexível e irrecuperável, devido a isso é necessário que o projeto inicie e encerre dentro do prazo estipulado no plano do projeto. A fim de facilitar a gestão do tempo, inúmeros métodos foram desenvolvidos para a cronogramação do projeto (LONGO, 2006).

A EAP (Estrutura Analítica do Projeto), como mostra na Figura 2, é uma ferramenta de cronogramação, na qual se baseia em subdividir as entregas e o trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis. As subdivisões, chamadas de pacotes de Trabalho, serão formadas por itens realmente necessários para a realização do projeto. Sua utilização auxilia na comunicação, no planejamento e na designação de responsabilidades durante todo o projeto (PEDROSA, 2013).

Figura 2 - Amostra de EAP decomposta até o nível de pacotes de trabalho



Fonte: *PMI* (2017, p.158)

Outro método de cronogramação é o Gráfico de Gantt. Sua apresentação é simples, como mostra a Figura 3, e pode ser lido e manuseado por qualquer pessoa com um mínimo de instrução. Ele é um gráfico onde à esquerda estão listadas as atividades e à direita, as suas respectivas barras desenhadas em uma escala de tempo, O comprimento da barra representa a duração da atividade, cujas datas de início e fim podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo. Sua simplicidade o faz como uma boa escolha para auxiliar a gestão do ciclo de vida do projeto (MATTOS, 2010).

Figura 3 - Exemplo de cronograma de barras

ATIVIDADE	Seg 1	Ter 2	Qua 3	Qui 4	Sex 5	Sáb 6	Dom 7	Seg 8	Ter 9	Qua 10	Qui 11	Sex 12	Sáb 13	Dom 14	Seg 15
Construir fundações	■	■	■	■											
Construir paredes					■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Instalar telhado													■	■	■

Fonte: MATTOS (2010, p.202)

Todo projeto é único, e isso faz com que seu gerenciamento de cronograma seja planejado levando em conta o ambiente do projeto, cultura da organização, necessidades das partes interessadas e outras variáveis. Durante o ciclo de vida do projeto o gestor pode se deparar com restrições simultâneas de escopo, custos indiretos, disponibilidade de recursos, entre outros riscos. É responsabilidade do Gerente de Projetos acompanhar de perto todo o processo e fazer as alterações necessárias, envolvendo a equipe na construção do cronograma, para que essas particularidades não interfiram na data de conclusão do projeto. Um bom gerenciamento de cronograma é vital para o sucesso do projeto (PMI, 2017).

2.3.2 Gerenciamento de qualidade

O Gerenciamento da Qualidade do Projeto se baseia na utilização de conjunto de normas da corporação relacionadas a qualidade do planejamento, gerenciamento e controle dos requisitos de qualidade do projeto e do produto para atender os objetivos do contratante e do contratado. A sua utilização também está associada a atividades de melhoria contínua de processos do executante (PMI, 2017).

Segundo Lewin (2011, p.6 e 7), o Gerenciamento da qualidade do projeto se divide em 3 áreas de conhecimento, que são: Planejar o Gerenciamento da Qualidade, Gerenciar a Qualidade e Controlar a Qualidade. Suas respectivas funções são:

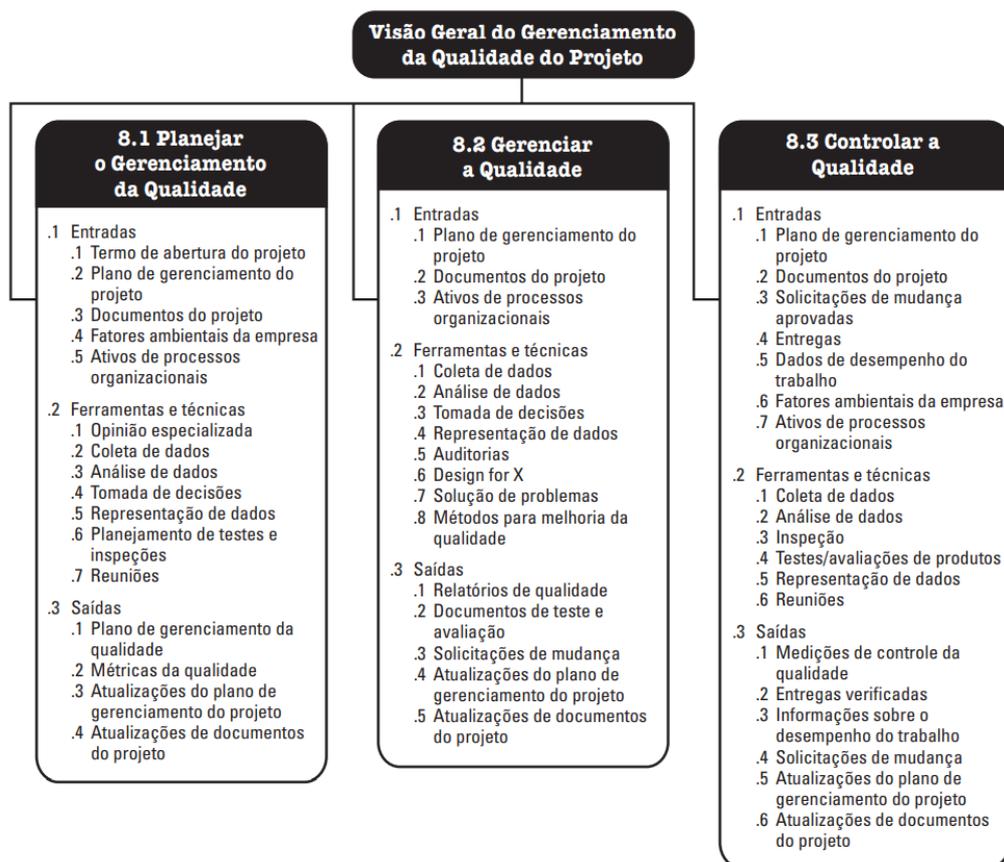
- Gerenciamento da Qualidade: "Abranger atividades de desenvolvimento de requisitos, padrões, documentação e processos exigidos para que o projeto e o produto estejam conforme e obtenham a satisfação das necessidades dos clientes."
- Gerenciar a Qualidade: "Abranger atividades de controle e auditoria para garantia do uso dos padrões da qualidade e definições apropriados."

- Controlar a Qualidade: "Abranger as atividades de monitoramento da qualidade para análise comparativa de desempenho e recomendações de mudança para elevação do desempenho da qualidade."

Os processos descritos são executados através da coleta de informações durante a execução de todas as etapas do projeto. Cada fase subdividisse em: Entrada, ferramentas e técnicas e saída (PMI, 2017).

As atividades relacionadas a cada etapa estão descritas na Figura 4.

Figura 4 - Visão geral do gerenciamento da qualidade do projeto



Fonte: PMI (2017, p.272)

O sucesso do Gerenciamento de Projeto além de se apoiar na Gestão do Cronograma, também possui fatores advindos do Gerenciamento de Qualidade. Destaca-se que o nível de qualidade do encerramento do projeto estará ligado a eficiência dos processos do Gerenciamento de Qualidade do projeto. Além disso, o processo de melhoria continua aplicada pelo executor faz com que suas atividades sejam sempre aplicadas de forma igual ou melhor que no projeto anterior. Dessa forma o Gerenciamento de Qualidade do Projeto está ligado diretamente ao sucesso do projeto (DEBONI, 2010).

2.3.3 Gerenciamento de custos

O Gerenciamento de Custos do Projeto tem como finalidade assegurar que o projeto será concluído dentro de um orçamento pré-aprovado. Além disso, ele determina também o efeito das decisões do projeto sobre o custo de aplicação, manutenção e suporte do produto, serviço ou resultado do projeto. Por exemplo, a compra de cimento intermunicipal pode reduzir o custo do insumo à custa de um aumento nos custos logísticos do cliente (SOUZA, 2009).

Galvão (2011, p. 38) divide os custos de um projeto em quatro categorias básicas:

Custo de produto, que são materiais, mão-de-obra e despesas gerais; custo de capital, que são equipamentos, ferramentas, peças de reposição, encargos financeiros, sistemas de apoio, engenharia, instalações, transportes, testes, treinamento de operadores, impostos, pagamentos por direito de exploração, entre outros; custos operacionais, que são a energia, utilitários, maquinário não durável, suprimentos de manutenção, treinamento de manutenção, apoio técnico, espaço físico, entre outros; e custos de gerenciamento de projeto, que constituem de pessoal, despesas viárias, viagens, treinamento, suporte para sistemas, etc.

A maioria dos projetos opera com recursos limitados, devido a isso, necessita-se de mais atenção e cuidado na hora de gerenciar os custos. No início do projeto é necessário fazer o nivelamento de recursos, que é um método para distribuir os custos uniformemente e alocar os recursos limitados para as atividades utilizando o tempo ocioso como variável. Ao decorrer do projeto podem acontecer desvios no orçamento, como por exemplo: Falta de funcionários qualificados, capacidade de tecnologia de equipamentos críticas, espaço físico e o próprio tempo. Devido a isso o gestor de custos deve ficar atento ao maior número de riscos possíveis e a probabilidade de eles afetarem o projeto (GALVÃO, 2011).

Gerenciar custos não é uma tarefa simples, pois os custos são dinâmicos. Novas despesas podem ser identificadas durante o projeto, bem como deixar de existir. A solução para isso é possuir uma estrutura de custos bem organizada, dessa forma pode-se mensurar as origens e destinos de cada custo. Ao se conhecer os próprios custos e mensurar as margens de lucro, a empresa pode se tornar mais competitiva no mercado sem correr grandes riscos. Uma gestão eficiente de custos dará a empresa uma posição vantajosa entre seus competidores e maior lucro em seus projetos (SOUZA, 2009).

2.3.3.1 Custo direto

Os custos diretos são os custos aplicados diretamente ao produto. Eles são facilmente identificados e quantificados. Os seus recursos serão necessários para a criação de um produto

ou realização de um serviço, dessa forma não é necessário a realização da divisão proporcional de despesas ou estimativas para identificá-las. São exemplos: mão de obra, custos de viagens da equipe, custos de insumos utilizados no projeto entre outros (GALVÃO, 2011).

2.3.3.2 Custos indiretos

Os custos indiretos são aqueles que não são facilmente identificados, muitas vezes devido a sua não relevância. Dessa forma para aplicá-los no produto precisa-se de algum critério de rateio. Essas despesas não estão diretamente ligadas ao projeto, mas devem ser acrescentados no custo final para que não afetem o orçamento inesperadamente e nem causem prejuízos (ROSALINO, 2004).

Para Galvão (2011, p. 39) os custos indiretos podem ser classificados em quatro tipos:

Custos administrativos, como salário da direção, despesas de representação, material de escritório, energia elétrica, entre outros; custos comerciais, que são incorridos na comercialização dos produtos da organização, tais como propaganda, assessoria técnica para vendas ou licitações, comunicações, patente, entre outros; custos tributários, que são decorrentes de disposições legais, os quais incluem tributos, impostos, taxas, emolumentos e tarifas, e; custos financeiros, que se referem ao custo do dinheiro, tais como juros, tomados por empréstimos.

Á análise de Galvão (2011) e Rosalino (2004) descreve que os custos indiretos devem ser incorporados no orçamento através estimativas e depois pelo rateio, mesmo podendo ter valores irrelevantes. A desconsideração dessas despesas comprometerá a gestão de custos, que não poderá ter relatórios reais de custos e lucros.

2.3.4 Gerenciamento de riscos

Durante a execução do projeto é comum se deparar com eventos aleatórios que podem contribuir positivamente ou negativamente para o projeto. Dessa forma é inegável que o planejamento desses eventos ajudará a evitá-los (negativo) ou potencializá-los (positivo). O gerenciamento de riscos irá aplicar métodos para identificar e determinar as ações que devem ser tomadas caso esse evento ocorra (BARCELLOS; PAIVA, 2009).

Barcellos e Paiva (2009, p.10) define o gerenciamento de risco como:

O seu propósito básico não é o de prever o futuro, mas o de examinar alternativas futuras, analisar o leque de escolhas, priorizá-las, optar por uma delas no sentido de minimizar ações incorretas e prever e prover meios e recursos necessários, no intuito de buscar a redução de incertezas, minimizando os riscos e os seus impactos.

Os riscos identificados devem ser internos ao projeto ou originados de flutuações monetárias. Riscos relacionados à sociedade, ao mercado bem como ao ambiente macro da empresa devem receber uma aceitação passiva (automaticamente aceitos sem análise ou sem uma resposta prevista). Além de se ter um monitoramento e controle a novos riscos, que não foram identificados previamente (GALVÃO, 2011).

Analisar e controlar eventos de risco ao projeto é uma função que contribui para o projeto, bem como a gestão do mesmo. Além de contribuir para o processo de melhoria contínua do produto ou serviço. Sendo assim o Gerenciamento de riscos é fundamental para o sucesso do projeto (BARCELLOS; PAIVA, 2009).

2.3.4.1 Definição de Risco

Barcellos e Paiva (2009, p.10) define o risco como:

O risco é um evento ou condição incerta que terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um ou mais objetivos do projeto. As práticas deficientes de gerenciamento, a falta de sistemas de gerenciamento integrados, a execução de vários projetos simultâneos sem planejamento, são aspectos que podem contribuir para a existência de riscos em um projeto.

As pessoas se deparam com riscos diariamente, e mesmo passando por essas situações no dia a dia, a cultura mostra medo de encarar-los. A palavra risco está ligada a incertezas, a eventos futuros incertos, mas também pode ser entendida como a falta de informação sobre um acontecimento futuro. Dessa forma ao finalizar o objetivo, o custo, o cronograma e o escopo do projeto, deve-se analisar e identificar os possíveis riscos em cada etapa planejada. Utilizando-se dessa estratégia o gerente de projeto pode se preparar para os possíveis eventos positivos ou negativos (SCHNEIDER, 2014).

2.3.4.2 Riscos na Construção Civil

Na construção civil os riscos nascem e morrem em uma base temporal diária, faz-se imprescindível que as empresas de engenharia façam a gestão desses riscos para que não falhem em atingir seus prazos, custos estimados ou mesmo o escopo abordado. Na construção civil os riscos mais frequentes são normalmente ignorados ou simplesmente é considerado adicionando um percentual sobre o custo total estimado. Essa solução não é eficaz, já que os projetos da construção civil vêm ganhando complexidades, além das do projeto, a alta competitividade no mercado faz com que as construtoras tenham margens de lucro apertadas,

e devido a isso torna-se necessário o uso de metodologias de gerenciamento de riscos que façam frente às novas demandas do mercado (QUEIROZ *et al.*, 2003).

2.3.4.3 Metodologias para análise de riscos

A identificação de riscos é feita através de abordagens histórica e paramétrica dos mesmos. Com a necessidade de estimar o impacto e controlar as interações de novos riscos dentro de uma estrutura de gerenciamento, vem se tornando usual novos métodos de identificação de riscos. Dois exemplos desses métodos são as Redes Neurais e o Método de Monte Carlo (PINTO, 2017).

2.3.4.3.1 *Redes Neurais*

As Redes Neurais Artificiais é um procedimento usual na solução de problemas. Ela se inicia por uma fase de aprendizagem, em que um conjunto de exemplos é inserido na rede, que extrai automaticamente dos mesmos as características necessárias para representar a informação fornecida. Essas características são utilizadas para gerar respostas a problemas com características similares às dos exemplos. Após um tempo de uso o sistema mapeia as relações de entrada e saída de informações e vai tornando o sistema mais efetivo no qual ele passa a extrair informações não apresentadas de forma explícita dos exemplos apresentados a ela. As Redes Neurais Artificiais são sistemas já utilizados no nosso dia a dia, como exemplo o Google. Ele vai analisando os produtos buscados pelo usuário e começa a fazer anúncios ao mesmo com produtos iguais ou similares aos buscados. Já no setor da engenharia o uso ainda é inicial, na engenharia de transportes ela é utilizada para o planejamento de tráfego urbano (BOCANEGRA, 2002).

As Redes Neurais Artificiais, como apresentado por Bocanegra (2002), precisa de um exemplo similar para conseguir apresentar uma solução para o evento. Queiroz *et al.* (2003) afirma que na construção civil os riscos vão se tornando mais complexos com o tempo e possuem grande variação. A partir dessas informações podemos concluir que a aplicação das Redes Neurais Artificiais na construção civil será complexa, já que o sistema precisará de um exemplo similar para conseguir apresentar uma solução ao evento. Para que funcione, o gestor de projetos deverá abastecer regularmente a rede neural com novos eventos, e ela se tornará efetiva com o tempo.

2.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

A simulação de Monte Carlo surgiu através da ideia de solucionar problemas complexos envolvendo múltiplas variáveis e iterações. Trata-se de uma técnica de gerenciamento de risco e um modelo de simulação probabilístico, a qual seu objetivo é descrever e avaliar o comportamento de um sistema analisado diante de fatores externos circunstanciais dentro de um cenário hipotético, auxiliando o controle do projeto e sua implantação, além de possibilitar o estudo de desempenho com a interação com outros sistemas (PINTO, 2017).

O termo que dá nome ao método se originou em homenagem às atividades de natureza repetitiva e aleatória que aconteciam dentro dos cassinos de Monte Carlo em Mônaco (PAULA, 2014). O método é utilizado há vários anos, e é considerada uma forma eficiente de obter aproximações numéricas de funções complexas.

O primeiro trabalho realizado com o método de Monte Carlo surgiu em 1947 através do empenho dos matemáticos Jon Von Neumann e Stanislaw Ulam. Os pesquisadores avaliaram a possibilidade de realizar simulações computacionais em uma parte do projeto Manhattan, na Segunda Guerra Mundial. O processo procurava avaliar o comportamento do sistema probabilístico na construção da bomba atômica envolvendo o coeficiente de difusão de nêutrons em certos materiais (PAULA, 2014).

Desta forma, o Método de Monte Carlo é uma técnica utilizada para simular fenômenos probabilísticos por meio da geração de números randômicos atribuídos as variáveis independentes simulando cenários e possíveis resultados, também aleatórios, das variáveis dependentes e posterior cálculo da probabilidade de determinado valor esperado (PINTO, 2017, p. 35).

Atualmente, graças à evolução tecnológica e ao desenvolvimento de cálculo computacional, a simulação de Monte Carlo é utilizada em diversas áreas profissionais, se distanciando da ideia de ser uma disciplina exclusiva dos cursos relacionados a administração, e pode ser observado em áreas principalmente de tecnologia da informação e do setor de engenharia (PAULA, 2014).

2.4.1 O Método

A análise de viabilidade de projetos é uma das fases mais difíceis de serem realizadas durante o início da implementação de um projeto. Essa dificuldade tem sua explicação dada através da complexidade de variâncias dentro do mercado mesmo com indicadores e dados

históricos. O método de Monte Carlo permite a transformação desses dados determinísticos para dados probabilísticos, tornando os problemas analisados como mais fáceis de serem compreendidos e avaliados dentro dos limites dos eventos propostos (LIMA *et al.*, 2008).

Para que uma organização possa avaliar a ocorrência de eventos em seus projetos, é necessária a realização de uma coleta de dados históricos que orientarão o direcionamento do comportamento da análise, garantindo os limites e bases empíricas para o método de Monte Carlo e tornando a análise mais realista quanto a simulações de situações futuras (PAULA, 2014).

Os parâmetros de dados empíricos, os chamados indicadores, são ferramentas úteis nessa etapa de planejamento do projeto e necessários para a simulação. Baseando-se no trabalho do Congresso Nacional de Excelência em Gestão (2008), sobre viabilidade econômica de Projetos utilizando o método de Monte Carlo, podemos citar alguns indicadores importantes e suas atribuições em termos simples como (LIMA *et al.*, 2008):

1. Payback: Conhecido como o primeiro indicador a ser avaliado em um projeto devido a sua importância para investidores dentro do tempo de investimento do projeto, é definido como prazo de retorno de investimento aplicado sobre certo projeto. Pode ser expressado tanto considerando o custo de capital ao longo do período do projeto quanto o desconsiderando.

2. TIR ou Taxa Interna de retorno: Segundo Assaf Neto (2014) pode ser descrita como a taxa de desconto de capital que se equivale em determinado momento com o fluxo de caixa (entradas e saídas). Pode-se afirmar que a TIR “representa a rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros composta equivalente periódica” (ASSAF NETO, 2014, p. 379).

3. Valor Presente Líquido: Representa diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos em caixa e o valor presente de investimento, ou seja, os resultados positivos e negativos do fluxo em caixa em determinado período. Essa taxa de desconto indica o risco empregado ao investir no projeto, sendo positivo para projetos de baixo risco (ASSAF NETO, 2014).

Segundo Muller (2008) realizar de forma adequada o método de Monte Carlo para otimização de um processo são necessárias três etapas de desenvolvimento:

1. Estabelecimento de populações de interesse, ou seja, um grupo de amostragem que compartilha da mesma característica de interesse.

2. Obter amostras e calcular as estatísticas de interesse. Essas amostras seriam adquiridas através de sequências de números aleatórias utilizando algum gerador. Vale

ressaltar que os geradores criam números aproximados dos números verdadeiramente aleatórios, sendo pseudoaleatórios, criando estatísticas próximas à realidade, porém não fidedignas.

3. Realizar a criação de uma distribuição probabilística a qual corresponderá às variáveis aleatórias obtidas nas outras duas etapas. Essa distribuição pode ser representada por um histograma de variáveis. Alguns dos tipos de distribuições de probabilidade mais usados podem ser vistos através da figura 5.

Figura 5 - Tipos de distribuição de probabilidades



Fonte: PINTO apud Assaf (2003, p. 43)

As atribuições das distribuições citadas e suas vantagens podem ser descritas como:

Triangular: Possui como parâmetros valor mínimo, valor máximo e resultado mais provável no cenário proposto. Um exemplo de utilização é a estimativa de custos e duração de atividades em um ambiente, e que não tenha acesso a grandes registros históricos de dados, sendo uma distribuição conservadora (PINTO, 2017).

Uniforme: Possui como parâmetros apenas valor máximo e valor mínimo. A probabilidade de ocorrência de certa incerteza é igual em todo seu período. Um exemplo seria a chance de acertar os números da loteria (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

Lognormal: Possui como parâmetros: médias históricas e o desvio padrão da ocorrência de certa incerteza. Esse tipo de distribuição é muito utilizado para determinação do tempo de vida de produtos de materiais (MORETTIN; BUSSAB, 2010).

2.4.2 Fórmulas

Simplificadamente, o método de Monte Carlo envolve a estipulação do valor de interesse através de uma variável aleatória. Assim sendo, a partir da resolução proposta por Rodrigues e Soares (2005), na criação hipotética de uma função de distribuição acumulada T de uma variável aleatória X , pode-se gerar uma quantidade de amostras n representadas por (x_1, x_2, \dots, x_n) , podendo-se visualizar na expressão (1):

$$Xi = T^{-1}(ci) \quad (1)$$

Sendo, $ci =$ número aleatório $\in [0,1]$

O coeficiente de correlação ci será uma ferramenta a ser utilizada para determinar se as variáveis geradas pela fórmula estarão dentro do possível evento, tendo valor igual a 1, ou não, tendo valor igual a 0. A partir disso podemos gerar a função densidade de probabilidade da variável x aplicando os conhecimentos ligados ao Teorema da Transformação Integral através da seguinte expressão (2) (RODRIGUES; SOARES, 2005):

$$Tx(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} Tx(x)dx \quad (2)$$

A tendência estipulada pela fórmula é de que para um maior número de pontos utilizado para a amostragem, maior será a aproximação do real valor buscado pelo problema. Para estimar a probabilidade da ocorrência de um evento por meio de uma simulação pode-se usar a chamada frequência relativa, descrita como a razão entre o número de aparecimentos da variável analisada dentro dos limites de um evento Q e o número total de ocorrências da mesma variável durante toda a simulação. A expressão pode ser descrita por (3) (RODRIGUES; SOARES, 2005):

$$fQ = \frac{nQ}{n} \quad (3)$$

Para melhor entendimento, é possível realizar um simples exemplo numérico para estimar o valor de π através do método de Monte Carlo (RODRIGUES; SOARES, 2005).

2.4.3 Exemplo numérico

Identificando a área aproximada de um círculo dentro de um polígono quadrilátero utilizando o método de Monte Carlo utilizando o software livre Geogebra.

Supõe-se que exista um círculo com raio igual a 1, assim teremos, a partir da fórmula de circunferência(C), que a área deste círculo terá o valor de π . Portanto possui-se como equação formadora do círculo a expressão (4) (PAULA, 2014):

$$x^2 + y^2 \leq 1 \quad (4)$$

E tem-se como resultado da fórmula da área da circunferência a expressão (5):

$$C = \pi \times r^2 = \pi \times 1^2 = \pi \quad (5)$$

Esse círculo se encontra dentro da área de um polígono quadrilátero de lado igual a 2 e área igual a 4. Admitindo que um vetor aleatório $P(x,y)$ seja distribuído uniformemente dentro da área total, centrado na origem, pode se identificar a probabilidade deste ponto estar contido dentro da área do círculo, e, assim, determinar uma aproximação do valor real da área, através a equação (6). Portanto para estimar o valor de π , conforme a expressão (8), a partir do desenvolvimento da equação (7) (PAULA, 2014):

$$\frac{\text{Área da circunferência}}{\text{Área do polígono}} = \frac{\text{Número de pontos dentro da circunferência}}{\text{Pontos Totais}} \quad (6)$$

Então,

$$\text{Área da circunferência} = \text{Área do polígono} * \frac{\text{Número de pontos dentro da circunferência}}{\text{Pontos totais}} \quad (7)$$

Substituindo pelos valores numéricos tem-se,

$$\pi = 4 * \frac{\text{Número de pontos dentro da circunferência}}{\text{Pontos totais}} \quad (8)$$

Para efetuar a simulação é preciso realizar a geração de números pseudoaleatórios para geração de coordenadas x e y através das listas de números $listax$ e $listay$, limitando a geração dessas coordenadas para dentro da área do polígono analisado, sendo assim o limite seria $[-1,1]$, e utilizando o cursor p , que gera valores de 1 a 5000. Esses números então foram transformados em pontos dentro do gráfico utilizando a $listap$, aplicando tais coordenadas de forma gráfica (PAULA, 2014).

Então para diferenciar os pontos que estão dentro e fora da circunferência utilizando a lista c para transformar as coordenadas dos vetores dentro da circunferência em valor de 1, enquanto que as coordenadas que estão de fora foram caracterizadas com o valor de 0. As listas seguintes, $listad$ e $listaf$, foram responsáveis por caracterizar os pontos através das cores: verde, para as coordenado dentro da circunferência, e amarelo, para as coordenadas de fora (PAULA, 2014).

A partir desses valores foram contados os pontos que se encontram dentro da circunferência e mostrados através do valor $N1$. O valor epi é tido como representação para o resultado da simulação a fim de adquirir a aproximação do valor de π (PAULA, 2014).

Para melhor interpretação dos dados foi estipulado um intervalo de confiança de proporção populacional utilizando 99,9% de confiança e uma porcentagem do erro do

Para que o espaço de uma empresa de construção seja mantido em um mercado competitivo será fundamental o controle da qualidade, o controle de riscos e o controle de custos dos seus projetos, pois isso trará o seu diferencial diante do crescimento e surgimento de novas empresas durante os anos (DEBONI, 2010).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DEFINIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A pesquisa foi realizada no município de Anápolis/GO, que é caracterizado por apresentar um grande número de construtoras atuantes no mercado.

Para a análise empreendimento, escolheu-se uma empresa com foco em obras privada. A escolha se deu baseado que a mesma apresentar organização e disponibilidade para o fornecimento dos dados necessário para o desenvolvimento do estudo. Tendo em vista que, para esta pesquisa foi adotado um cronograma de um empreendimento de uma casa de alto padrão, com suas respectivas datas, para análise dos riscos de atraso, fez-se ainda necessários à obtenção do tempo de execução mínimos, prováveis e máximos para as atividades do cronograma estudado, que por sua vez, foram obtidos através de entrevista com o engenheiro responsável da obra.

3.2 METODOLOGIA

A esquemática da estruturação do problema se desenha através da definição de 3 cenários e suas respectivas possibilidades de acontecer. A partir desse passo é possível delinear o estudo e comparar as simulações executadas com o cronograma executado e verificar-se a eficácia do método.

3.3 COLETA DE DADOS

No primeiro momento, realizaram-se encontros com o engenheiro responsáveis pela obra, de modo a conhecer o cronograma e os dados disponíveis.

Posteriormente, dividiu-se o cronograma e coletaram-se os dados pertinentes ao tempo de execução de cada atividade. Os mesmos utilizaram-se para obtenção dos valores de tempo de execução mínimo, mais provável e máximo para cada atividade. Divisão que tem como base 3 pilares:

1. No qual se atrasou a execução da construção;
2. No qual se adiantou os serviços que possuem o maior impacto no cronograma;
3. No qual se adiantou os serviços que são mais custosos em relação à porcentagem do orçamento.

3.4 TRATAMENTO DE DADOS

Nessa etapa foi realizada uma planilha contendo as variações entre o cronograma estimado e executado. Isso facilitou o entendimento da linha crítica do mesmo para que os cenários criados não fossem iguais ou próximos.

Para o objetivo proposto nessa pesquisa, a variável considerada foi apenas o tempo de execução de cada atividade que compõe o cronograma. Esses dados foram ajustados a partir de uma distribuição de probabilidade triangular, e posteriormente, foram modelados na planilha original, a partir das funções do *software* de simulação de riscos *Primavera Risk Analysis*.

3.5 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Essa etapa constitui o processo de experimentação com um projeto real para realização de uma simulação utilizando-se de um método matemático para melhor definição de escolhas e minimização de riscos. A ausência desse método em rotinas de planejamento poderá causar divergências entre projetos previstos e executados, já que, dado a falta de previsões, possibilita somente um cenário resultante médio. As etapas seguidas para realização deste trabalho foram:

- 1- Contruiu-se uma base de dados contendo o tempo de execução de cada atividade em dias dentro do projeto previsto, determinando suas dependências entre si.
- 2- Foram estipulados limites para variações no tempo de execução de atividades.
- 3- Executou-se a simulação em si.

O modelo proposto foi realizado utilizando 50000 iterações para geração de um gráfico de distribuição de probabilidade triangular, que demonstra a possibilidade de ocorrência de possíveis valores finais, dispondo-se dados das atividades com as durações mais prováveis, mínimas(otimistas) e máximas(pessimistas). Para realização desse estudo foram utilizados cópias licenciadas dos programas *Microsoft Excel 2010* e *Primavera Risk Analysis* versão 8.7.0056, respectivamente produtos das empresas Microsoft e Oracle.

3.6 MEDIDAS DE SENSIBILIDADE

Durante a execução de um cronograma é necessário a criação de um método para aferir os caminhos que possuem atividades críticas, ou seja, atividades que “imperam” para a

definição do prazo final do cronograma do projeto. Para satisfação desta necessidade há o método do caminho crítico citado por Mattos(2010).

Essa é a seqüência de atividades que comanda o projeto do ponto de vista de tempo, é importante identificar o caminho crítico porque um atraso nele fatalmente significa um atraso no prazo de conclusão.(Mattos, 2010, p.153).

Todavia, segundo Centeno(2018), durante a execução de uma simulação de Monte Carlo é observável que vários caminhos críticos podem ocorrer, expondo uma falha nesse aspecto, por esta razão é necessário o uso de criticidade ou crucialidade, definindo assim o índice de criticidade, termo que define a probabilidade de uma atividade se tornar crítica dentro de um cronograma. A equação para adquirir os valores do índice pode ser visto na equação (9).

$$\text{índice de criticidade} = \left(\frac{\text{Quantidade de repetições de caminhos críticos}}{\text{Quantidade de iterações}} \right) \times 100\% \quad (9)$$

Outra medida de sensibilidade citada por Centeno(2018) é o uso do índice de Crucialidade, que mede o impacto de um serviço na duração total de um projeto, o qual é dependente de outra medida chamada sensibilidade de duração, que mede a correlação entre a duração de uma atividade com a duração do projeto por inteiro. A fórmula para definir o índice de Crucialidade pode ser definida pela fórmula (10).

$$\text{índice de Crucialidade} = \text{sensibilidade de duração} \times \text{índice de criticidade} \quad (10)$$

3.7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi realizada uma amostra inicial utilizando-se dos dados obtidos da previsão de execução da obra, observáveis no cronograma físico-financeiro no Apêndice A deste trabalho, e estipulado um limite de atraso e adiantamento da execução das tarefas em 15 dias, determinando assim o alcance para a geração de números aleatórios, a planilha de dados resultante na distribuição de dias pode ser observada na tabela 1. Esses dados, por sua vez, foram inseridos no programa *Primavera Risk Analysis* como visto na figura 7.

Tabela 1 - Distribuição de dias para realização da primeira simulação

DISTRIBUIÇÃO DE DIAS-AMOSTRA INICIAL			
SERVIÇOS	Mínimo	Mais Provável	Máximo
CANTEIRO DE OBRAS	45	60	75
COBERTURA	105	120	135
ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	105	120	135
FUNDACÕES E ESTRUTURAS	165	180	195
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE A	45	60	75
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE B	45	60	75
INSTALAÇÃO ELÉTRICA/ELETRIFICAÇÃO E ILUMINAÇÃO EXTERNA	225	240	255
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	45	60	75
INSTALAÇÕES HIDRO SANITÁRIAS	225	240	255
LIGAÇÕES PREDIAIS ÁGUA/ESGOTO/ENERGIA/TELEFONE	105	120	135
MOVIMENTO DE TERRA	45	60	75
PAREDES/PAINÉIS	165	180	195
PAVIMENTAÇÃO	105	120	135
PINTURAS	105	120	135
PISOS	285	300	315
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	165	180	195
SERVICOS PRELIMINARES	45	60	75
SERVICOS TÉCNICOS	45	60	75
URBANIZAÇÃO	105	120	135
ARRIMO E DRENOS	105	120	135
MURO	165	180	195

Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 7 - Parâmetros determinados e inseridos no programa Primavera Risk Analysis

ID	Description	Remaining Duration	Apr '20					May '20					Minimum Duration	Most Likely	Maximum Duration
			23	30	6	13	20	27	4	11	18	25			
A0002	CANTEIRO DE OBRAS	60											45	60	75
A0003	COBERTURA	120											105	120	135
A0005	ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	120											105	120	135
A0006	FUNDACÕES E ESTRUTURAS	180											165	180	195
A0008	IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE A	60											45	60	75
A0009	IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE B	60											45	60	75
A0010	INSTALAÇÃO ELÉTRICA/ELETRIFIC...	240											225	240	255
A0011	INSTALAÇÕES ESPECIAIS	60											45	60	75
A0012	INSTALAÇÕES HIDRO SANITÁRIAS	240											225	240	255
A0013	LIGAÇÕES PREDIAIS ÁGUA/ESGOT...	120											105	120	135
A0014	MOVIMENTO DE TERRA	60											45	60	75
A0015	PAREDES/PAINÉIS	180											165	180	195
A0016	PAVIMENTAÇÃO	120											105	120	135
A0017	PINTURAS	120											105	120	135
A0018	PISOS	300											285	300	315
A0019	REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE ...	180											165	180	195
A0020	SERVICOS PRELIMINARES	60											45	60	75
A0021	SERVICOS TÉCNICOS	60											45	60	75
A0022	URBANIZAÇÃO	120											105	120	135
A0023	ARRIMO E DRENOS	120											105	120	135
A0024	MURO	180											165	180	195

Fonte: Próprios Autores (2021)

Para realização do calendário do cronograma imposto no projeto previsto, o início da execução da obra analisada dessa obra a partir do dia 27 de Abril de 2020 e com um final determinístico em 29 de outubro de 2021, considerando feriados e finais de semana como folgas. Além disso, foram considerados como folgas no cronograma os períodos de paralisação das obras civis devido à pandemia ocorrida durante os anos 2020 e 2021.

Em paralelo à colocação de dados no programa, foram criados cenários para simulações baseadas nos dados obtidos da simulação da amostra inicial. A criação de cenários

permite a observação de eventos possíveis pessimistas e otimistas dentro de um histórico de projetos. Para este estudo, os cenários foram definidos de acordo com o quadro 1.

Quadro 1 - Criação de cenários

Criação de Cenários	
Cenário 1	No cenário 1 foi realizada uma suposição de atraso de 7 dias nas atividades referentes à execução da obra. Esse cenário representa a possibilidade de intempéries ambientais externos normalmente encontrados durante a realização de projetos como períodos de chuva.
Cenário 2	O cenário 2 é uma simulação positiva de adiantamento em 7 dias das atividades que mais impactam na duração total do projeto de acordo com o índice de crucialidade encontrado na simulação da amostra inicial.
Cenário 3	O cenário 3 se trata de um simulação onde as atividades mais custosas para o projeto inteiro são adiantadas em 7 dias baseando-se na representatividade percentil de tal diante do valor total do orçamento.

Fonte: Próprios Autores (2021)

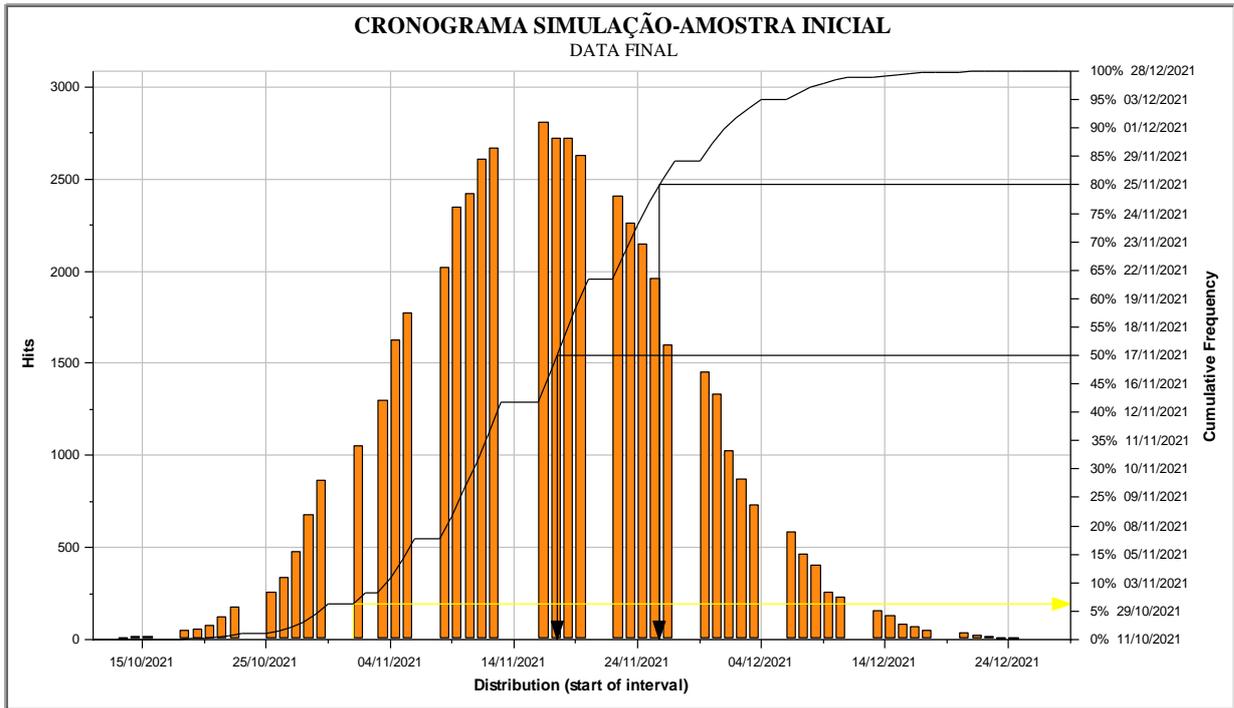
Após a realização da simulação da amostra inicial de dados, pode-se observar como resultado as figuras 8 e 9 de distribuição triangular, respectivamente referentes a possível data final do projeto e a quantidade de dias, tanto dias úteis quanto folgas no calendário proposto, até a finalização da obra.

As figuras 8 e 9 dos gráficos de distribuição possuem duas ordenadas:

1. “Hits”, que representa a quantidade de “acertos”, que foram gerados para determinado resultado depois realização de 50000 iterações, ou seja, seria a quantidade de iterações que deram como produto um valor específico.
2. “Cumulative Frequency” ou frequência acumulada, medida em porcentagem, a cada cinco unidades percentis, que demonstra a quantidade de vezes que um respectivo valor, ou valores menores, aparecem durante a simulação.

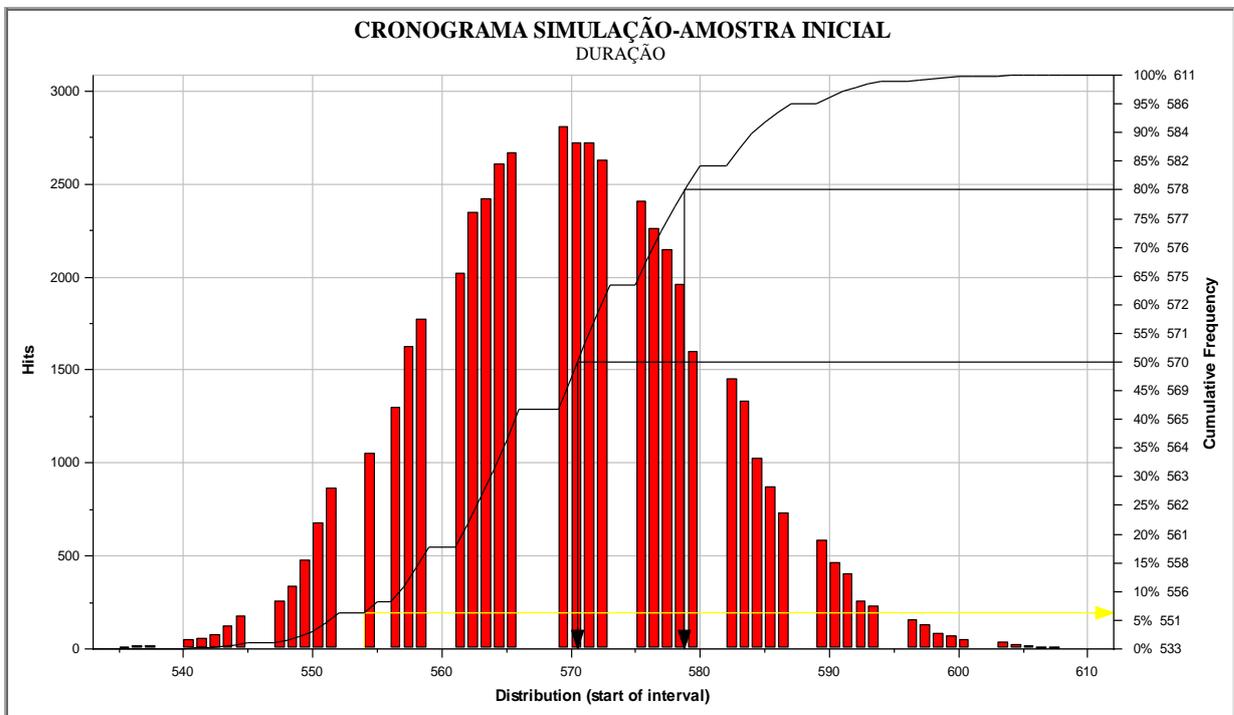
Além disso, as figuras 8 e 9 dos gráficos possuem uma abscissa referente ao intervalo de resultados possíveis dentro da estipulação proposta. Nesse estudo, os valores menores à esquerda são otimistas, garantindo um término mais cedo do que o previsto, e os valores maiores à direita representam uma visão pessimista, com o término da obra ocorrendo mais tarde que o previsto.

Figura 8 – Gráfico de distribuição triangular da Amostra Inicial referente à Data final do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 9 – Gráfico de distribuição triangular da Amostra Inicial referente à duração total com folgas do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

A partir das figuras 8 e 9, é possível observar que a possibilidade de a obra ser finalizada dentro do prazo determinado na previsão original é de 6%, simbolizada pela seta amarela. Com as variâncias estabelecidas nessa amostra inicial para as atividades do projeto, fica estabelecida uma probabilidade de 50%, pelas figuras 8 e 9 através das setas pretas, um prazo dentro 570 dias totais para execução do projeto, apresentando um atraso de 19 dias em relação aos 551 dias previstos anteriormente.

Após a simulação inicial ser gerada, foram executadas análises de medidas de sensibilidade. A figura 10 demonstra as quinze maiores atividades líderes para determinação do prazo total avaliando a sensibilidade de duração enquanto as figuras 11 e 12 apresentam, respectivamente, as atividades com maior criticidade e maior crucialidade.

Figura 10 - Gráfico de tornado sobre índice de Sensibilidade de duração

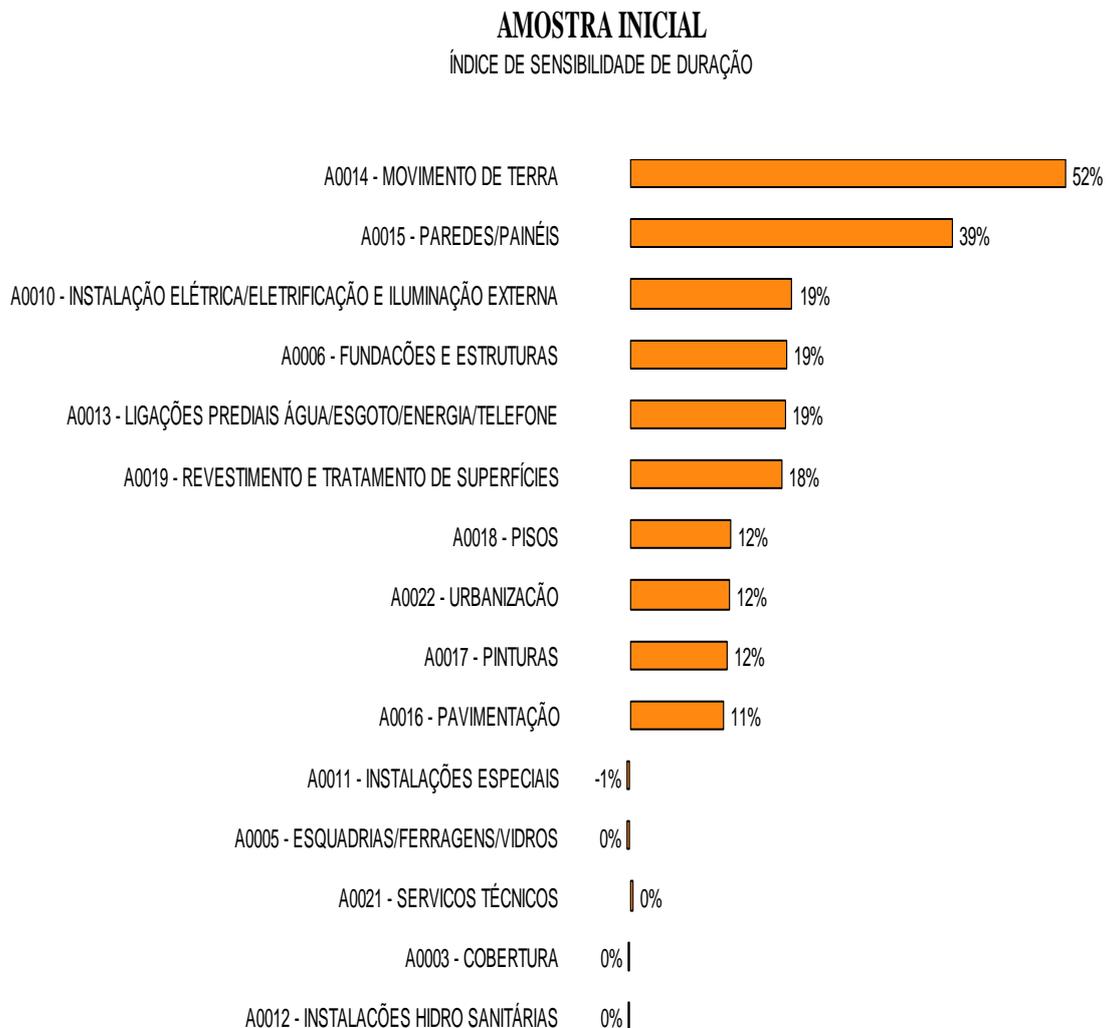
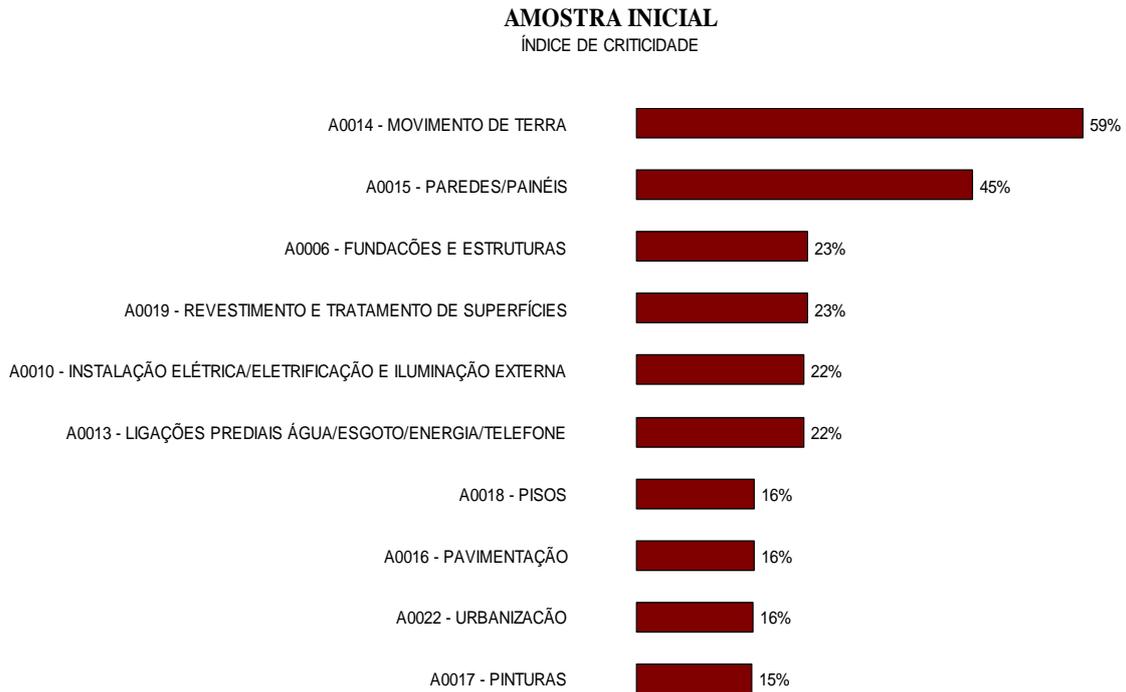
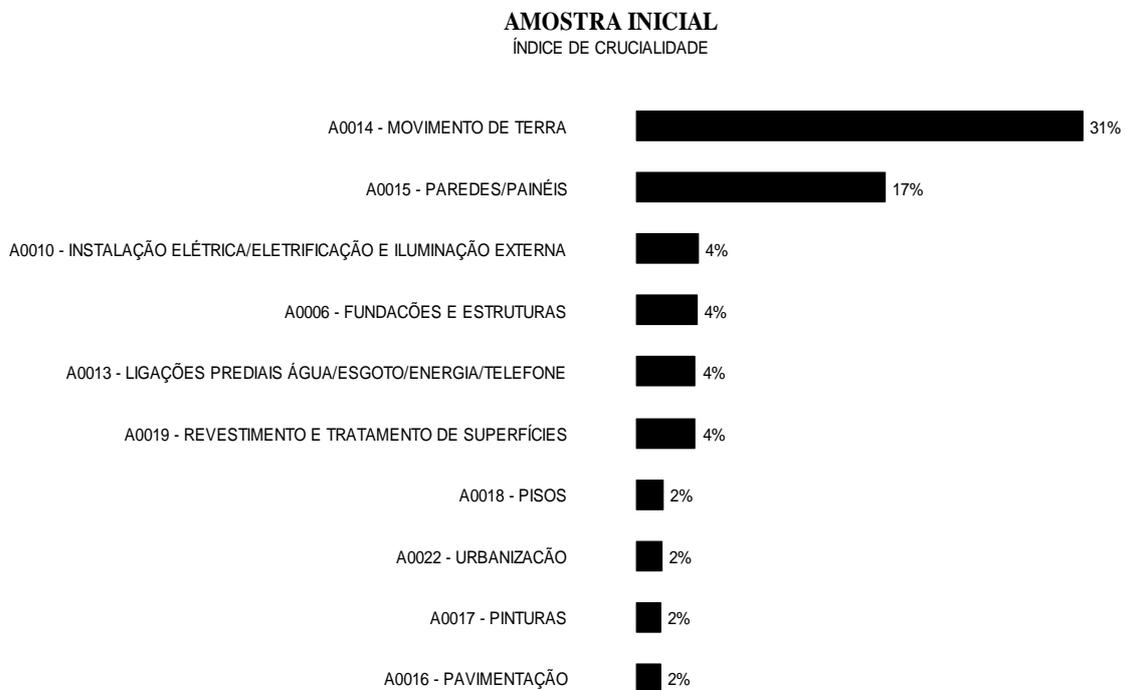


Figura 11 - Gráfico de tornado sobre índice de Criticidade

Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 12 - Gráfico de tornado sobre índice de Crucialidade

Fonte: Próprios Autores (2021)

Através da figura 12 é possível visualizar a disposição das atividades que mais impactam na duração do projeto e participantes da maioria dos caminhos críticos gerados. Observa-se que as atividades “Movimento de terra”, com 31% de impacto, e a execução de “Paredes/Painéis”, com 17% de impacto, são as que mais impactam a duração do projeto.

3.7.1 Cenário 1

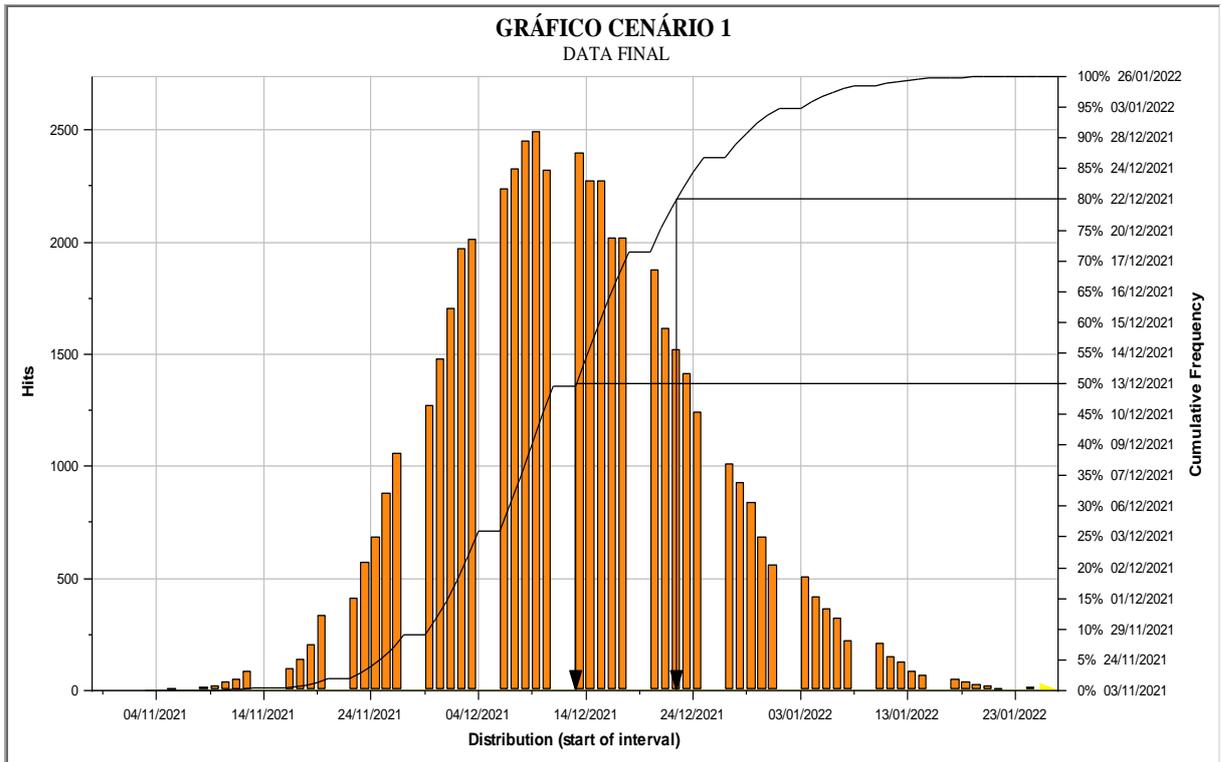
O cenário 1 mostra uma situação pessimista de atraso, adicionando sete dias a mais na duração mais provável para as atividades pertencentes à execução da obra. A distribuição de dias pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição de dias para realização do Cenário1

DISTRIBUIÇÃO DE DIAS-CENÁRIO 1			
SERVIÇOS	Mínimo	Mais Provável	Máximo
CANTEIRO DE OBRAS	45	60	75
COBERTURA	112	127	142
ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	112	127	142
FUNDACÕES E ESTRUTURAS	172	187	202
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE A	52	67	82
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE B	52	67	82
INSTALAÇÃO ELÉTRICA/ELETRIFICAÇÃO E ILUMINAÇÃO EXTERNA	232	247	262
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	52	67	82
INSTALACÕES HIDRO SANITÁRIAS	232	247	262
LIGAÇÕES PREDIAIS ÁGUA/ESGOTO/ENERGIA/TELEFONE	112	127	142
MOVIMENTO DE TERRA	52	67	82
PAREDES/PAINÉIS	172	187	202
PAVIMENTAÇÃO	112	127	142
PINTURAS	112	127	142
PISOS	292	307	322
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	172	187	202
SERVICOS PRELIMINARES	45	60	75
SERVICOS TÉCNICOS	45	60	75
URBANIZAÇÃO	112	127	142
ARRIMO E DRENOS	112	127	142
MURO	172	187	202

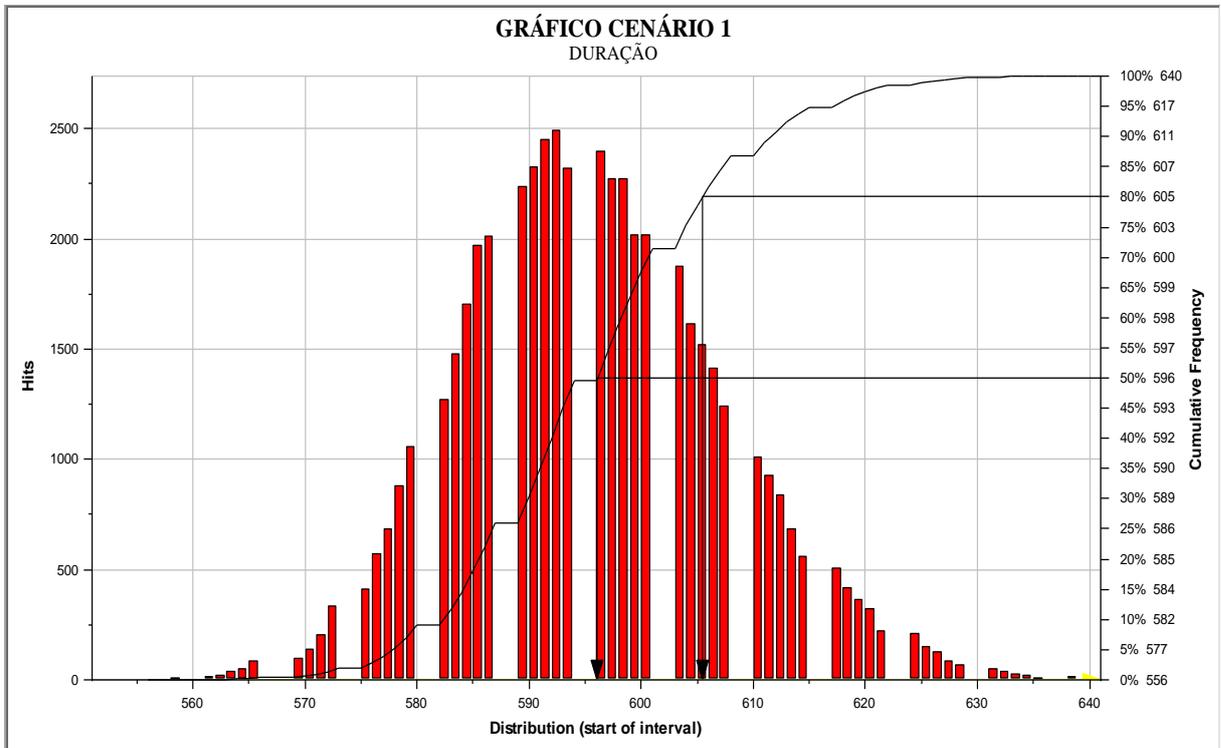
Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 13 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 1 referente à Data final do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 14 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 1 referente à duração total com folgas do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

As figuras 13 e 14 demonstram gráficos com uma possibilidade de atraso da obra ainda maior que a encontrada na amostra inicial, com apenas uma probabilidade menor do que 1% da execução ocorrer dentro do prazo previsto no projeto. Existe, neste cenário, a chance de 50% de que a obra tenha a duração de 596 dias, sendo finalizada no dia 13 de dezembro de 2021, totalizando uma variação de 26 dias para o mesmo nível de probabilidade na amostra inicial.

3.7.2 Cenário 2

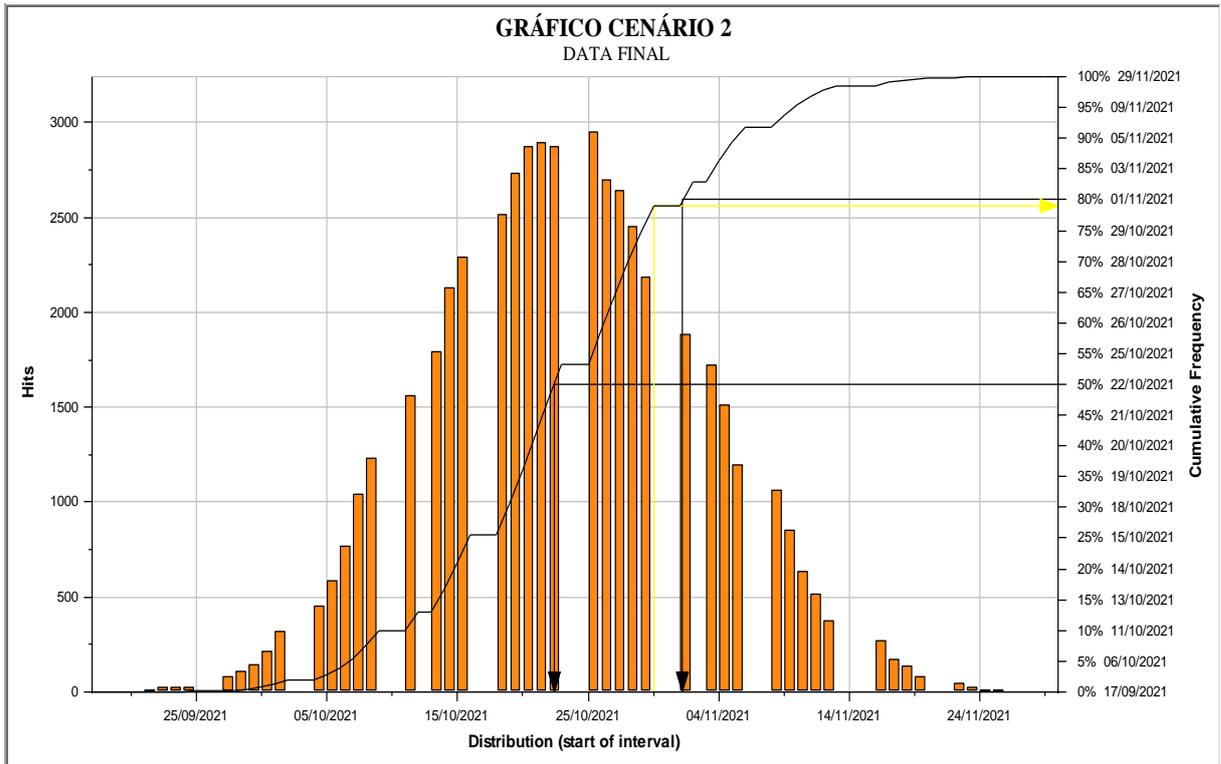
O cenário 2 apresenta uma situação positiva de execução do projeto nesse estudo. Baseando-se no índice de crucialidade e com o objetivo de garantir o prazo previsto, foram retirados sete dias da duração prevista para as atividades de maior impacto, cuja distribuição é visível na tabela 3 para a duração total.

Tabela 3 - Distribuição de dias para realização do Cenário 2

DISTRIBUIÇÃO DE DIAS-CENÁRIO 2			
SERVIÇOS	Mínimo	Mais Provável	Máximo
CANTEIRO DE OBRAS	45	60	75
COBERTURA	105	120	135
ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	105	120	135
FUNDACÕES E ESTRUTURAS	158	173	188
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE A	45	60	75
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE B	45	60	75
INSTALAÇÃO ELÉTRICA/ELETRIFICAÇÃO E ILUMINAÇÃO EXTERNA	218	233	248
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	45	60	75
INSTALACÕES HIDRO SANITÁRIAS	225	240	255
LIGAÇÕES PREDIAIS ÁGUA/ESGOTO/ENERGIA/TELEFONE	98	113	128
MOVIMENTO DE TERRA	38	53	68
PAREDES/PAINÉIS	158	173	188
PAVIMENTAÇÃO	98	113	128
PINTURAS	98	113	128
PISOS	278	293	308
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	158	173	188
SERVICOS PRELIMINARES	45	60	75
SERVICOS TÉCNICOS	45	60	75
URBANIZAÇÃO	98	113	128
ARRIMO E DRENOS	105	120	135
MURO	165	180	195

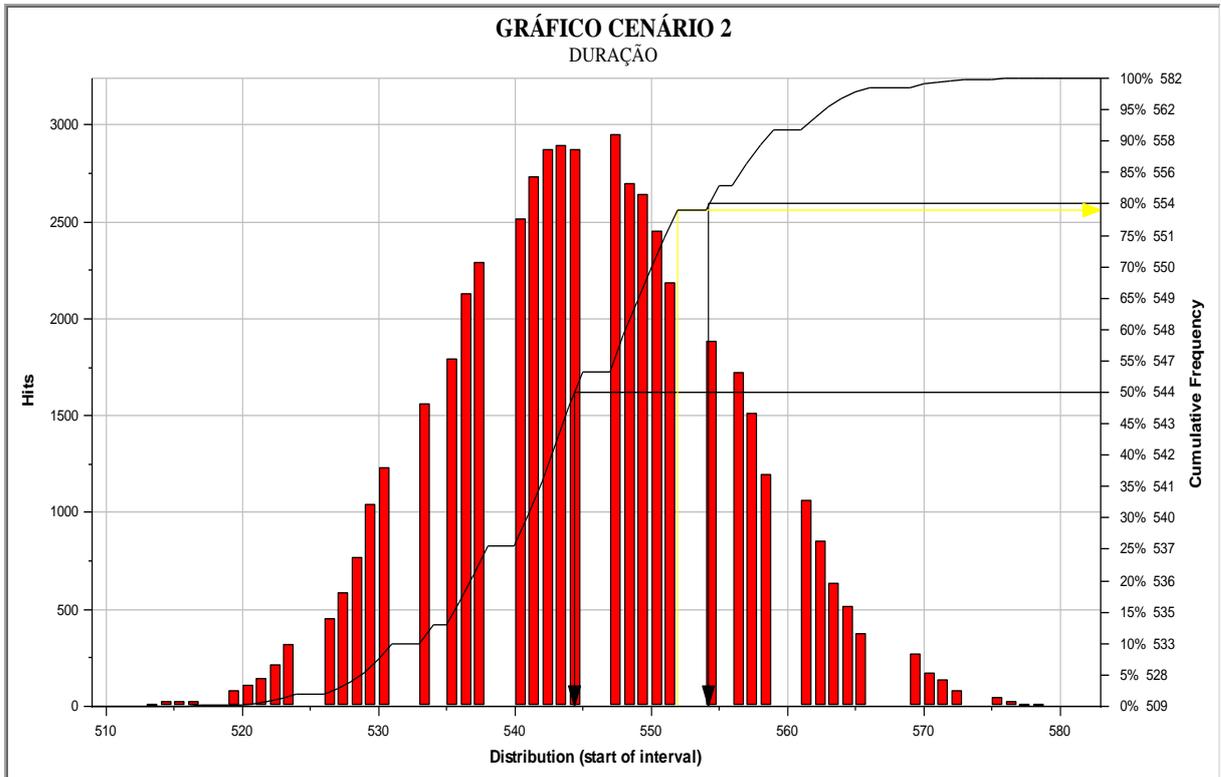
Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 15 - Gráfico de distribuição triangular do Cenário 2 referente à Data final do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 16 - Gráfico de distribuição triangular do Cenário 2 referente à duração total com folgas do projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

Observa-se no cenário 2, diante as distribuições das figuras 15 e 16, a maior probabilidade da duração original prevista ser cumprida, com 79% de chance da execução ser executada dentro do prazo e apenas 21% de chance de seu término ocorrer após o dia 29 de outubro de 2021. O cenário 2 demonstra uma variação de 26 dias para uma situação de probabilidade 50% em comparação com a distribuição da amostra inicial, encerrando no dia 22 de outubro de 2021.

3.7.3 Cenário 3

O cenário 3 possui o mesmo objetivo do cenário 2, construindo uma situação otimista quanto ao prazo adiantando em sete dias as atividades selecionadas, porém, nesse caso, diferente do cenário 2, os dez serviços foram selecionados a partir da contribuição do seu valor em reais para o custo total da obra, observáveis na tabela 5, simulando uma atenção maior dos construtores às atividades mais custosas, e assim foi estabelecida a distribuição apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de dias para realização do Cenário 3

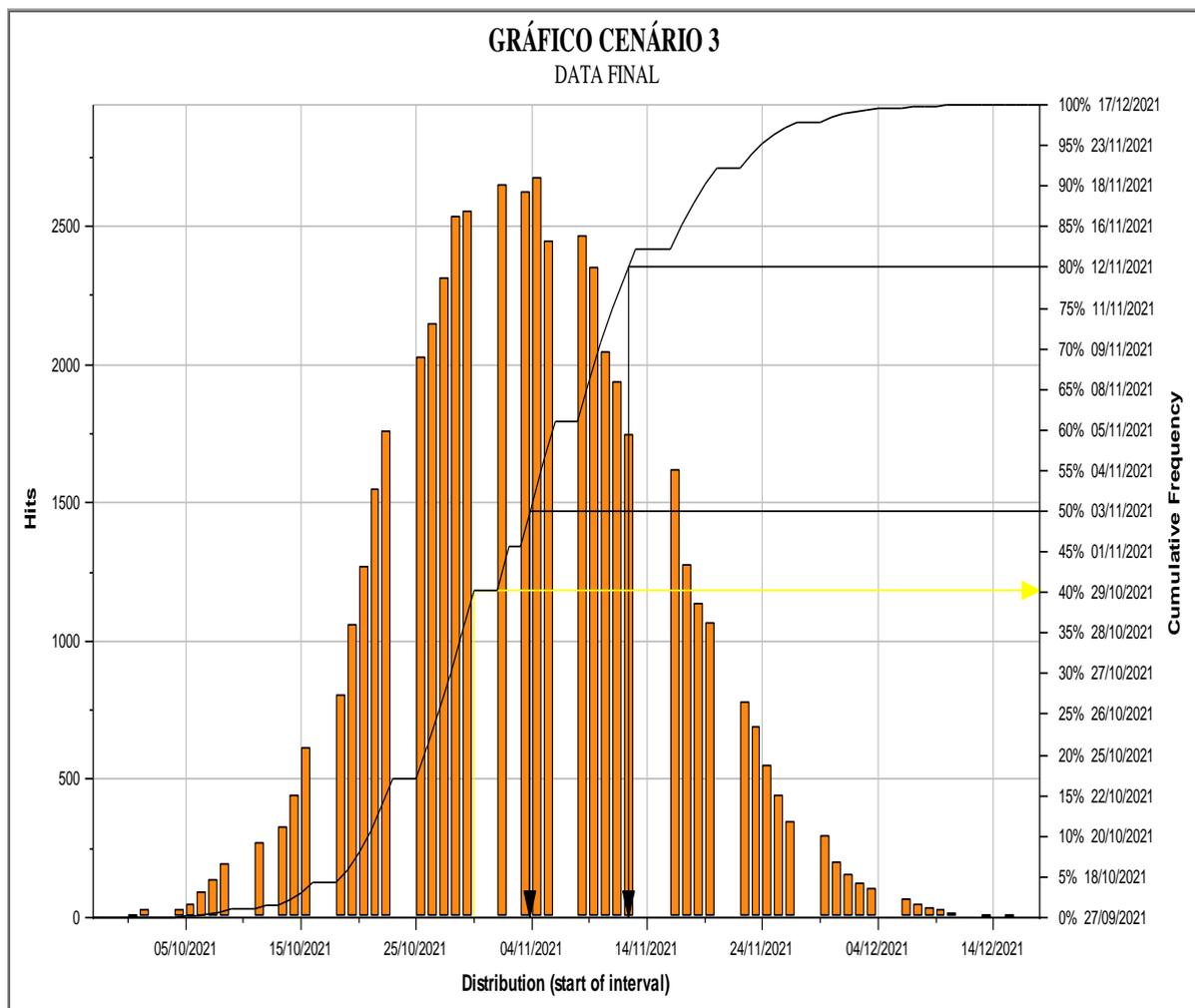
DISTRIBUIÇÃO DE DIAS-CENÁRIO 3			
SERVIÇOS	Mínimo	Mais Provável	Máximo
CANTEIRO DE OBRAS	45	60	75
COBERTURA	98	113	128
ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	98	113	128
FUNDACÕES E ESTRUTURAS	158	173	188
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE A	45	60	75
IMPERMEABILIZAÇÃO PARTE B	45	60	75
INSTALAÇÃO ELÉTRICA/ELETRIFICAÇÃO E ILUMINAÇÃO EXTERNA	218	233	248
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	45	60	75
INSTALACÕES HIDRO SANITÁRIAS	218	233	248
LIGAÇÕES PREDIAIS ÁGUA/ESGOTO/ENERGIA/TELEFONE	105	120	135
MOVIMENTO DE TERRA	45	60	75
PAREDES/PAINÉIS	158	173	188
PAVIMENTAÇÃO	105	120	135
PINTURAS	98	113	128
PISOS	278	293	308
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	158	173	188
SERVICOS PRELIMINARES	45	60	75
SERVICOS TÉCNICOS	45	60	75
URBANIZAÇÃO	105	120	135
ARRIMO E DRENOS	105	120	135
MURO	158	173	188

Fonte: Próprios Autores (2021)

Tabela 5 - Dez serviços mais custosos

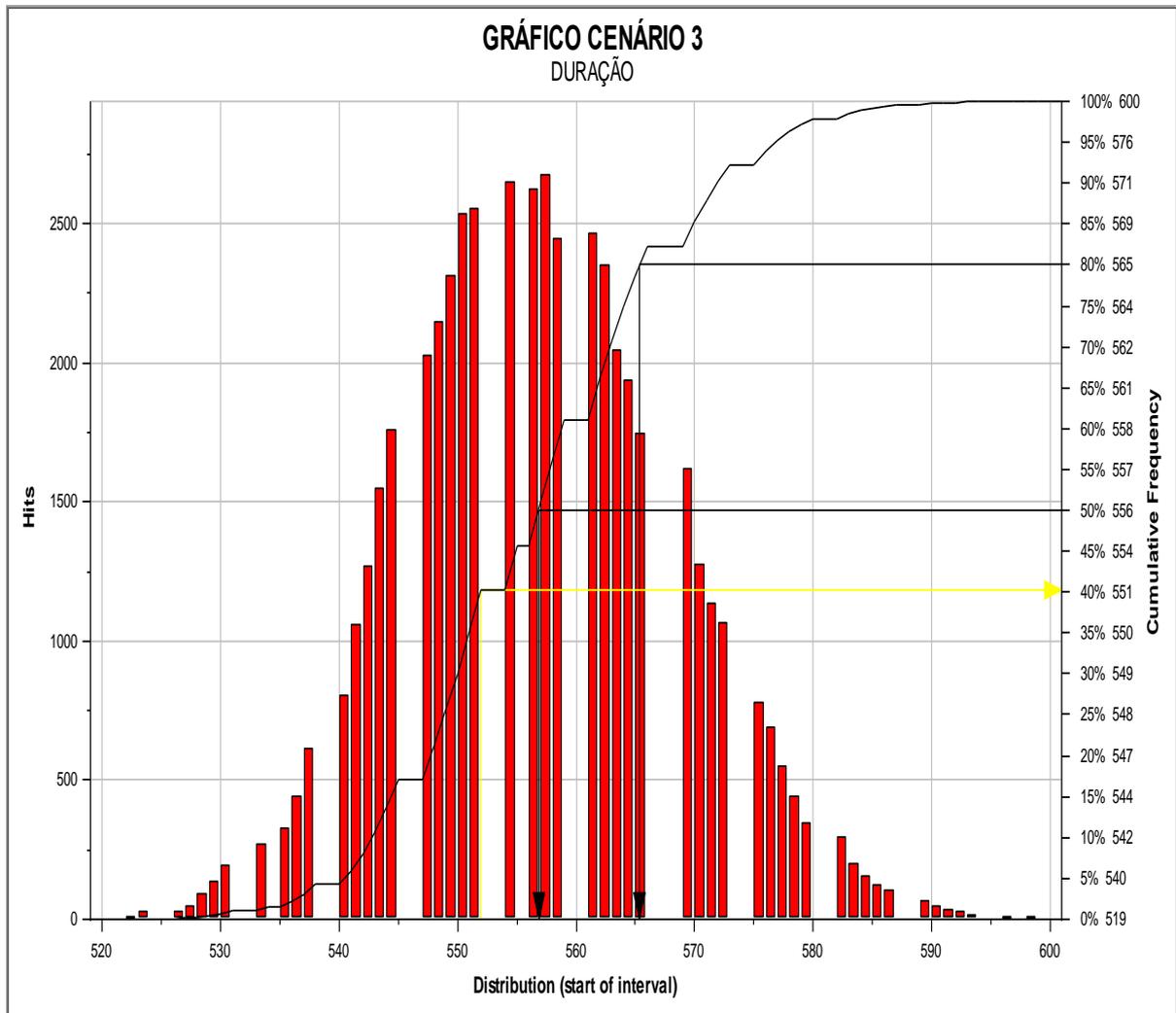
Lista dos dez serviços mais custosos para o projeto		
SERVIÇOS	Valor Total	Porcentagem do total
FUNDAÇOES E ESTRUTURAS	R\$ 161.363,85	20,22%
ESQUADRIAS/FERRAGENS/VIDROS	R\$ 91.258,09	11,44%
PISOS	R\$ 68.573,89	8,59%
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFICIES	R\$ 64.857,15	8,13%
MURO	R\$ 49.850,00	6,25%
INSTALACOES HIDRO SANITARIAS	R\$ 48.469,06	6,07%
PINTURAS	R\$ 40.991,25	5,14%
INSTALACAO ELETRICA/ELETRIFICACAO E ILUMINACAO EXTERNA	R\$ 32.872,26	4,12%
PAREDES/PANEIS	R\$ 23.580,90	2,95%
COBERTURA	R\$ 22.040,31	2,76%

Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 17 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 3 referente à Data final do projeto

Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 18 – Gráfico de distribuição triangular do Cenário 3 referente à duração total com folgas do projeto

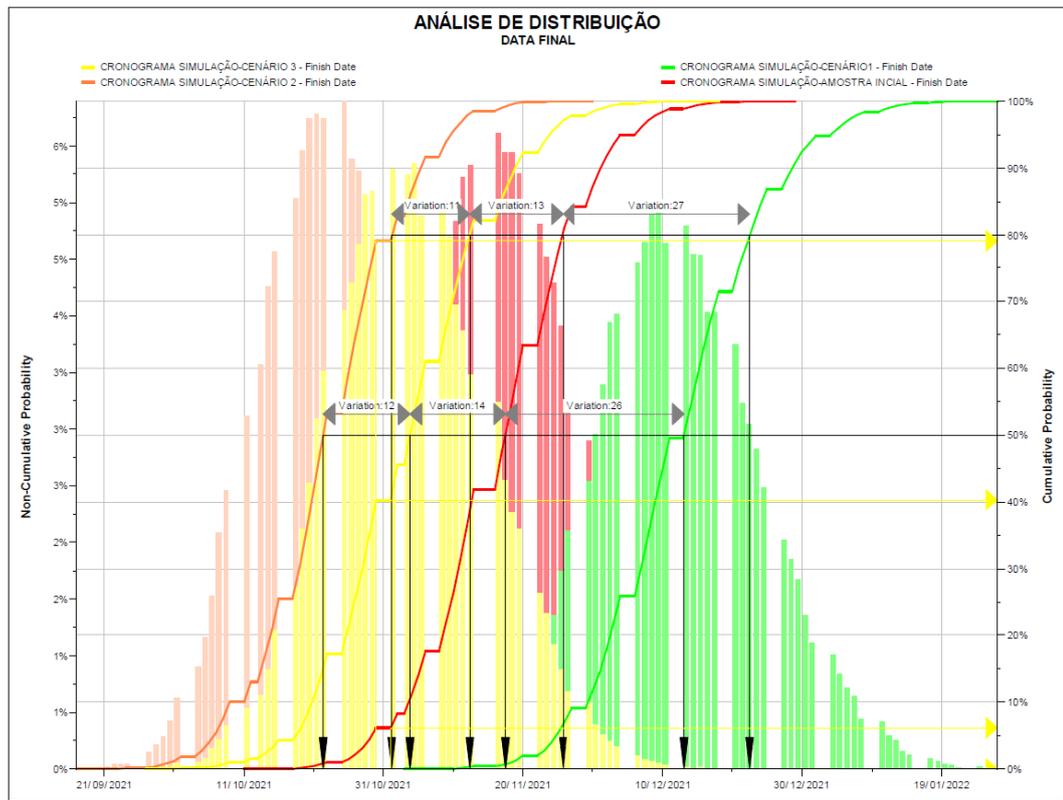


Fonte: Próprios Autores (2021)

O cenário 3 apresentou uma distribuição de probabilidades mais favoráveis do que a amostra inicial ao prazo previsto, todavia menor do que aquela observada na cenário 2, com uma chance de aproximadamente 40% para o término do projeto ocorrer antes do dia 29 de outubro de 2021. Ocorreu na situação de probabilidade de 50% uma variação menor para o gráfico 1, totalizando apenas 14 dias ganhos para eliminação do atraso no projeto, e finalizando até o dia 03 de novembro de 2021.

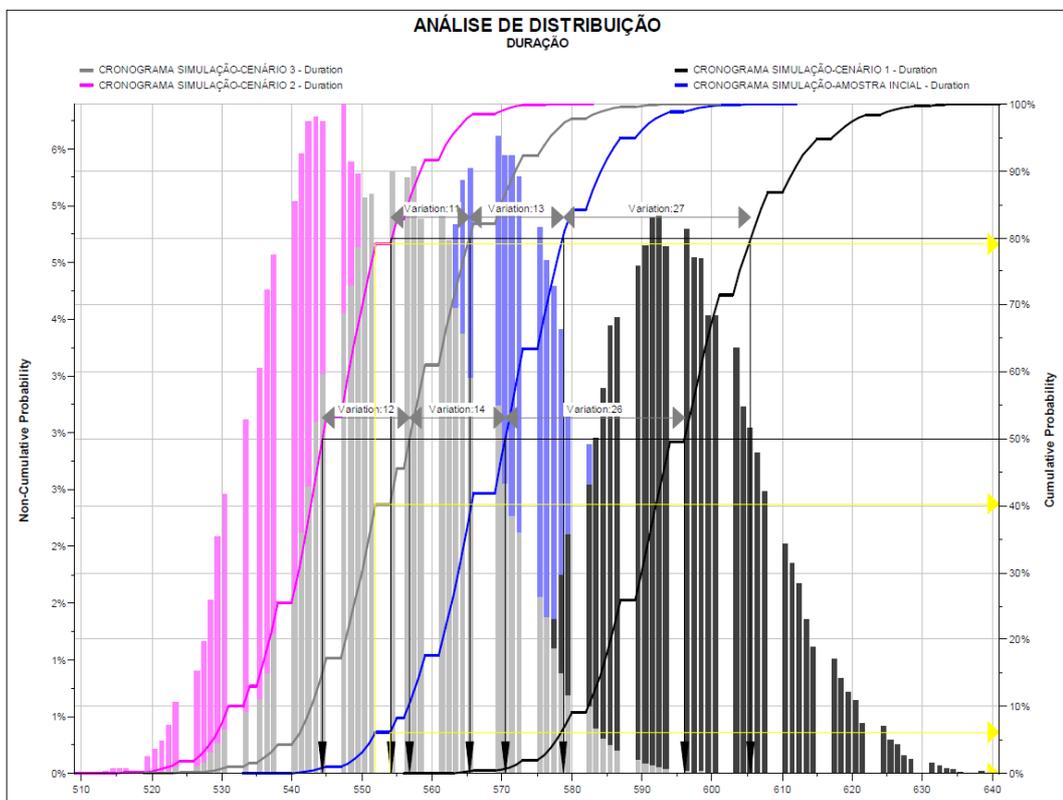
As figuras 19 e 20 apresentam uma visualização da análise comparativa entre distribuições dos cenários realizados nesse estudo, além de suas variações, permitindo às equipes responsáveis a realização de remanejamentos no cronograma previsto e garantia de melhores situações custo benefício para seus produtos.

Figura 19 – Gráfico de análise comparativa entre distribuições sobre Data Final do Projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

Figura 20 – Gráfico de análise comparativa entre distribuições sobre Duração Final do Projeto



Fonte: Próprios Autores (2021)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do capítulo 3 permite aferir o impacto de certas atividades para o cronograma previsto para execução da obra civil analisada neste trabalho. A tabela 6 demonstra a variação tanto para amostra inicial quanto para a previsão original do projeto construtivo.

Tabela 6 - Tabela Comparativa de cenários para probabilidade de 50%

Tabela comparativa entre cenários para probabilidade 50%				
Cenários	Duração (dias)	Data final	Variação para amostra inicial (dias)	Variação para Previsão Original (dias)
Amostra inicial	570	17/11/2021	0	19
Cenário 1	596	13/12/2021	26	45
Cenário 2	544	22/10/2021	-26	-7
Cenário 3	556	03/11/2021	-14	5

Fonte: Próprios Autores (2021)

A tabela 6 e tabela 7 permitem observar que a execução da obra no prazo previsto possui pouca chance, cerca de 6%, de ser realizada sem a interferência nas suas atividades, como definido ao longo do capítulo 3 através dos cenários, tendo chance de 94% de atraso na simulação da amostra inicial e mais de 99% de probabilidade de atraso para o cenário 1 pessimista. Os valores positivos na tabela 6 representam um atraso quanto à data final prevista e simulada na amostra inicial, enquanto os valores negativos representam um adiantamento.

Tabela 7 - Tabela Comparativa sobre realização no prazo previsto

Probabilidade para realização no prazo previsto	
Cenário	Probabilidade para realização
Amostra inicial	6%
Cenário 1	>1%
Cenário 2	79%
Cenário 3	40%

Fonte: Próprios Autores (2021)

A partir da tabela 7 nota-se que o cenário 2 é o mais aconselhável para que a administração responsável da obra consiga realizar a construção no tempo inicial previsto. Enquanto que, para a segurança maior, o cenário 1, por apresentar uma variação de prazo maior, garantiria uma chance de atraso menor caso fosse escolhido para remanejamento do cronograma.

O cenário 3, apesar de inicialmente parecer uma opção para garantia de segurança de realização dentro do prazo, não possui um impacto no cronograma tão significativo quanto o cenário 2 e, possivelmente, não eliminaria o risco de acréscimo dos custos, principalmente administrativos, para o projeto com o prazo sendo atrasado.

A realização de simulações de cenários para o setor de construção, como aquele realizado durante este trabalho, demonstra a importância do gerenciamento de risco e planejamento de obras para empresas manterem a qualidade de seus serviços e participação na concorrência do mercado, além de garantir segurança para os participantes desse tipo de projeto, tanto nos prazos e custos quanto no conforto e saúde das edificações resultantes desse campo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Jônatas Araújo de; MOTA, Caroline Maria de Miranda. **Proposta de Gerenciamento de Risco Simplificado para empresas de construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Enegep, 2008. p. 01-13. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_wic_076_538_11799.pdf. Acesso em: 03 jun. 2021.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2014. 785 p.
- BARCELLOS, Milton José de Mattos; PAIVA, Ortiz da Silveira. **Gerenciamento de risco em projetos**. 2009. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Campo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009. Disponível em: https://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/milton_jose_e_ortiz_da_silveira.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.
- BOCANEGRA, Charlie Williams Rengifo. **Procedimentos para tornar mais efetivo o uso das redes neurais artificiais em planejamento de transportes artificiais em planejamento de transportes**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- CABRAL FILHO, Helio. **Modelos baseados em Simulação de Monte Carlo: soluções para o cálculo do value-at-risk e à análise de opções de compra européias sem dividendos**. 2010. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000242.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021
- CENTENO, Hugo Alexandre do Carmo. **Modelagem de cronograma de projetos pela ferramenta DSM com apoio ao gerenciamento e tomada de decisões pela Simulação de Monte Carlo**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/3971/2/HUGO%20ALEXANDRE%20DO%20CARMO%20CENTENO.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- CODAS, Manuel M. Benitez. **Gerência de projetos: uma reflexão histórica**. Revista de Administração de Empresas, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 33-37, mar. 1987. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-75901987000100004>.
- COURI, Guilherme Adib. **Gerenciamento de projetos pela análise de valor agregado para otimização de escopo, prazos e custos**. 2006. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.
- DEBONI, Marcos André. **O gerenciamento da qualidade e sua relação com o sucesso no gerenciamento de projetos**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos de Goytacazes, 2010. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/POS-ENGPRODUCAO_2397_1301000647.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 95., 2020, São Paulo. **A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes**. São Paulo: Dieese, 2020. 41 p. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estPesq95trabconstrucaocivil/index.html?page=41>. Acesso em: 01 abr. 2021.

DINSMORE, Paul C. & CAVALIERI, Adriane. **Como se tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2005.

FILIPPI, Giancarlo Azevedo De; MELHADO, Sílvio Burrattino. **Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo**. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 161-173, set. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167886212015000300161&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 24 março de 2021.

FUGAR, Frank Dk; AGYAKWAH-BAAH, Adwoa B. **Delays in Building Construction Projects in Ghana**. *Australasian Journal Of Construction Economics And Building*, Kumasi, v. 10, n. 1/2, p. 103-116, 5 jul. 2010. *University of Technology, Sydney (UTS)*.

GALVÃO, Felipe Lacerda. **Gerenciamento de custo em projetos**. 2011. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/5025/1/FLGalv%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LEWIN, Máira Cecília. **Plano de Gerenciamento da Qualidade: uma proposta de instrumentalização em gerenciamento de projetos**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Cneg, 2011. p. 01-14.

LIMA, Eurico Cavalcanti Pincovsky de; VIANA, Joana Coelho; LEVINO, Natallya de Almeida; MOTA, Caroline Maria de Miranda. **Simulação de Monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói. Anais [...]. Niterói: Cneg, 2008. p. 01-13.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamento de Obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2006. 286 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010. 426 p.

MORETTIN, Pedro Alberto; BUSSAB, Wilton de Oliveira. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 522 p.

MULLER, Ademir. **Simulação Estocástica: O método de Monte Carlo**. 2008. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Estatística, Departamento de Estatística, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em:

http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:ce229:tcc2008_ademir.pdf. Acesso em: 25 maio 2021.

PAULA, Renato Ricardo de. **Método de Monte Carlo e Aplicações**. 2014. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Matemática Com Ênfase em Matemática Computacional, Instituto de Ciências Exatas - Icx, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2014. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4180/1/RenatoRicardoDePaula%202014-2.PDF>. Acesso em: 24 maio 2021.

PEDROSA, Wesley Morais. **A importância da Estrutura Analítica do Projeto: eap no gerenciamento de projetos em empresa de grande porte no ramo da construção civil**. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2013, Campinas. Anais [...]. Campinas: Semesp, 2013. v. 1, p. 01-31. Disponível em: <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000014224.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

PINTO, Isabelly Christiny Monteiro de Souza. **ANÁLISE DOS RISCOS PRESENTES NOS CUSTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO MÉTODO MONTE CARLO**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27017/1/2017_dis_icmspinto.pdf. Acesso em: 24 maio 2021.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (Newtown Square) (ed.). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 6. ed. Newtown Square: *Pmi*, 2017. 763 p.

QUEIROZ, Antônio José Monteiro da Fonseca; CASAQUE, Carolina Righi; SANTOS, Maurício Coletto dos; SEZAR, Robinson Gonçalves Moreira. **Gerenciamento de Riscos em Projetos de Construção Civil sob a Ótica dos Principais Stakeholders: análise sob um contexto prático e teórico**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mba em Administração de Projetos, Departamento de Administração, Fundação Instituto de Administração, São, 2003. Disponível em: http://www.der.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=335&id=2209&Itemid=1000000000000. Acesso em: 26 maio 2021.

RODRIGUES, Vânia Veiga; SOARES, Carlos Alberto Pereira. **Metodologia para aplicação da simulação de Monte Carlo no gerenciamento de custos de projetos de construção**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2005, Bauru. Anais [...]. Bauru: Simpep, 2005. p. 01-12. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=RODRIGUES_VV_METODOLOGIA.pdf. Acesso em: 03 jun. 2021.

ROSALINO, Iloneis. **Um estudo dos critérios de rateio dos custos indiretos por meio da análise de regressão**. 2004. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Ciências Contábeis, Departamento de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Contabeis295531.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

SANTOS, Tiago Aparecido dos; FAVARI, Caroline Andressa da Silva; NISHIMURA, Tassiani Ayumi; HESPANHOL, Rafael Medeiros. **Gestão de Projetos: uma análise crítica da norma iso 21500**. Colloquium Exactarum, Presidente Prudente, v. 4, n. 9, p. 199-205, jul. 2017. Disponível em:

<http://www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Exactarum/6%20-%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o/GEST%C3%83O%20DE%20PROJETOS%20UMA%20AN%C3%81LISE%20CR%C3%8DTICA%20DA%20NORMA%20ISO%2021500.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

SCHNEIDER, Aline Lessa da Silva. **A Importância do gerenciamento de riscos em projetos**. 2014. 15 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Gestão Empreendedora em Projetos, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/8017/1/51304241.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

SEYMOUR, Tom; HUSSEIN, Sara. *The History Of Project Management. International Journal Of Management & Information Systems*. (Ijmis), Minot, v. 18, n. 4, p. 233-240, 11 set. 2014. Clute Institute. <http://dx.doi.org/10.19030/ijmis.v18i4.8820>. Disponível em: <https://www.clutejournals.com/index.php/IJMIS/article/view/8820/8811>. Acesso em: 21 maio 2021.

SOUSA, Kátia Marisa Soares da Silva de. **Gerenciamento de custos de um projeto**. 2009. 53 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós Graduação em Finanças e Gestão Corporativa, Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/t205292.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

WOODHEAD, Ronald W. & HALPIN, Daniel W. traduzido por LONGO, Orlando Celso & SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. **Administração da Construção Civil. Rio de Janeiro**: Ed. LTC, 2004.

APÊNDICE A – CRONOGRAMA

SERVIÇOS		VALOR TOTAL	(%)	Cronograma e Orçamento Previsto													
				MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12		
CANTEIRO DE OBRAS	RS 10.837,50	1,49%															
COBERTURA	RS 22.040,31	3,03%															
CUSTOS ADMINISTRATIVOS	RS 119.000,00	16,37%															
ESCALAFÃO DE OBRIGADOS	RS 91.238,09	12,55%															
FUNDIÇÃO E ESTRUTURAS	RS 161.363,85	22,19%															
IMPERMEABILIZAÇÕES E PROJETOS DIVERSAS	RS 12.469,46	1,72%															
INSTALAÇÃO ELÉTRICA, ELÉTRICA E ILUMINAÇÃO EXTERNA	RS 32.872,26	4,52%															
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	RS 51.862,50	7,11%															
INSTALAÇÕES HIDRO SANITÁRIAS	RS 48.469,06	6,67%															
LIGADOES PREDIAIS AQUECIMENTO E TELEFONE	RS 2.565,00	0,35%															
MOVIMENTO DE TERRA	RS 51.124,00	7,00%															
PARQUES/PAISAGENS	RS 23.580,90	3,24%															
PAVIMENTAÇÃO	RS 5.343,80	0,73%															
PINTURAS	RS 40.991,25	5,64%															
PISOS	RS 68.573,89	9,43%															
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	RS 64.857,15	8,92%															
SERVIÇOS PRELIMINARES	RS 4.197,76	0,58%															
SERVIÇOS TÉCNICOS	RS 3.686,45	0,51%															
URBANIZAÇÃO	RS 4.657,13	0,64%															
Total Geral	RS 727.072,56	100,00%															
SERVIÇOS	VALOR TOTAL	(%)	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12			
ARRIOLO DRENOS	RS 21.100,00	29,24%															
MURO	RS 49.850,00	70,26%															
Total Geral	RS 70.950,00	100,00%															
	RS 798.072,56	DESEMBOLSO TOTAL	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12			
			RS 58.533,05	RS 58.533,05	RS 65.750,78	RS 65.750,78	RS 70.109,48	RS 70.109,48	RS 88.286,29	RS 88.286,29	RS 72.707,24	RS 72.707,24	RS 43.624,34	RS 43.624,34			
			7,33%	7,33%	8,32%	8,32%	8,79%	8,79%	11,06%	11,06%	9,11%	9,11%	5,47%	5,47%			

Fonte: Próprios Autores (2021)