



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

DÉLCIA JANINE SEQUEIRA MOREIRA

**ANÁLISE DE RISCOS NO PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES
COM ENFOQUE MULTICRITÉRIO**

FORTALEZA

2016

DÉLCIA JANINE SEQUEIRA MOREIRA

ANÁLISE DE RISCOS NO PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES COM
ENFOQUE MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestra em Engenharia Civil. Área de Concentração: Construção Civil
Orientadora: Prof. Dr.^a Vanessa Ribeiro Campos

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- M837a Moreira, Délcia Janine Sequeira.
 Análise de riscos no planejamento de projetos de edificações com enfoque multicritério / Délcia Janine Sequeira Moreira. – 2016.
 108 f.: il., color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Estrutural e Construção Civil, Fortaleza, 2016.
 Área de Concentração: Construção Civil.
 Orientação: Profa. Dra. Vanessa Ribeiro Campos.
1. Construção civil. 2. Administração de projetos. 3. Engenharia civil. I. Título.

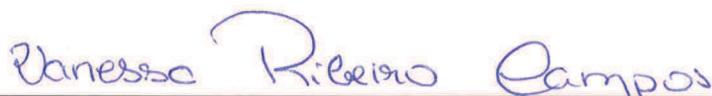
DELCIA JANINE SEQUEIRA MOREIRA

ANÁLISE DE RISCOS NO PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES
COM ENFOQUE MULTICRITÉRIO

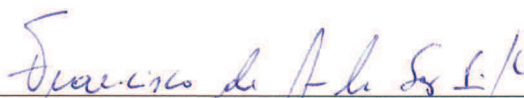
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Construção Civil.

Aprovada em 29 / 04 / 2016.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Vanessa Ribeiro Campos, Dra. (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Francisco de Assis de Souza Filho, Dr.
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Sheyla Mara Baptista Serra, Dra.
Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

A Deus.

Ao meu filho Erick e minha mãe Maria
Eugénia.

AGRADECIMENTOS

À Deus que esteve sempre presente e em tantos momentos de fraqueza segurou a minha mão e me deu força, paciência e sabedoria para poder seguir com o meu propósito. Iluminou e guiou o meu caminho.

Ao meu filho Erick Filipe Sequeira Barbosa, a razão da minha vida e razão pelo qual me mantive firme e forte no meu objetivo. Sem ele nada faria sentido.

À minha orientadora Vanessa Ribeiro Campos, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e dividir comigo as suas experiências e conhecimento, pela confiança e por sempre me motivar na superação dos meus limites.

À minha mãe Maria Eugenia Sequeira, aos meus irmãos Cintia Sequeira, Lavínia Sequeira e Gelson Sequeira, que apesar da distância sempre estiveram presentes me apoiando com palavras sábias e confortantes.

Ao meu noivo, companheiro e amigo confidente Vitor Moreno Caldas, pela total dedicação, compreensão e por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, acreditando em mim e me fazer acreditar em mim.

Às minhas amigas e colega de apartamento Eunice Semedo e Ineida Fernandes pelo apoio e dedicação ao meu filho durante esses dois anos de mestrado.

Aos engenheiros entrevistados, pelo tempo disponibilizado nas entrevistas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ – Brasil, pela oportunidade de realizar esse mestrado e pelo apoio financeiro.

“O futuro é construído pelas nossas decisões diárias, inconstantes e mutáveis, e cada evento influencia todos os outros”. (Alvin Toffler)

RESUMO

Os projetos de edificações, pela sua natureza são únicos, muitas vezes complexos e estão sempre acompanhados de riscos e incertezas. Visto que, esses projetos envolvem investimentos altos, faz-se necessário um bom gerenciamento de projetos para que as informações sobre as incertezas sejam adquiridas e gerenciadas, de modo a não gerar consequências negativas nos objetivos. Contudo, em relação à Indústria da Construção Civil, mesmo perante as várias adversidades existentes nesse setor, fazendo-o posicionar como um setor com baixo desempenho, o gerenciamento de riscos ainda é um assunto tratado de uma forma bastante superficial e muitas vezes ignorado pelos gestores. Isso faz com que o processo de tomada de decisão seja deficiente e baseado em informações que muitas vezes não são compatíveis com os cenários reais. Nesse contexto, é fundamental que o processo de tomada de decisões seja estruturado tendo como base informações centrais, os cenários, as opções e as consequências dessas decisões. Assim, o objetivo deste trabalho é propor um modelo de avaliação de incertezas na fase de planejamento de edifícios, baseado no método multicritério de apoio a tomada de decisão – MAUT (*Multiple Attribute Utility Theory*), que auxilie o gestor no processo decisório. Através do MAUT, foi possível fazer a priorização das incertezas e esse método mostrou-se bastante eficiente para a resolução desse tipo de problema por ter como base as preferências do decisor e permitir fazer uma avaliação mais profunda sobre as compensações que o decisor deve estabelecer entre os critérios conflitantes.

Palavras-chave: Construção civil, empreendimentos, gerenciamento de riscos, tomada de decisão, multicritérios e MAUT.

ABSTRACT

Building projects, by their very nature are unique, complex and rare, and often followed by risks and uncertainties. Since these projects involve high investments, there's a great need for an good project management, so that all the informations about the in certainties can be acquired and managed properly, so it won't cause negative results. However with existence of many adversities in this sector and causing it to sand as an industry with low perform, the risk management in this sector is still a subject treated in a superficial way, and often ignored by the managers. In that perspective the process of the decision making becomes inadequate, and most of time based on information that are often not compatible with the real-world scenarios. In this context it's vital that the process of decision-making, be structured on the basis of core informations, scenarios, options and the consequences of those decisions. Thus the objective of this work is to propose a model of evaluation of the uncertainties during the phase of the building planning, based multi-criteria method supporting the decision-making-MAUT (Multiple Attribute Utility Theory), which assist the manager in process of decision-making. Through the MAUT, it was possible to make to make the prioritization of the uncertainties, and this method proved to be very efficient for solving this kind of problem, having as base the preferences of the decision maker, allowing a more deeper evaluation about the compensations that the decision maker should establish between the problematic criteria.

Key Words: Civil Constructions, risk managements, decision-making, criteria, MAUT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo de Ferro	24
Figura 2 - Ciclo de vida de um projeto	28
Figura 3 - Impacto de variáveis, com base no tempo decorrido do projeto.	29
Figura 4 - Curvas de utilidade	48
Figura 5 - Fases de aplicação dos Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão.....	51
Figura 6 - Matriz de avaliação	55
Figura 7 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de riscos controláveis e riscos incontroláveis.....	38
Quadro 2 – Lista de incertezas em projetos de edificações.....	68
Quadro 3 – Critérios e seus objetivos.....	69
Quadro 4 - Codificação das incertezas.....	73
Quadro 5 - Codificação dos critérios.....	73
Quadro 6 – Matriz de avaliação para residência padrão alto.....	75
Quadro 7 – Matriz de avaliação para residência padrão normal.	76
Quadro 8– Matriz de avaliação para residência padrão baixo.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de probabilidade e impacto	44
Tabela 2 – Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão alto	71
Tabela 3 - Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão normal.....	71
Tabela 4 - Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão baixo	72
Tabela 5 – Normalização da escala para residência padrão alto	77
Tabela 6 – Valores utilidade para residência padrão alto	78
Tabela 7– Valores utilidade para residência padrão normal.....	78
Tabela 8 – Valores utilidade para residência padrão baixo	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Hierarquização das incertezas para residência padrão alto	79
Gráfico 2 – Projeto com especificações deficientes para residência padrão alto	81
Gráfico 3 – Previsão incorreta do orçamento para residência padrão alto	81
Gráfico 4 - Hierarquização das incertezas para residência padrão normal.....	82
Gráfico 5 - Escassez de mão de obra qualificada para residência padrão normal.....	84
Gráfico 6 - Erros nas quantidades dos materiais necessários para residência padrão normal..	85
Gráfico 7 - Hierarquização das incertezas para residência padrão baixo	86
Gráfico 8 - Falhas na comunicação entre os participantes para residência padrão baixo	87
Gráfico 9 - Previsão incorreta do orçamento para residência padrão baixo	87
Gráfico 10 – Cenário 1: Análise de sensibilidade para a residência padrão alto.....	89
Gráfico 11– Cenário 2: Análise de sensibilidade para a residência padrão normal	90
Gráfico 12 – Cenário 3: Análise de sensibilidade para a residência padrão baixo.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMD – Apoio Multicritério à decisão

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

GP – Gerenciamento de Projetos

ISO - *International Standards Organisation*

MAUT - *Multiple Attribute Utility Theory*

MCDM - *Multi Criteria Decision Making*

PCP – Planejamento e Controle de Produção

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

PMI - *Project Management Institute*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivos.....	19
1.3	Estrutura da dissertação	19
2	GERENCIAMENTO DE PROJETOS (GP)	21
	• Qualidade	24
	• Custo	25
	• Tempo	26
2.1	Ciclo de Vida do projeto.....	27
2.2	Planejamento da Construção Civil.....	30
3	RISCOS E TOMADA DE DECISÃO EM SITUAÇÃO DE INCERTEZA.....	35
3.1	Riscos e incertezas	35
3.2	Processo decisório.....	45
3.3	Métodos de decisão multicritério (MCDM)	49
	3.3.1 Elementos do processo de tomada de decisão	52
	3.3.2 Tipos de problemáticas	55
3.4	Teoria da Utilidade Multiatributo – MAUT	57
4	MÉTODO DE PESQUISA.....	61
4.1	Estruturação do problema	61
4.2	Classificação dos empreendimentos	64

4.3	Identificação dos atores envolvidos	65
4.4	Escolha das alternativas	67
4.5	Definição dos critérios de avaliação	68
4.6	Atribuição de pesos aos critérios	70
4.7	Avaliação das alternativas em relação aos critérios.....	72
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	75
5.1	Análise de sensibilidade.....	88
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	93
6.1	Conclusões	93
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	95
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICE A – NORMALIZAÇÃO PARA RESIDÊNCIA PADRÃO NORMAL.....	106
	APÊNDICE B – NORMALIZAÇÃO PARA RESIDÊNCIA PADRÃO BAIXO.....	106
	APÊNDICE C – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 1 PARA PADRÃO ALTO .	107
	APÊNDICE D – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 2 PARA PADRÃO NORMAL	107
	APÊNDICE E – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 3 PARA PADRÃO BAIXO	108
	APÊNDICE F – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO ALTO.....	108
	APÊNDICE G – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO NORMAL	109
	APÊNDICE G – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO BAIXO	109

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil é um dos setores mais sensíveis às variações do mercado interno e da procura do consumidor. Conforme Ferreira (2011), diante do cenário atual, em que as empresas estão cada vez mais susceptíveis a redução das margens de lucro, ao aumento da competitividade do setor e as elevadas exigências do consumidor em relação ao valor do produto final, originou nas empresas uma necessidade de adotarem um mecanismo de resposta que seja rápida às mudanças. Assim, a cada dia surgem projetos, cada vez mais complexos e, por natureza, todo projeto, independentemente de sua dimensão e de sua importância vem sempre acompanhado de incertezas, durante todo o seu ciclo de vida, que precisam ser identificadas e analisadas para garantir o sucesso do projeto. Vale ressaltar que, apenas responder de forma rápida a um risco, não atende mais a todas as necessidades do mercado, é necessário ser proativo, ou seja, obter vantagem competitiva aquele que antecipa às mudanças do mercado e aos riscos.

De acordo com Kerzner (2009), como parte da tentativa de encontrar uma solução interna, o gerenciamento de projetos é considerado uma das melhores formas de lidar com as atividades corporativas, visando o bom planejamento para que se possa obter um melhor controle do uso dos recursos. O planejamento, na Construção Civil, é uma das etapas mais importante do gerenciamento do projeto.

Sob a ótica de Ferreira (2011), é na etapa planejamento que todos os detalhes são previstos: conhece-se, a priori, a origem dos recursos necessários, elaboram-se cronogramas, são avaliadas as dificuldades que podem ser encontradas durante o processo. Importante mencionar que, um planejamento passa obrigatoriamente por um processo de tomada de decisão e, conforme Raftery (1994), visto que pouco se sabe sobre o futuro, as tomadas de decisões realizadas com base em previsões de eventos futuros envolvem incertezas que precisam ser identificadas e analisadas como forma de antecipar e minimizar o efeito de eventos que possam impactar negativamente nos objetivos dos projetos e, conseqüentemente, da organização.

Na Construção Civil, durante a realização do planejamento, a tomada de decisão exerce um papel crucial e é mais complexa quando se encontra em situações de incertezas e se tem uma multiplicidade de objetivos, muitas vezes conflitantes. Perante tal complexidade, existem alguns métodos que auxiliam o gestor na estruturação desse processo, tais como os métodos multicritérios de apoio a decisão.

Diante de tais fatos, este trabalho procurou desenvolver um modelo de análise de riscos em projetos de edificações e, para isso, foram consideradas um conjunto de incertezas inerentes a projetos de edificações. Os projetos foram selecionados com base na norma NBR 12.721 e para esta pesquisa definiu-se três tipos de empreendimentos diferentes.

O método utilizado para a avaliação, devido as características dos projetos da construção civil e o problema em questão, foi o MAUT - Teoria da Utilidade Multiatributo. Esse método torna o processo de tomada de decisão mais claro por meio de sua estrutura axiomática e por apresentar uma metodologia que permite a identificação das alternativas e critérios relevantes para a solução do problema. Huang *et al.* (2013) relatam que entre as diferentes técnicas de apoio a decisão, esse se destaca em virtude da sua estrutura teórica compreensível, que permite que os decisores sejam capazes de expressar suas preferências entre as alternativas. A utilização do MAUT permitiu, através da determinação de funções de utilidades, obter a hierarquização dessas incertezas, que é um dado extremamente relevante para o gerenciamento de riscos e para o processo de tomada de decisão.

1.1 Justificativa

Sob a ótica de Smith, Merna e Jobling (2006), na Construção Civil a mudança é algo que está sempre presente e, durante anos, a indústria não se mostrou eficiente em lidar com os efeitos adversos da mudança. Isto pode ser observado a partir do expressivo número de projetos com prazos não cumpridos, elevados desvios nos custos e baixa qualidade. Contudo, a mudança não pode ser eliminada, mas mediante aplicação das boas práticas de planejamento, os gestores podem melhorar a capacidade de lidar com as consequências da mudança. O planejamento da obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, que envolve orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicação, gerenciamento de riscos. No processo de planejamento, a identificação dos riscos que podem impactar negativamente os objetivos do projeto é uma tarefa fundamental. Assim, é a competência do gerente: realizar ou

propor ações que elimina os riscos antes que eles ocorram, ou reduzir os seus efeitos; é essencial conhecer as suas causas e evitar considera-los como eventos que ocorrem ao acaso. Os riscos podem frequentemente ser evitados, se as suas causas forem identificadas e administradas antes que a consequência adversa ocorra.

Atualmente, existem poucos trabalhos que retratam a importância de conhecer e analisar esses riscos, na construção civil e mais especificadamente em projetos de edificações e dos que existem estão sempre direcionados aos riscos relacionados a custos. Contudo, os problemas nessa área estão muito além de custos e existem vários problemas, tais como, falhas no cronograma, dificuldades com os recursos tanto mão-de-obra como materiais, desafios com os subempreiteiros no que se refere ao não cumprimento do contrato, falhas no quesito segurança no trabalho, entre outras, que se não forem identificadas e mitigadas no momento certo podem gerar impactos significativos nos objetivos do projeto, mas especificadamente nos critérios prazo e na qualidade.

De acordo com Kapliński (2013), a análise de riscos e incertezas de um projeto é uma parte fundamental do processo de tomada de decisões em uma empresa de construção, pois o processo de decisão em condições de incertezas e num ambiente complexo, envolve informações que muitas vezes são imprecisas e/ou incompletas, múltiplos critérios que em alguns casos são conflitantes entre si, vários agentes de decisão e, ao realizar o análise é possível obter informações e dados coerentes que auxiliam no processo decisório.

Borgert (1999), apesar de sua importância, a análise nem sempre é uma tarefa fácil, pois, a probabilidade desses riscos ocorrerem e as suas respectivas consequências normalmente não são parâmetros diretamente mensuráveis e convém serem estimadas pelo julgamento, pela estatística ou por outros procedimentos. Neste contexto, surgem os métodos multicritérios, que têm a finalidade de esclarecer o problema em questão ao decisor e apoiam o processo decisório, embasado nas informações existentes, agregando valores dos decisores, na busca da melhor solução.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de análise de riscos de projeto, no planejamento de edificações que apoie na tomada de decisão.

Para que o objetivo definido seja alcançado, foi necessário estabelecer alguns objetivos específicos a serem considerados, tais como:

- Identificar as principais incertezas em projetos de edificações na fase de planejamento;
- Definir os critérios que serão utilizados para a avaliação das incertezas;
- Desenvolver uma matriz com as incertezas e com os critérios identificados e posteriormente consolida-lo com os decisores;
- Realizar a modelagem de preferências;
- Aplicar a função de utilidade multiatributo para determinar as utilidades, conforme as preferências dos decisores;
- Hierarquização das incertezas conforme os valores de utilidades;
- Realizar a análise de sensibilidade do modelo proposto.

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos:

No primeiro capítulo foi feita uma breve introdução, apresentando uma visão geral sobre o assunto estudado. Também foram expostos os objetivos do projeto de pesquisa e a justificativa da escolha do tema para a realização do trabalho.

A revisão bibliográfica que alicerça o trabalho foi desenvolvida em dois capítulos. O capítulo 2, fala sobre o gerenciamento de projetos na construção civil e os problemas encontrados na construção civil, principalmente, na fase de planejamento. Já no capítulo 3, são retratados os riscos inerentes a projetos de edificações e o processo de tomada de decisões com enfoque multicritério.

No capítulo 4 descreveu-se o método utilizado para a realização da pesquisa, bem como o processo de coleta de dados.

Os resultados e discussões são expostos no capítulo 5 deste trabalho. Foram apresentados todos os resultados obtidos através da aplicação do método MAUT e foi feita a interpretação e discussão desses resultados. Também neste capítulo foi realizada a análise de sensibilidade do modelo gerado para a verificação da sua robustez.

E por fim, no capítulo 6, as considerações finais e as sugestões para os trabalhos futuros.

2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS (GP)

A cada dia torna-se evidente o crescimento de empresas que estão aderindo à estrutura de projetos com o objetivo de proporcionar novos produtos e serviços especializados num mercado que se tem tornado cada vez mais competitivo. No meio de alguns fatores essenciais ou exigências para o sucesso, destacamos: a agilidade, a capacidade de adaptação, o poder de inovação eficaz e o potencial de aprimoramento contínuo. Nesse contexto, o gerenciamento de projetos é caracterizado como uma ferramenta valiosa para alargar a capacidade de resposta às exigências e mudanças do mercado, contribuindo para o sucesso de empreendimentos. A agilidade, a facilidade de adaptação e implantação de estratégias além da capacidade de oferecer novos produtos e serviços são algumas das características do gerenciamento que se tornam vantagens importantes e até mesmo pré-requisitos para a sobrevivência das empresas construtoras.

No entanto, para que se possa entender bem o GP é preciso antes definir o que é um projeto. Limmer (2013) estabelece três definições, em que a primeira diz que o projeto pode ser definido como empreendimento singular que possuem objetivos bem delineados a serem executados segundo um plano preestabelecido e dentro de condições de prazo, custo, qualidade e risco previamente definidos. A segunda definição fala que o projeto é um conjunto de atividades precisas, ordenadas de forma lógica e sequencial almejando alcançar um determinado objetivo, e por fim, diz ser um conjunto de realizações físicas que vai desde a concepção inicial de uma ideia até a sua realização, traduzidas por um empreendimento em operação ou pronto para funcionar.

Conforme Fabrício (2002), o projeto de edifícios advém de um determinado ambiente social e produtivo e visa atingir um propósito, devendo respeitar uma série de regulações e restrições dadas pelas necessidades, pelas capacidades produtivas, pelas legislações e pelo estado da arte do conhecimento humano. Dessa forma, o projeto de um edifício também é um subprocesso industrial circunscrito em um dado ambiente produtivo.

Um projeto pode ser definido como um empenho temporário visando à criação de um produto, serviço ou resultado exclusivo. O caráter temporário dos projetos representa o seu ciclo de vida, ou seja, que tem um início e um fim determinado. Vale ressaltar que para dizer que um projeto chegou ao fim é necessário que os objetivos sejam atingidos ou quando é

encerrado porque tais objetivos não são possíveis de serem alcançados, ou ainda quando não há mais necessidade da existência do projeto. Assim, pode-se dizer que um projeto possui duração finita, o qual o fim é alcançado quando todos os objetivos traçados do projeto forem assim alcançados, quando se depara claramente que esses objetivos não serão ou não poderão ser atingidos ou quando não há mais necessidade de se avançar com o projeto (PMBOK 2013).

Por trás de todos os grandes projetos, está o fundamento do gerenciamento de projetos. Conforme Kerzner (2009), o conceito de gerenciamento de projetos é relativamente contemporâneo, onde seu início se deu de forma limitada e com fins militares no U.S. Department of Defense. O cenário atual é diferente, onde várias empresas de segmentos industriais distintos (governamentais ou não governamentais) têm se preocupado em aplicar os conceitos de gestão em seus projetos.

A partir da década de 1950, a estruturação e consolidação formal das técnicas de gerenciamento de projetos até a década de 1990 eram considerados apenas mais uma teoria conotada por muitos como incipiente e arriscada, uma vez que até a data não havia experiência na sua aplicação. Essa mentalidade só começou a mudar nos meados de década de 90 com os fenômenos da globalização da economia, onde surgiu a necessidade de se criar produtos de qualidade, em prazos e custos cada vez menores, aliada a necessidade de obter a confiança e a satisfação dos clientes. Contudo, Oliveira (2003) afirma que sua prática não é nova, pois desde o princípio da civilização o homem vem utilizando essa prática, onde se destacam as grandes obras faraônicas (2000 A.C.), o Empire States (1931), entre outros. Contudo nessa época não existiam metodologias devidamente formalizadas e adaptadas para o uso geral.

De acordo com Viana Vargas (2005), a principal vantagem é que o GP não se destina somente a projetos grandes, podendo também ser aplicado em projetos de qualquer grau de complexidade, orçamento e linha de negócios. Posiciona-se como uma ferramenta capaz de detectar e controlar custos e prazos mantendo a competitividade a fim de superar as expectativas dos clientes. Com o gerenciamento, as organizações conseguem melhor controle dos recursos e a confiança do cliente, sendo capaz de apresentar melhor administração e um maior número de projetos bem-sucedidos.

É importante mencionar a importância do gerente ou gestor do projeto para obter a excelência no GP. Designado por alguns autores como “homem de frente”, o gerente é o membro que, além de trabalhar com diversas áreas internas da empresa, deve fazer a integração de todos os envolvidos no projeto. Segundo Baguley (1999), ele é a peça chave para o sucesso dos projetos e deve possuir e saber usar uma série de conhecimentos diversificados, incluindo noções da ciência e da arte. É importante a noção da ciência porque faz o uso de cálculos matemáticos, tabelas e gráficos. A arte reside na habilidade de liderar uma equipe variada de profissionais, de comunicar-se adequada com todas as partes envolvidas, de ser capaz de negociação e de apresentar criatividade necessária para a gestão de projeto adequadamente dentro destes fatores.

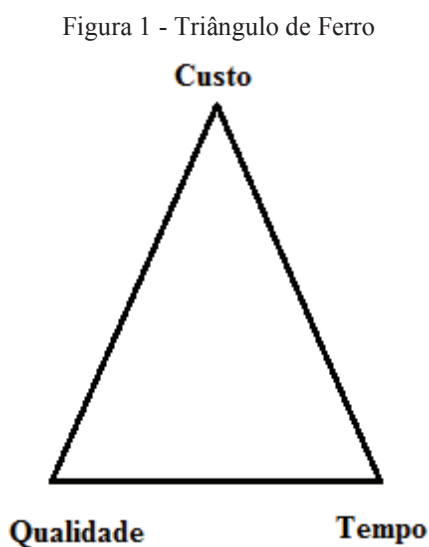
Dentre as atividades que estão na responsabilidade do gestor de projetos (PMI, 2004), destacam-se: definir e controlar os objetivos, os requisitos do produto, os riscos; avaliar os fatores que podem prejudicar o sucesso; controlar o cronograma; gerenciar as equipes e os recursos (orçamento, materiais, pessoas); estabelecer as prioridades; saber coordenar os *stakeholders*; certificar que os produtos do projeto estão em conformidade com os critérios de qualidade; assegurar que os prazos e custos estão dentro do planejado; oficializar a aceitação dos elementos resultantes de cada fase do ciclo de vida do projeto; e participar de reuniões de acompanhamento e de revisão do projeto.

No entanto, várias pesquisas realizadas mostram que, apesar da percepção da importância do gerenciamento de projetos, são várias as empresas que ainda não dominam as técnicas de gerenciamento de projetos. Segundo Daychouw (2007), uma pesquisa realizada pelo *Standish Group International* em 2002 revelou que as empresas desperdiçam incalculáveis recursos devido às falhas na utilização de práticas efetivas do GP, em que:

- 31% dos projetos são cancelados antes do seu término;
- 88% dos projetos excedem seu prazo, custo ou ambos;
- Os projetos excedem, em média, 189% dos custos estimados;
- Os projetos excedem, em média, 222% do prazo estimado.

Na visão de Kerzner (2009), obter a excelência ou mesmo a maturidade no gerenciamento de projeto, pode não ser possível sem o uso de processos repetitivos que podem ser usados no projeto. Conforme Atkinson (1999), esses processos repetitivos são

referidos como a metodologia de gerenciamento que visam conduzir o uso racional dos recursos para a execução de uma tarefa única e exclusiva, levando em conta os critérios de sucesso: o tempo, o custo e a qualidade. A integração desses critérios, segundo o autor, é denominada de Triângulo de Ferro, conforme Figura 1.



Fonte: Atkinson (1999)

- **Qualidade**

A qualidade é um fator importante para o desenvolvimento de qualquer organização, principalmente por proporcionar bens e serviços de qualidade para os consumidores, sejam eles internos ou externos. De acordo com Souza (1999), um produto ou serviço de qualidade é o produto que responde perfeitamente às necessidades do cliente, de um jeito confiável, acessível, seguro e no tempo certo. O guia PMBOK (2013) define a qualidade como o grau em que um conjunto de características inerentes atende aos requisitos. Segundo o PMI, “um projeto com qualidade é aquele concluído em conformidade com os requisitos, especificações e adequação ao uso”. Assim, analisando os conceitos, pode-se observar que todos são direcionados para satisfazer aos requisitos do cliente assim como suas expectativas e as especificações do produto. Nesse contexto, conforme a ISO 9001 (2000), é importante que os requisitos do cliente sejam determinados e atendidos com o propósito de aumentar a satisfação do cliente.

Sob a ótica de Souza e Mekbekian (1996), a qualidade deve ser claramente demarcada em todos os seus aspectos, fazendo o uso de critérios mensuráveis. Tratando-se de projetos de construção civil, deve ser objetiva e não objetiva, deve ser dada preferência a parâmetros e características quantitativas em substituição às características qualitativas. A qualidade deve estar especificada em todo o processo do projeto. A qualidade do projeto resulta do seu planejamento e gerenciamento, das condições de higiene e segurança do trabalho, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos, e da qualidade na execução de cada serviço especificado no processo de produção.

Vale ressaltar que, ao falar de qualidade, deve-se considerar que o gerenciamento da qualidade do projeto deve ser orientado tanto para os processos de gerenciamento do projeto quanto para o produto final. Silva (2000) apontou alguns fatores que dificultam o gerenciamento de qualidade na construção civil, tais como: a alta alternância e baixa qualificação da mão de obra; o usuário é conhecido e tem uma participação ativa durante o processo; a identificação dos problemas é geralmente realizada durante a fase de execução; a não existência do hábito de realizar reuniões de avaliação do empreendimento nem avaliações pós-ocupação, dificultando a melhoria contínua.

- **Custo**

Conforme Azevedo (2011), os projetos da construção civil por natureza envolvem altos custos. Um erro comum dos gestores é acreditar que apenas uma boa orçamentação da obra é o suficiente para obter o custo de uma obra. Isso porque, muitas vezes, alguns fatores como inflação, desperdícios, desvios e queda de produtividade não são previstos durante a elaboração do orçamento, fazendo com que haja uma diferença substancial entre o custo orçado e o custo executado. A forma mais prática de controlar e comparar os custos da obra é através do trabalho de apropriação de custos, porém, atualmente, são poucas as empresas que realizam este trabalho em suas obras. A apropriação de custos é o método pelo qual a empresa terá controle total dos custos financeiros de um determinado serviço, podendo avaliar ainda o desempenho e produtividade da mão-de-obra, dentre outras coisas.

Araújo e Meira (1997) argumentam que, na construção civil, são utilizados frequentemente os custos diretos e indiretos. Os custos diretos estão relacionados à quantidade de serviço existente e equivalem aos valores designados à compra de: terrenos, materiais, equipamentos e mão-de-obra de construção e montagem. Os custos indiretos não dependem da quantidade de serviços produzidos, tais como: custos de engenharia (estudos de viabilidade, projeto básico, etc.); custos de construção e montagem do canteiro de obras; fiscalização por parte do cliente, entre outros. Vale dizer que à medida que a obra vai sendo planejada e controlada o custo da obra vai decrescendo. Todavia, planejar e controlar também resulta em despesas, por isso, deve-se estar atento para não ultrapassar os limites do planejamento e controle, ou seja, deve-se ficar atento para que a relação custo x benefício não seja negativa.

A gestão de custos é a realização de processos integrados, acompanhamento, aferição, medição, apropriação, controle e retro - alimentação. Trata-se de uma atividade técnica requerida ao construtor pelo processo de execução de um empreendimento. Sinaliza desvios de custo-tempo ao longo de todo o processo, visando à tomada de decisões corretivas.

- **Tempo**

A programação de obras proporciona a racionalização do processo produtivo do empreendimento através do estudo sobre o tempo de execução das atividades, custos e utilização racional dos recursos. Conforme PMBOK (2013), falar sobre o tempo em projetos trata-se de estimar as durações das atividades. É o processo de cálculo de número de períodos de trabalho que serão necessários para concluir tarefas específicas com os recursos estimados. O grande benefício deste processo é definir a quantidade de tempo necessária para concluir cada atividade, o que é uma entrada muito importante para a elaboração do cronograma.

O sucesso de um projeto está muito ligado ao gerenciamento de tempo do empreendimento. Problemas com o prazo do projeto causam impactos significativos, pois geralmente comprometem o custo e delongam a entrega do empreendimento. Neste sentido, gerir o tempo é crucial e exige muita disciplina e um controle eficiente para que problemas que podem afetar os prazos possam ser corrigidos em tempo hábil.

Vale ressaltar que esses critérios estão interligados de tal forma que a alteração de um pode afetar o desempenho do outro. Por exemplo: a alteração do cronograma gera impacto no orçamento, uma vez que, ao reduzirmos o tempo da duração das atividades, muitas vezes o orçamento precisará ser aumentado para adicionar recursos adicionais necessários para a execução da mesma quantidade de atividades em menos tempo. Caso não for possível o aumento no orçamento, em alguns casos, acontece a redução na qualidade e no escopo para entregar o produto do projeto em menos tempo e com o mesmo orçamento. As alterações nesses critérios ou objetivos do projeto é que gera riscos aos projetos e fazem com que as partes interessadas no projeto tomem decisões sobre quais critérios priorizar e muitas vezes por possuírem ideias conflitantes, a tomada de decisão torna-se um grande desafio. Nesse contexto, com a finalidade de entregar um projeto bem-sucedido, é exigida da equipe do projeto a capacidade de avaliar a situação, balancear as demandas e nutrir uma comunicação proativa com as partes interessadas.

Concluindo, pode-se dizer que o desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto é uma atividade iterativa elaborada de forma progressiva ao longo do ciclo de vida do projeto. A preparação progressiva abrange o progresso contínuo e a definição de um plano mediante a aquisição de informações mais detalhadas e específicas.

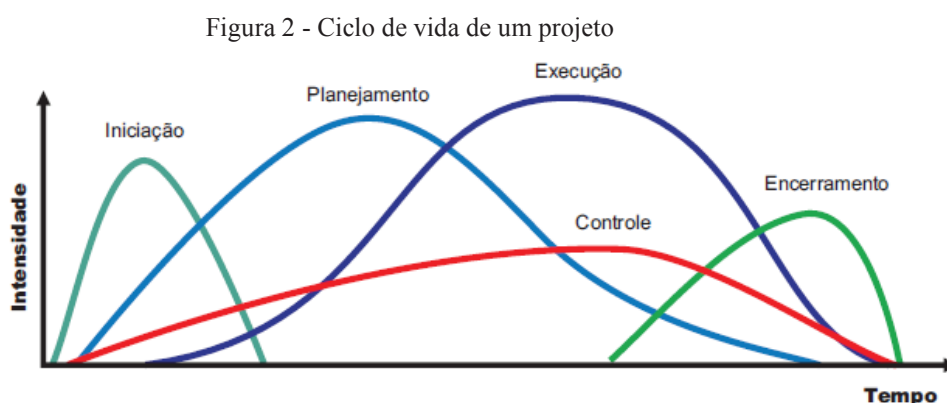
2.1 Ciclo de Vida do projeto

Todo projeto pode ser subdividido em fases que facilitam o controle de produção, reduzem as incertezas do projeto e criam uma ligação adequada de cada projeto com seus processos operacionais. De acordo com Viana (2005), qualquer projeto pode ser desmembrado em determinadas fases de desenvolvimento. A percepção dessas fases permite que a equipe de projeto apresente um melhor controle dos recursos necessários para atingir as metas estabelecidas. Esse conjunto de dessas fases denomina-se de ciclo de vida.

Conforme Mattos *et. al.* (2012), o ciclo de vida facilita a visualização do projeto desde o seu início até a sua conclusão, permitindo o estudo e a aplicação sistêmica das técnicas de gerenciamento de projetos. O término de uma fase é feito através da constatação dos principais produtos ou serviços produzidos, quanto aos aspectos de configuração, qualidade e da análise de desempenho da sua execução. Assim, a análise do ciclo de vida identifica o que foi feito e o que deixou de ser produzido pelo projeto e permite avaliar o

progresso do projeto. Ao longo do ciclo de vida, as características tendem a se modificar com a conclusão de cada fase do projeto e a incerteza, quanto aos prazos e custos, tende a diminuir com o término de cada fase.

Keelling (2002) afirma que a compreensão do ciclo de vida é importante para o sucesso na gestão de projetos, pois acontecimentos significativos ocorrem em progressão lógica e cada fase deve ser devidamente planejada e administrada. A Figura 2 apresenta o conjunto de processos que devem ser seguidos para que o projeto seja bem gerenciado.



Fonte: VALERIANO (2005)

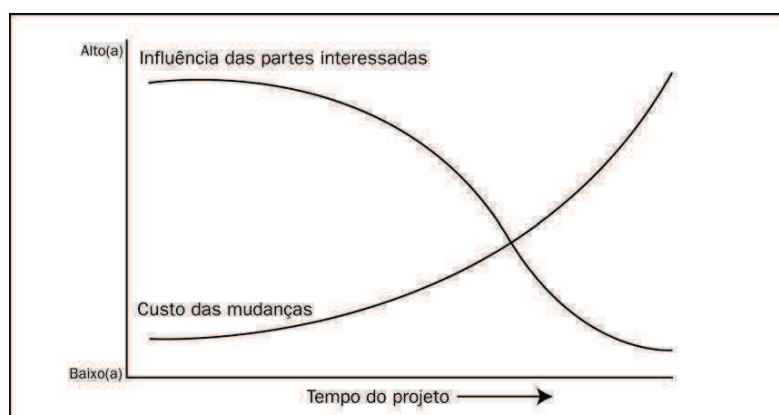
Conforme ilustrado na Figura 02, um projeto compõe-se dos seguintes processos:

- **Iniciação** - essa fase vai da ideia inicial até a autorização do projeto, ou seja, é a fase inicial do projeto que envolve a identificação de uma determinada necessidade e a sua transformação em um problema a ser solucionado. Vale ressaltar que, nessa fase, os objetivos do projeto são definidos;
- **Planejamento** – inicia-se com a formalização das etapas a serem seguidas durante o processo de execução, ou seja, é aqui que são determinadas as melhores estratégias para a execução do projeto. Aqui são estabelecidas o que fazer, como fazer, como, quando, por quem, por quanto e em que condições. Nessa fase os planos auxiliares de comunicação, qualidade, riscos, suprimentos e recursos humanos também são desenvolvidos;
- **Execução** – é o momento de executar tudo o que foi planejado na fase anterior. É nessa fase que a maior parte do orçamento é empregada. É durante essa fase que todos os erros cometidos nas fases antecedentes começam a aparecer;

- **Controle** - esta fase acontece em conjunto com o planejamento e execução do projeto. A finalidade é acompanhar e monitorar a execução, de modo a propor as ações corretivas e as preventivas no menor espaço de tempo possível;
- **Encerramento** - formalmente o projeto é concluído junto com cliente, os executantes, os patrocinadores e os contratados. Aqui todos os trabalhos executados são avaliados por uma auditoria interna ou externa e os documentos do projeto são encerrados.

As características do ciclo de vida são apresentadas na Figura 3. Na fase inicial os custos são baixos e tendem a aumentar com o avanço do projeto. No início, o nível de incertezas é elevado, consequentemente os riscos de não atingir os objetivos também são altos e com o desenvolvimento do projeto as incertezas vão diminuindo à medida que as decisões são tomadas e as entregas são aceitas. Outra característica é que, na fase inicial, a influência das partes interessadas é maior e vai caindo ao longo do projeto (PMI, 2004).

Figura 3 - Impacto de variáveis, com base no tempo decorrido do projeto.



Fonte: PMI (2004)

O ciclo de vida de projeto permite definir: o trabalho técnico a ser executado em cada fase do projeto; quando as entregas devem ser geradas e como cada entrega deve ser validada, verificada e validada; os agentes envolvidos em cada fase; e também como realizar o controle e aprovação de cada fase (PMI, 2004).

Para esta pesquisa focou-se na fase de planejamento do projeto, visto que esta fase é uma das mais importantes do ciclo da vida de um projeto e geralmente é na fase de planejamento que as incertezas são identificadas e são estabelecidos os procedimentos para o

início do tratamento das incertezas. Segundo Laufer (1990), o planejamento de um projeto é importante, pois: permite a compreensão fácil dos objetivos do projeto, aumentando a probabilidade de atingi-los; estabelece todas as atividades a serem executadas, tornando possível a capacitação de cada participante para o planejamento da sua parcela de atividades; proporciona uma melhor integração; produz informações que são essenciais para a tomada de decisão; eleva a velocidade de resposta para mudanças futuras; e fornece procedimentos para monitorar e controlar a execução do projeto.

2.2 Planejamento da Construção Civil

O planejamento é o processo que tem como objetivo estabelecer antecipadamente as atividades a serem executadas com a finalidade de alcançar um objetivo definido. Visa estabelecer não só as ações, mas também os recursos a serem usados, os métodos e os meios necessários para se alcançar os objetivos. Para isso, é crucial que a empresa consiga harmonizar a utilização dos recursos físicos e financeiros, para se obter uma demarcação precisa dos recursos necessários, ajustados com os prazos e custos (NOCÊRA, 2000),

Conforme Goldman (1997), o planejamento é em um dos fatores imprescindível para o sucesso de qualquer projeto. Na construção civil, é importante estabelecer um sistema que possa fazer fluir todas as informações e conhecimentos dos mais diversos setores e, posteriormente, conduzi-los de tal forma que todas essas informações e conhecimentos possam ser aproveitados pela empresa, sendo a realimentação do sistema uma de suas características.

Para Laufer (1990), o planejamento é considerado como um processo de tomada de decisão exercida para antecipar uma desejada ação futura, empregando meios eficazes para consolida-la. Esse processo é composto pelos seguintes elementos:

- O processo de tomada de decisão antecipado de quais ações serão executadas, como serão executadas e em que momento;
- O processo de integração de decisões interdependentes em um sistema de decisões;
- O processo que inclui a totalidade ou parte de uma cadeia de atividades que incluem: busca e análise de informação, desenvolvimento e concepção

de alternativas, análise e avaliação de alternativas e escolha tomada. Atuação da fase de análise é sistemática e explícita;

- Emprego de procedimentos e técnicas formais;
- Execução, que é o elemento mais importante do planejamento.

O planejamento em projetos tem a finalidade de reduzir as deficiências e elevar o desempenho em projetos de construção civil. Araújo e Meira (1997) argumentam que o planejamento é a função administrativa que envolve a delimitação de objetivos, diretrizes, planos, processos e programas. Para que esses objetivos sejam alcançados, com a máxima eficiência, é crucial que a empresa tenha uma boa integração entre os recursos físicos e financeiros, por meio do planejamento racional.

Conforme Borges (2013), tratando de projetos de edificações, o planejamento deve ser infinitamente mais preciso e ligeiro, pois a realização da mesma deverá acontecer em um prazo mínimo. Um pequeno problema nesse processo poderá aumentar os custos e consequentemente, acarretará em um dimensionamento quantitativo equivocado dos recursos necessários para a execução do projeto.

Na visão de Ballard e Howell (1998), o planejamento em muitas empresas limita-se apenas a criação de orçamentos, programações e outros documentos relacionados às etapas a serem seguidas durante a execução do projeto. Na literatura podem ser encontrados vários estudos que mostram que o setor da Construção Civil é repleto de deficiências nessa fase, levando ao insucesso de muitos projetos. Entre esses estudos, encontra-se o Bernardes (2001), que buscou identificar como as micros e pequenas empresas de construção podem melhorar seus sistemas de planejamento e controle de produção, Laufer (1990), que fez uma abordagem do PCP mais voltado para a visão do proprietário, Machado e Heineck (2006) que apresentaram um modelo para melhorar o processo de planejamento da produção na indústria da construção através da sistematização das medidas de antecipação de gestão, entre outros.

Apesar da realização de todas essas pesquisas sobre planejamento e controle da produção no setor da construção, ainda há uma lacuna no que fere a melhoria das informações que alimentam os planos de produção. Decisões que levam em conta questões operacionais do planejamento ainda são negligenciadas (MACHADO, 2006).

Na ótica de Koskela (2000), os problemas no processo de planejamento já são bem conhecidos. Tanto a produtividade como a segurança no trabalho e a qualidade no setor da construção civil têm-se revelado como insuficientes e aquém das outras indústrias. Os problemas de desempenho na construção desde sempre foram motivos de reflexão e, apesar de desenvolvimento de inúmeras técnicas para mitigar esses problemas, eles ainda são comuns nos dias de hoje. Dentre os problemas mais comuns no setor de Construção Civil, destacam-se: as falhas na elaboração de cronogramas de atividades; a falta de padronização dos elementos construtivos e de métodos adequados no controle de produção; a falta de coordenação entre todos os *stakeholders* do projeto, originando perda de tempo no fluxo de informações no grupo; e a falta de informações detalhadas atempadamente.

Outro problema que prejudica e muito o setor da construção civil são as perdas. O conceito de perdas na construção civil é geralmente associado unicamente a desperdícios de materiais. Porém, esse conceito deve ser entendido como qualquer ineficiência relacionada ao uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Sendo assim, as perdas referem-se tanto aos desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. Pode-se dizer que essas perdas são provenientes de um processo de baixa qualidade, que traz como resultado não só uma elevação de custos, mas também um produto final de qualidade deficiente.

Thomas e Sudhakumar (2014) citaram alguns fatores que comprometem o planejamento na construção, tais como:

- Indisponibilidade de material atempadamente no local de trabalho;
- Atrasos na entrega de material pelo fornecedor;
- Constantes revisões nos projetos, resultando em trabalho adicional;
- Condições climáticas adversas;
- Falhas no planejamento e programação das atividades;
- Equipamento não disponível ou avariado no momento preciso;
- Problemas com a qualidade de mão de obra;
- Falta de experiência dos supervisores;
- Problemas com a qualidade dos materiais;

- Condições de trabalho inseguras;
- Falta de espaço adequado para armazenamento de materiais;
- Problemas de comunicação;
- Excesso de horas extras.

A eficiência e a eficácia no processo de construção estão muito ligadas à qualidade de comunicação. Autores como Dainty, Moore e Murray (2006), Hoezen, Reymen e Dewulf (2006), Wikforss e Lofgren (2007), Lee e Bernold (2008), Freitas, Lima e Castro (2001), Shohet e Frydman (2003), Oliveira (2007), ressaltam a importância da comunicação na construção e apontam que problemas na construção são relacionados a problemas de comunicação e propõe melhorias no sistema de comunicação neste setor. Nesse contexto, para a redução do fracasso do planejamento e garantia do sucesso do empreendimento, é de extrema importância uma comunicação eficiente não só entre as equipes do projeto, mas também entre equipes do canteiro de obra e entre o gestor de projeto e os empreiteiros importância. Limmer (2013) diz ser possível encontrar nos dias de hoje obras habitacionais executadas de forma artesanal e sem um planejamento formal, onde somente o arquiteto e o mestre de obras são os responsáveis pelo o cumprimento do orçamento e cronograma estimado. No entanto, quando se trata de projetos complexos, um planejamento formal é crucial para o sucesso do empreendimento. Ainda se tem observado inúmeras falhas no processo de planejamento, tais como a falta da integração mínima necessária entre as equipes que fazem parte do processo de projeto, onde cada um realiza o seu projeto conforme a sua percepção sem que haja uma comunicação entre os integrantes. Situações como estas promovem incompatibilidades de projeto que só serão percebidos durante a execução e muitas vezes depois da execução, demandando mais recursos para a resolução dos problemas.

De acordo com Limmer (2013), o conceito atual da qualidade é holístico, diferente daquele no qual a qualidade almejada era estabelecida nas especificações do projeto, também conhecida por caderno de encargos. Os problemas com a qualidade dos materiais e de mão de obra empregados na construção civil é um dos problemas que vem perseguindo esse setor desde os tempos primórdios. No que se refere a qualidade dos materiais, vê-se, mesmo que ainda muito incipiente, uma certa preocupação dos fabricantes, mas quando se trata de qualidade de mão-de-obra, o problema é mais grave. O treinamento da mão de obra é ainda

muito insuficiente, onde o aprendizado dos operários na maioria se faz por “osmose” induzindo a erros e vícios.

Conforme Laufer e Tucker (1987), umas das grandes falhas no planejamento é que muitas empresas não consideram o PCP como um processo gerencial, mas sim como um resultado da implementação de técnicas de elaboração de planos: a incerteza que envolve os projetos de construção é comumente ignorada pelos gestores e constantemente falhas na implementação de sistemas computacionais para planejamento são evidenciados, onde muitas vezes são aplicados de forma inadequada. Formoso (1991) diz que há inconsistências no controle de atividades, onde geralmente é realizada a base de troca de informações verbais entre o engenheiro e o mestre-de-obras, sem criar um vínculo entre os planejamentos de curto e longo prazo.

Os problemas da Indústria da Construção Civil nos países em desenvolvimento são mais críticos, mais sério, mais complexo, do que em outros lugares. Os problemas mais preocupantes e que afetam mais este setor nos países em desenvolvimento incluem a falta de competências no gerenciamento, a falta de mão de obra qualificada, a baixa produtividade, a falta de suprimentos, a má qualidade de fornecimento de materiais e falta de equipamentos. Além de questões técnicas, problemas relacionados com o gerenciamento de projetos são um dos aspectos mais importantes para os empreiteiros de construção, uma vez que têm de lidar com restrições substanciais, tais como informações imprecisas, o comportamento imprevisível do cliente e projetos com falhas (OFORI, 1993),

Concluindo esse capítulo, vale mencionar que, o planejamento está intrinsecamente relacionado com a tomada de decisão, pois é através do processo decisório que os objetivos definidos no planejamento podem ser cumpridos. No entanto, tem-se observado que, o risco incorporado nesses processos é um fator pouco considerado, o que conduz ao insucesso em muitos projetos. Neste contexto é necessário um processo sistemático para identificar e tratar os riscos, reduzindo a vulnerabilidade dos processos de tomada de decisão (LIMMER, 2013),

3 RISCOS E TOMADA DE DECISÃO EM SITUAÇÃO DE INCERTEZA

3.1 Riscos e incertezas

O termo risco é bastante utilizada quando se trata de circunstâncias pessoais (saúde, seguros, investimentos etc.), sociedade (terrorismo, desempenho econômico, segurança alimentar etc.) e negócios (governança corporativa, estratégia, continuidade de negócios). Porém, ainda não existe um consenso quando se trata de defini-lo. Podem ser encontrados diversos documentos e diretrizes nacionais e internacionais que mencionam o risco, mas há muitas definições distintas e julgamentos subjacentes nesses documentos. Mesmo entre os profissionais da área, nas diversas organizações profissionais, há um debate em curso sobre o assunto. Mesmo havendo essas divergências de pormenor, todas as definições admitem que o risco possui duas características: a primeira é que ele está relacionado com a incerteza e a segunda é que possui consequências. Sendo assim, o risco pode ser simplesmente definido como uma incerteza que pode gerar um efeito negativo ou positivo sobre os objetivos de projeto, uma vez que a incerteza sem consequências não representa qualquer risco (HILLSON e MURRAY-WEBSTER, 2004).

Os riscos do projeto são oriundos das incertezas que estão presentes em graus diferentes em todos os tipos de projetos. No entanto, mesmo estando relacionados, estes dois termos são duas coisas distintas. A principal diferença entre o risco e a incerteza surge da consideração das consequências. Segundo Jaafari (2001), a incerteza está relacionada com a probabilidade da ocorrência de um evento, ou seja, quando a probabilidade de ocorrência de um evento é 100%, dizemos que estamos perante uma certeza e estamos perante a incerteza quando não se sabe qual a probabilidade de sua ocorrência. Nesse sentido, é importante citar que nem todos os eventos incertos devem ser considerados de riscos, isso quando a incerteza é irrelevante para os objetivos do projeto.

Para Morgan e Henrion (1990), os riscos são eventos sobre os quais pode-se refletir em termos de probabilidade de ocorrência e grau de impacto e quantificar de algum modo, enquanto que a incerteza entra no domínio do imprevisível, daquilo sobre o qual não se pode elaborar previsões. Assim, pode-se dizer que não há risco se não houver incerteza, contudo poderá haver incerteza sem haver risco. Continuando com a reflexão sobre essa relação, Olsson (2002) diz que, só existe risco quando há incerteza, mas a recíproca não é verdadeira: pode sim existir incerteza sem risco.

Conforme exposto por Perminova, Gustafsson e Wikstrom (2008), a incerteza do projeto é descrito como a probabilidade de o projeto não alcançar o seu objetivo ou quando não se conhece a probabilidade de ocorrência de um evento. Sob essa perspectiva, a incerteza está intrinsecamente relacionada às medidas de desempenho do projeto: tempo, orçamento, escopo e qualidade. Essa abordagem assemelha-se às práticas do gerenciamento tradicional do projeto ao defender que os procedimentos de planejamento são essenciais para o sucesso do projeto. Contudo, o planejamento não deve ser visto somente como uma administração de requisitos legais, mas também como um meio para a coleta de informações, integração, avaliação e tomada de decisão pró-ativa.

Bu- Qammaz (2007) argumenta como a definição do termo risco evoluiu ao longo dos anos, tendo como base as publicações e trabalhos realizados em cada época:

- Até o final dos anos 1990, a maioria das publicações realizadas propuseram uma definição negativa do risco, tratando do risco unicamente como uma ameaça. As definições propostas nessa época têm visto o risco como uma incerteza que poderia gerar um efeito prejudicial/indesejável sobre um ou mais objetivos do projeto;
- Do final dos anos 1990 em diante, surgiram dois pontos de vista diferentes, a primeira define o risco como uma incerteza que pode afetar os objetivos do projeto, porém, não foi especificada a natureza do efeito e a outra com uma definição mais ampla do risco tratando como uma incerteza que poderia ter um efeito positivo (oportunidades) ou negativo (ameaças) sobre um ou mais objetivo do projeto;
- E por fim, com o novo milênio, o objetivo principal dos documentos publicados em matéria de gerenciamento de risco era redefinir explicitamente o risco para incluir tanto ameaças como oportunidades.

Conforme Baloi e Price (2003), o conceito de risco depende do ponto de vista de cada pessoa e geralmente é visto como um conceito abstrato, cuja medição é muito difícil. Por exemplo, os engenheiros, projetistas e empreiteiros tem uma visão do risco a nível tecnológico, os investidores tendem a vê-los do ponto de vista econômico e financeiro, profissionais de saúde e ambientalista têm uma visão sob a perspectiva ambiental. Tratando-se de projetos de construção, o risco pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de

um evento que seja prejudicial para o projeto. Dado que os objetivos dos projetos de construção são geralmente apresentados como metas estabelecidas para a função custo-tempo-qualidade, os riscos mais importantes na construção são o não cumprimento dessas metas.

Para Franke (1987), o risco total de um projeto resulta da junção do risco individual dos componentes. No entanto, a avaliação pode ser expressa num modelo matemático no qual irá conduzir a contingência total necessária (C_o) para o total de valores de risco individual (R_v), conforme a Equação 01.

$$C_o = \sum R_v = f(R_s, P_o) \quad (01)$$

O valor do risco depende da determinação do risco individual estimado (R_v) e da probabilidade da sua ocorrência (P_o). Em outras palavras, o total do risco individual corresponde a contingência total necessária. Desse modo, as diferentes opiniões de especialistas são compiladas e avaliadas para formar combinações de valores.

As empresas construtoras interagem muito com o meio ambiente em que estão inseridas e inevitavelmente sofrem influências desse meio. Conforme exposto por Baloi e Price (2003), o ambiente do projeto pode ser subdividido em ambiente interno, ambiente operacional e ambiente externo ou geral, e cada ambiente traz os seus riscos específicos. Os de riscos internos são riscos específicos das organizações e estão sob o controle das mesmas, tais como o suprimento de materiais, a qualidade dos materiais e dos serviços, disponibilidade de equipamentos. Enquanto que, os riscos externos, são fatores de risco que nem sempre são considerados nos orçamentos e que podem causar elevados danos financeiros. São chamados de externo porque ultrapassam os limites das organizações, ou seja, não conseguem controlá-los. Jaafari (2001) aponta como fatores externos as pressões comerciais e concorrenciais, colisão de normas e regras com metas financeiras e técnicas de projetos sociais, políticas, alterações nos projetos, entre outras. Segundo Tah e Carr (2001) e Chapman (2001), os riscos externos são relativamente incontrolláveis exigindo das empresas uma maior cautela na previsão destes riscos e no gerenciamento de seus efeitos sobre os objetivos do projeto. E, os fatores internos são mais controláveis e oscilam de projeto para projeto, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplos de riscos controláveis e riscos incontroláveis

Riscos	
Controlável	Incontrolável
Atraso no planejamento	Falência do projetista
Falhas na coordenação de projeto	Inflação / Tributação
Entrega atrasada dos desenhos finais aos subempreiteiros	Conclusão tardia das infraestruturas por outros
Informação para produção com erros	Mudanças nas legislações

Fonte: Chapman (2001)

Jaafari (2001), em seu trabalho sobre a gestão de riscos, incertezas e oportunidades em projetos, cita algumas variáveis de riscos, dentre elas estão o risco do mercado, o risco político, os riscos técnicos, os riscos financeiros, os riscos operacionais, os riscos ambientais, a estimativa de custos, o risco de cronograma, o risco organizacional. Kerzner (2009), diz que os riscos dos projetos de construção, resumem em riscos técnicos com origem na definição de escopo, requisitos técnicos, tecnologias, segurança e construtibilidade. Consideram também os riscos associados à disponibilidade de recursos humanos, estrutura organizacional, conhecimento técnico, riscos de ordem comerciais decorrentes de condições contratuais, riscos de recursos financeiros e terceirização. Mustafa e Al-Bahar (1991) citam os atos de Deus (condições climáticas, terremoto, deslizamento, fogo, etc.), riscos físicos (danos à estrutura, roubo de equipamentos, etc.), riscos financeiros e econômicos (inflação, disponibilidade de fundos do cliente, variação cambial, etc.), riscos políticos e ambientais (alterações nas leis e regulamentos, guerras e desordem civil, poluição, etc.), riscos de projeto (projetos com defeitos ou incompletos, erros e omissões, especificações inadequadas, etc.) e riscos relacionados com o local de trabalho (greves dos trabalhadores, falhas nos equipamentos, trabalhos com defeitos, produtividade, etc.), como as fontes principais de riscos em projetos de construções.

Em projetos de construção, os riscos podem gerar impactos severos nos objetivos do projeto originando um aumento no custo da obra, e conseqüentemente um retorno menor sobre o investimento para o cliente e um prejuízo na receita do contratante, entre outros. Sendo assim, é imprescindível que o gestor tenha um excelente domínio do projeto e dos riscos, pois, muitas das decisões estão essencialmente direcionadas para amenizar o risco, sendo necessária a realização, o mais cedo possível, do processo de gerenciamento de riscos.

O gerenciamento de risco de um projeto é uma parte fundamental do processo de tomada de decisões em uma empresa de construção. Os riscos têm influência na produtividade, no desempenho, na qualidade e no orçamento de um projeto de construção. Assim, o gerenciamento de risco tem como principal finalidade diminuir as incertezas e, assim, aperfeiçoar a tomada de decisões. Vale ressaltar que, existem diferentes tipos de riscos, provindas de fontes diferentes, o que dificulta bastante a escolha da melhor técnica de gerenciamento e conseqüentemente o processo decisório. Contudo, o gerenciamento de risco, quando implementado de forma sistemática desde a fase inicial até a conclusão da obra, destaca-se como a peça chave para o sucesso do empreendimento (PMBOK, 2013).

AS/NZS 4360 (2004) destaca que, o gerenciamento de riscos é o emprego metódico de políticas, procedimentos e práticas de gestão para o estabelecimento dos contextos e para a identificação, análise, avaliação, tratamento, monitoramento e comunicação de riscos. Segundo a ISO: 21500 (2012), a gestão de riscos é um conjunto de atividades coordenadas para gerir e controlar uma organização no que se refere ao risco envolvendo o conjunto de componentes que fornecem os arranjos necessários para a concepção, implantação, monitoramento, análise crítica e melhoria contínua para a gestão dos riscos. No guia PMBOK (2013), está escrito que gerenciar riscos envolve processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas e controle de riscos de um projeto. Tem a finalidade de aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e minimizar a probabilidade e o impacto dos eventos negativos no projeto.

Sob a ótica de Baloi e Price (2003), a gestão não sistemática de riscos pode gerar impactos negativos aos objetivos do projeto, visto que a maioria dos riscos são dinâmicos durante todo o ciclo de vida do projeto. Contudo, ainda existem profissionais que não se conscientizaram da sua importância e enxergam essa prática como um custo adicional. Além de setores de alto risco, como a exploração de petróleo e petroquímica, existe uma lacuna significativa entre a teoria e a prática da gestão de risco existente na indústria da construção.

Conforme Kerzner (2009), o gerenciamento de risco de projeto tem como objetivo auxiliar os gestores na demarcação de prioridades, alocação de recursos e implantação de ações e processos que possam reduzir os riscos de o projeto não alcançar os seus objetivos. Mesmo com todas essas vantagens, Rabechini Jr. e Carvalho (2012) afirmam que, menos de

5% dos profissionais posicionam-se como gestores de risco dedicado, ou seja, o gerenciamento de riscos é usualmente realizado pelo gestor de projetos.

As vantagens do gerenciamento do risco vão além de um meio de ajuda para ter projetos concluídos dentro do orçamento e do prazo. Essa prática pode ainda proporcionar os seguintes benefícios, segundo SERC (1991):

- Levar as políticas de tomada de decisões a serem mais sistemáticas e menos subjetivas;
- Levar as políticas de tomada de decisões a serem mais sistemáticas e menos subjetivas;
- Permitir a comparação de projetos pela sua robustez em relação a incertezas específicas;
- Dar um entendimento melhorado do projeto através da identificação de riscos e de um pensamento através de cenários de respostas;
- Demonstrar a responsabilidade da companhia para com os clientes;
- Ter um poderoso impacto no gerenciamento por forçar a direção a imaginar que existe uma faixa de possíveis resultados para um projeto.

Conforme citado no capítulo anterior, os riscos e incertezas são mais elevados na fase inicial do projeto, quando muitos aspectos técnicos ou de planejamento ainda não estão definidos ou estruturados e a tendência é que ao longo da vida do projeto haja um declínio desses fatores, à medida que as decisões são tomadas e as entregas são aceitas. Nesse contexto, faz-se necessário a aplicação do gerenciamento nessa fase, pois o custo e os recursos necessários para corrigir o evento de risco são consideravelmente maiores na fase final do projeto. Isso porque quanto mais tarde for a tomada de decisão para mitigá-los, mais drásticas serão as medidas a serem adotadas (PMBOK, 2013).

Jaafari (2001) relata que, a literatura de gerenciamento de risco e as denominadas melhores práticas de gestão fazem uma abordagem da análise de risco mais focada na identificação das fontes e não dão a devida atenção à modelagem adequada e à quantificação dos riscos. Alguns gestores creem que a modelagem quantitativa é impraticável e que somente é necessário desenvolver uma tabela contendo os prováveis riscos, sua classificação e algumas

ações a serem tomadas para mitiga-los. No entanto, é importante que essa análise não seja tomada como uma atividade isolada e as estratégias desenvolvidas devem ser vistas como um componente de todas as decisões tomadas continuamente para responder à dinâmica do projeto.

Ainda o mesmo autor expressa que, gerenciar riscos envolve a avaliação da situação em tempo real e a consideração de alguns fatores importantes para que as decisões sejam tomadas de forma proativa, almejando elevar as probabilidades de alcançar ou até superar as metas estabelecidas para o projeto. Assim, para que isso seja possível, é essencial que as decisões sejam tomadas tendo em conta os objetivos e as funções de cada fase do ciclo de vida de projeto. Também vale mencionar que, é importante que haja uma integração entre as fases do projeto, ou seja, que as informações possam fluir de uma maneira contínua e integrada ao longo do ciclo de vida de modo que as informações não se percam entre uma fase e outra.

Um fator de extrema importância, citado por Jaafari (2001), é a influência de variáveis ambientais, tais como a segurança, os impactos ambientais, a incerteza sazonal, a aceitação legal, e os fatores políticos e sociais. Para um bom gerenciamento de riscos, é necessário que essas variáveis sejam compreendidas e sejam integradas com as outras funções de decisão. A influência da incerteza sazonal no gerenciamento de riscos foi estudada por Acebes *et al.* (2014), que afirmam que o risco do projeto em um determinado momento é calculado como o risco do projeto de tarefas pendentes (aquelas ainda não concluída), assumindo que o projeto tem realizado como planejado até um determinado tempo. O risco do projeto em cada período de tempo (medido como o valor da variação da duração total do projeto) é determinada pela incerteza de cada atividade juntamente com a incerteza sazonal (dependendo do tempo de execução do projeto), que podem ter um impacto negativo sobre a atividade. Assim, pode-se concluir que o nível de risco do projeto aumenta quando a atividade afetada pela incerteza sazonal é realizada em períodos com maior probabilidade de geadas.

Outro fator muito considerado na literatura como um fator crucial para o sucesso do gerenciamento de riscos é a maturidade de gerenciamento de riscos. Refere-se ao nível de capacidade que uma determinada organização possui na compreensão do cenário do risco, ou seja, a forma como as organizações lidam internamente com os eventuais riscos. Salawu e Abdullah (2015) salienta que a avaliação da capacidade de risco dos contratantes antes da

adjudicação contribuiria significativamente para o sucesso do projeto. Abderisak e Lindahl (2015) expressam que, a maturidade é avaliada através da utilização de diferentes modelos que pretendem medir graus de capacidade em diferentes áreas, como o risco. Estes modelos incluem o *Project Management Maturity Model* (PM3®), *The Portfolio, Programme and Project Management maturity Model* (P3M3®) e *PRINCE2 Maturity Model* (P2MM®). Ainda, Backlund, Chronéer e Sundqvist (2014) exprimem que as organizações com níveis de maturidade mais elevados demonstram eficiência e eficácia no seu processo de gerenciamento de projetos e também adquirem certa vantagem competitiva no mercado.

Baloi e Price (2003) dizem que as evidências apontam que há uma lacuna entre as técnicas de gerenciamento de risco existentes e a sua aplicação prática por gestores de projetos. Sendo assim, existe uma necessidade de explorar novas direções na gestão de risco, de modo a responder às expectativas da indústria de construção no sentido de melhorar a eficácia e eficiência de gestão de risco. Citada por Serpella *et al.* (2014), uma das causas da falha no gerenciamento de riscos em projetos de construções é a falta de conhecimento e experiência dos gestores. Assim, para um gerenciamento eficaz e eficiente dos riscos, é essencial adotar uma metodologia adequada, sendo importante: ter conhecimentos e experiências dos riscos que podem ocorrer durante a execução do projeto; ter uma noção de quais as ações que podem funcionar ou não, dependendo do evento; e saber as formas de avaliar um risco ou estimar a probabilidade de que isso irá ocorrer.

Segundo Cooper *et al.* (2005), um bom gerenciamento de riscos do projeto dentro de uma organização tem as seguintes características:

- Atividades de gerenciamento de riscos do projeto começam no início do projeto, os planos de gestão de riscos são desenvolvidos e gestão de risco continua durante todo o ciclo de vida do projeto;
- Gestão de risco do projeto não é um processo autônomo discreto, mas é integrado com outras funções de gerenciamento de projetos;
- A implantação da gestão de risco do projeto é a responsabilidade de todos os participantes do projeto e participam ativamente do processo.

Conforme o Guia PMBOK (2013), o gerenciamento de risco inclui os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, monitoramento e controle.

A FHWA (2006) indica as seguintes etapas: identificação, avaliação, análise, mitigação, alocação, monitoramento e atualização. Caltrans (2012) argumenta que, embora os detalhes dos processos de riscos possam variar conforme o empreendimento, a gestão de risco tem três partes importantes: identificação, análise e ação.

A identificação das incertezas do projeto é uma das etapas mais críticas do processo de gerenciamento, pois aquelas não identificadas não serão analisadas e tratadas. Segundo a guia PMBOK (2013), a identificação e documentação deve ser analisada de forma a observar as tendências gerais na indústria da construção civil que geram altos riscos, podendo causar elevação nos custos e no tempo de execução do projeto. Para Cooper *et al.* (2005), este processo, em cada área do projeto a ser abordado, deve ser estruturado com os elementos-chave para permitir uma análise sistêmica. Existem algumas técnicas que podem ser utilizadas para a identificação, sendo o método *brainstorm* um dos mais utilizados devido a sua flexibilidade e capacidade de gerar uma ampla e diversificada lista de incertezas quando adequadamente estruturado. As informações utilizadas no processo podem incluir dados históricos, análise teórica, dados empíricos e análises, opiniões informadas da equipe do projeto e outros especialistas, e as preocupações das partes interessadas.

Na visão de Estrela (2008), um erro comum é a identificação somente na fase inicial do projeto e apenas monitorar o seu “status” ao longo da sua vida. Sabendo que todos os projetos sofrem mutações das suas condicionantes iniciais, sejam estas externas ou internas, a lista das incertezas deve ser revista com periodicidade, nunca menos que uma vez por mês, para que novas incertezas identificadas possam ser incluídas.

É importante que toda a equipe do projeto esteja engajada no processo e estar ciente da responsabilidade em relação aos riscos e às ações de respostas estabelecidas. Como resultado dessa etapa, tem-se a matriz de riscos, onde são registradas as incertezas e documentada as suas características, além de determinar as respostas e definir as responsabilidades. A matriz de riscos é um instrumento de gestão que também tem a função de auxiliar na comunicação e dá subsídio às demais etapas do gerenciamento de riscos (DNIT, 2013).

A outra etapa importante do gerenciamento de risco é a análise do risco identificado. Na visão do Cooper *et al.* (2005), a análise de risco é o uso sistemático de

informações disponíveis para determinar a frequência da ocorrência dos eventos específicos e a magnitude de suas consequências. Pode utilizar qualquer um de uma ampla variedade de modelos e técnicas matemáticas para realizar essa tarefa. Essa etapa do processo de gerenciamento de risco gera uma lista priorizada de riscos e uma compreensão detalhada dos seus impactos sobre o sucesso do projeto, caso eles ocorram. Ao analisar os riscos, torna-se possível produzir dados que facilitarão na tomada de decisão sobre quais os riscos devem ser priorizados, ou seja, que riscos devem ser tratados. Isso abrange considerações sobre a origem dos riscos, suas consequências e as probabilidades de ocorrência dos mesmos. Desse modo, avaliar o nível do risco faz-se a combinação entre as consequências e probabilidades.

Os riscos podem ser avaliados qualitativamente e quantitativamente ou ainda, dependendo das circunstâncias, pode ser feita uma combinação das duas. Segundo PMI (2004), a análise qualitativa de riscos envolve métodos de priorização dos mesmos, permitindo que as organizações melhorem o desempenho do projeto, focando apenas nos riscos identificados como de alta prioridade. A priorização é realizada baseando-se na probabilidade de ocorrência, o impacto sobre os objetivos do projeto caso o evento ocorra, além de outros fatores como o prazo, custo e qualidade do projeto. As definições dos níveis de probabilidade e impacto e as entrevistas com especialistas podem ajudar a corrigir desvios frequentemente presentes nos dados usados neste processo. Essa atividade, normalmente, é realizada fazendo o uso de uma tabela de pesquisa ou uma matriz de probabilidade e impacto. A matriz, Tabela 1, é uma combinação da probabilidade da ocorrência do risco e do grau do impacto gerado no projeto, que levam à classificação dos riscos como de prioridade baixa, moderada ou alta. Podem ser usados termos descritivos ou valores numéricos, dependendo da preferência organizacional.

Tabela 1 – Matriz de probabilidade e impacto

Matriz de Probabilidade e Impacto										
Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05

Fonte: Adaptado do PMI (2004)

Já a análise quantitativa, conforme o Guia PMBOK (2013), consiste em analisar numericamente os efeitos dos riscos identificados nos objetivos do empreendimento e apresenta uma abordagem quantitativa para a tomada de decisões. Neste tipo de análise, existem duas técnicas de apresentação e coleta de dados: a entrevista e a distribuições de probabilidades.

Na ótica de Kerzner (2011), após a realização da análise de riscos, em alguns casos é necessário converter os resultados em níveis de risco. Quando a análise utilizada for quantitativa, os resultados podem ser agrupados por riscos de custos, riscos de cronogramas, ou limites de riscos técnicos que foram especificamente adaptados para o projeto, ou ainda, pela realização de uma análise de *cluster* (estatística) sobre os resultados. Quando a análise de riscos for qualitativa, as classificações dos riscos servem para indicar o grau de potencialidade dos riscos. Usualmente, as classificações são uma medida da probabilidade de ocorrência e as consequências normalmente são expressas em baixo, médio, médio alto e alto. Dizemos que estamos perante um risco alto quando o impacto nos objetivos do projeto for elevado, risco médio, quando se tem algum impacto nos objetivos e risco baixo, quando o impacto é mínimo.

Conforme Dikmen, Birgonul e Arikan (2004), o gerenciamento de risco de um projeto é uma parte fundamental do processo de tomada de decisões em uma empresa de construção. Ferramentas de apoio são necessárias para sistematizar o processo decisório, para superar algumas das dificuldades analíticas (tais como o cálculo do desempenho do projeto em diferentes cenários) e para incorporar a experiência de projetos anteriores no processo decisório.

3.2 Processo decisório

Decidir, fazer uma escolha quando se está perante várias soluções possíveis, faz parte do nosso quotidiano. Constantemente, o ser humano enfrenta situações em que é preciso tomar uma decisão das mais simples às mais complexas, que pode ser individual ou coletiva, no campo profissional ou na vida pessoal, nas organizações ou sociedades públicos ou privados (BANA E COSTA, 1988).

Segundo Borgert (1999), as decisões abrangem diferentes níveis de responsabilidade e podem ocasionar impactos diretamente sobre o decisor, às pessoas ao seu redor, à organização em geral, ou mesmo à própria nação. O processo decisório pode ser caracterizado como simples e complexo. Uma situação de decisão simples pode ser caracterizada por: apresentar fácil resolução, não exigindo maiores esforços para o entendimento e busca de possíveis soluções; e envolver poucas variáveis, apresentando um único ou poucos decisores com objetivos e contexto bem delimitados. Por outro lado, uma situação decisional complexa envolve vários decisores com diferentes níveis de *status*, valores e objetivos múltiplos e normalmente conflitantes. Nesse caso, as alternativas viáveis não são fáceis de serem encontradas, fazendo necessário um esforço maior dos decisores para a resolução do problema. Desse modo, a tomada de decisão, deve obter a opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, ou ainda, a mais perfeita combinação entre as perspectivas do “decisor” e as suas disponibilidades em adotá-la, levando em conta a relação entre elementos objetivos e subjetivos.

Perdigão *et. al.* (2012) exprime que, normalmente, as decisões são baseadas em duas vertentes: em situações de certeza e em situações de incerteza. Diz-se estar numa situação de certeza quando se tem certo domínio sobre as variáveis que influenciam a decisão, geralmente situações relacionadas ao ambiente interno das organizações. De acordo com Ferreira (1994), tratando-se da tomada de decisão em situação de certeza, o evento que pode ocorrer é conhecido, assim, o decisor deverá se preocupar apenas em escolher qual a melhor alternativa caso o evento ocorra. Em alguns casos, as alternativas diferem em apenas um critério e existem casos em que as alternativas diferem em mais do que um critério, exigindo abordagens diferentes. A condição de incerteza, por sua vez, caracteriza-se pela ausência do domínio sobre as variáveis associadas ao ambiente externo das organizações. Tomada de decisão em situações de incerteza vem sendo largamente pesquisada, por Jaafari (2001), Migilinskas e Ustinovičius (2008), Koppenjan e Klijn (2004), Hammond, Keeney e Raiffa (2004), dentre outros, pesquisaram os processos decisórios em situações de incertezas.

Além das duas vertentes citadas anteriormente, o processo de tomada de decisão, conforme Bispo e Cazarini (1998), é influenciada por alguns fatores importantes. Um dos fatores relevante é a cultura dos decisores, ou seja, o mesmo problema pode ter várias percepções dependendo da cultura em que o decisor pertence. Em alguns casos, mesmo num

lugar onde a cultura é a mesma para todos, ainda há o problema com nível de aquisição desta cultura, que pode ser diferente entre as populações, causando níveis de compreensão diferentes para o mesmo problema. Como exemplo, os autores citam o problema de desemprego, que pode ser percebido de maneira diferente entre as pessoas com diferentes níveis de cultura.

Outro fator importante é a quantidade de informações relacionadas ao problema em questão. Quanto mais informações o decisor obtiver sobre o problema, obviamente, mais fácil e rápida será a sua compreensão e melhor a solução adotada. No entanto, deve-se também preocupar com a veracidade e qualidade das informações adquiridas. Muitas vezes, pode-se até obter um grande número de informações, porém, pouquíssimas informações relevantes para a resolução do problema. Para além disso, é importante saber trabalhar com essas informações, saber como realizar a integração, como proceder com a coleta segura dessas informações. Isso tudo porque, o processo decisório está intensamente relacionado com o tempo e com a habilidade humana e/ou computacional de processar informações em tempo hábil.

O fator emocional, conforme Bispo e Cazarini (1998), exerce uma grande influência no processo decisório, principalmente na hora da seleção da melhor alternativa. Em muitos casos, este fator é o que mais pesa na decisão, levando o decisor a escolher a alternativa que não necessariamente é a melhor escolha. Fatores como a inteligência do decisor, o seu nível social, o sexo, a religião, os costumes, as crenças, a ética, a motivação, a organização, a saúde, a família, entres outros, também afetam o processo decisório.

Ainda existe, a questão das atitudes do decisor em relação ao risco, ou seja, se ele é avesso, propenso ou neutro. Gomes e Gomes (2012) explicam sobre as tendências do decisor utilizando as loterias. O comportamento das preferências do decisor no que se refere a loterias e seu equivalente certo definem o perfil do decisor.

Seja uma loteria $(x_1, p; x_3)$, onde x_1 , p e $x_3 = 1/2$. A consequência esperada dessa loteria pode ser obtida da seguinte forma:

$$x = x_1^{1/2} + x_3^{1/2} \tag{02}$$

$$x = (x_1 + x_3)^{1/2} \longrightarrow \text{consequência esperada}$$

Assim, caso o decisor esteja numa situação em que é preciso mostrar a sua preferência por umas das seguintes opções:

- a) \bar{x} , ou
- b) Loteria $(x_1, p; x_3)$.

Se o decisor optar pela opção “a”, quer dizer que ele prefere evitar o risco relacionado a loteria, ou seja o decisor é **avesso ao risco** (Figura 5). Vale ressaltar que, nesse caso, a utilidade do valor esperado é maior do que a utilidade do equivalente certo.

Por outro lado, o decisor perante duas opções de escolha, de modo que ele tenha que escolher entre uma loteria do tipo $(x_1, p; x_3)$ e a consequência esperada \bar{x} .

Assim, seja uma loteria $(x_1, p; x_3)$, onde $x_1 > x_3$ e $p = 1/2$. A consequência esperada dessa loteria pode ser obtida da seguinte forma:

$$\bar{x} = x_1^{1/2} + x_3^{1/2} \quad (03)$$

$$\bar{x} = (x_1 + x_3)^{1/2}$$

Se o decisor optar pela loteria em vez da consequência esperada, então ele prefere assumir o risco associado a loteria, ou seja, o decisor é **propenso ao risco** (FIGURA 4).

Figura 4 - Curvas de utilidade



Fonte: Ferreira (1994)

Para além das atitudes dos decisores em relação ao risco, a estruturação do problema é um ponto que deve ser bem trabalhado para que se possa ter bons resultados. Ou seja, o problema deve ser modelado, isto é, transforma-lo em um problema simplificado, mas

que ainda seja aceito pelo decisor como sua representação mental da situação e que permita sua manipulação e avaliação. Vale dizer que, quanto mais estruturado for o problema, mais o decisor pode fazer o uso de técnicas e modelos desenvolvidos nas mais diversas áreas do conhecimento.

A tomada de decisão não se trata de uma ação individual e única, mas sim envolve fatores técnicos, políticos e organizacionais na busca da melhor solução para o problema em questão. Geralmente os problemas exibem-se de forma vaga, confusa e normalmente mal definidos na visão dos decisores e quanto mais estes influenciarem a organização, mais importância se dá às metodologias que apoiem na melhoria do nível de tomada de decisão. Contudo, nota-se que os decisores tendem a dedicar mais tempo e esforço sobre a etapa de resolução dos problemas do que na etapa de definição (BORGERT, 1999).

De acordo Ferreira (1996), evidentemente, o uso de técnicas e modelos deverá depender não só do conhecimento do decisor, mas também da natureza do problema em causa. Desse modo, faz-se necessário uma abordagem mais abrangente e um conjunto de métodos que auxiliam na tomada de decisão. Esses métodos devem apoiar e conduzir o decisor quando está perante problemas complexos e deve levar em consideração os valores dos agentes de decisão para que suas preferências e percepções sejam associadas aos vários fatores externos que influenciam a tomada de decisão, tais como a incerteza, objetivos em conflito e existência de múltiplos agentes decisores. Assim se destacam os métodos multicritérios como instrumentos de apoio à tomada de decisões (BANA E COSTA, 1988).

3.3 Métodos de decisão multicritério (MCDM)

Segundo Roy (1996), as decisões são tomadas quando há uma necessidade de escolher entre fazer ou não fazer algo. Essas decisões relatam os objetivos das organizações, sejam planos de crescimento, implantação de estratégias, desenvolvimento político, dentre outros fatores que podem ser considerados. O processo de decisão em um ambiente complexo está envolvido por informações ambíguas e/ou imperfeitas, múltiplos critérios de escolha e inúmeros agentes de decisão. Além disso, o processo de decisão abrange múltiplos objetivos que normalmente são divergentes entre si, fazendo com que a escolha por um deles provoque a desvalorização do outro. Nesse contexto, os métodos de decisão que consideram mais de um critério são definidos como métodos de decisão multicritério (MCDM).

O apoio multicritério à decisão pode ser definido como uma tarefa de um analista que através do uso de métodos explícitos e suficientemente formalizados, auxiliam na obtenção de elementos de respostas para as questões colocadas pelos decisores ao longo do processo. Estes elementos trabalham no sentido de esclarecer a decisão e recomendar, ou simplesmente favorecer um comportamento que vai aumentar a coerência entre a evolução do processo com os objetivos e sistemas de valores dos decisores (ROY, 1996). Para Gomes e Gomes (2012), nesses métodos, algumas alternativas são avaliadas segundo um número determinado de critérios, sendo que cada critério leva a uma ordenação particular das alternativas, fazendo com que seja necessária a adoção de algum mecanismo capaz de construir uma ordenação geral de preferências, também chamada de *ranking* ou classificação.

A metodologia multicritério de apoio à decisão direciona os esforços para a construção de modelos de processo decisório segundo os juízos de valor dos decisores, para então proceder a avaliação. Tais modelos devem permitir aos atores observar os resultados das suas preferências, anseios, percepções e julgamentos em relação ao contexto decisório. Outro aspecto importante é a possibilidade de um ator rever seus juízos e avaliar os resultados globais em função do seu aprendizado com o problema, que a metodologia propicia, e das alterações que podem ocorrer no meio externo.

De acordo com Gomes e Gomes (2012), quando as decisões são tomadas em grupo, as preferências de cada decisor podem ser combinadas de modo a obter uma decisão final do grupo. Vale ressaltar que um ponto muito importante da decisão é a objetividade: os membros do grupo podem discordar no processo de avaliação de uma decisão, contudo a decisão do grupo é objetiva e final.

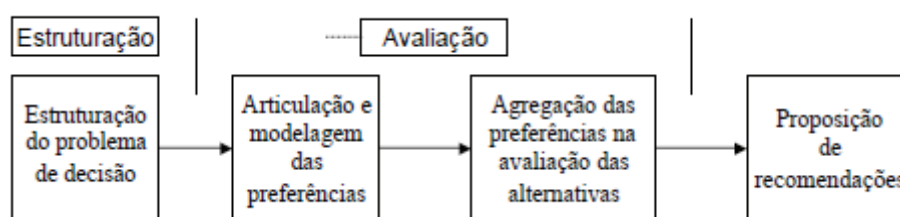
Para Gomes, Gomes e Almeida (2002) a aplicação de qualquer método de análise multicritério pressupõe a necessidade de conhecer qual objetivo o decisor pretende alcançar. Os modelos AMD possibilitam ao decisor avaliar os possíveis efeitos de cada curso de ação, de modo a adquirir uma melhor compreensão das conexões entre suas ações e seus objetivos. Assim, o maior desafio é identificar entre os critérios conhecidos, quais são relevantes para o problema da decisão, tendo em conta que, em projetos de edificações existem mais do que um critério de desempenho e objetivos associados e muitas vezes até uma hierarquia de objetivos do projeto.

No ambiente da Construção Civil, as situações de tomada de decisão, geralmente, são complexas, envolvendo vários agentes tomadores de decisão que possuem pontos de vistas diferentes e muitas vezes conflitantes e diferentes juízos de valores. Os métodos multicritérios de análise de decisão aparecem como uma opção para que estas disparidades sejam integradas. Os métodos multicritérios auxiliam o decisor a tomar a decisão “ótima” quando: há um problema a ser resolvido; existem eventos desconhecidos que podem causar impactos nos possíveis resultados; e há vários objetivos conflitantes onde a priorização de um significa o prejuízo no outro. Resumindo, os métodos multicritérios proporcionam aos envolvidos no processo decisório subsídios necessários para obter uma solução que melhor ajuste às suas necessidades (FERREIRA, 1996).

Vários estudos realizados na área de construção civil mostram as vantagens e as contribuições que o AMD proporciona. Autores como Espino et al. (2014), Mela, Tiainen e Heinisuo (2012), Zanakis et al. (1998), Borgert (1999), Seydel e Oslon (2000), Miranda e Almeida (2002), Alencar (2003), Campos e Almeida (2005), Bana e Costa, Oliveira e Vieira (2006), Gomes et al. (2006), Campos (2011), Schramm (2008), Bastos et al. (2011), Mela et al. (2012), Azevedo (2013), Rodriguez, Costa e Carmo (2013), utilizaram métodos multicritério para a resolução dos mais diversos tipos de problemas neste setor, comprovando a eficiência da sua utilização.

Existem algumas elementos e etapas que devem ser obrigatoriamente seguidos caso o decisor opte por utilizar métodos de análise multicritérios. Bana e Costa (1988) divide essas etapas em duas: a estruturação e a avaliação, conforme Figura 5. Na fase de estruturação serão estabelecidos quais as informações importantes e os aspectos a serem considerados e na avaliação são geradas as formas para mensurar os aspectos considerados essenciais. Ao final desse processo, são propostas as recomendações aos decisores.

Figura 5 - Fases de aplicação dos Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão



Fonte: Vilas Boas (2006)

A estruturação do problema direciona à identificação, caracterização e hierarquização dos essenciais atores e à especificação principais alternativas de decisão a serem comparadas entre si, mediante a um conjunto de critérios de avaliação que são estabelecidos de acordo com os pontos de vista de cada um dos atores. Já a avaliação, é classificada como uma fase de síntese, onde, por meio de análise de sensibilidade, se explica a escolha. Através da modelagem das preferências dos decisores, são determinados os valores das alternativas.

Na etapa de estruturação do problema multicritério, existem alguns elementos que devem ser consideradas para a construção do modelo, conforme a seguir.

3.3.1 Elementos do processo de tomada de decisão

Autores como Gomes e Gomes (2012) e Campos (2011) citaram alguns elementos importantes que devem ser considerados durante a estruturação do processo decisório, tais como os atores da decisão, o problema, as alternativas, os critérios, as escalas e a matriz de avaliação.

Atores da decisão

Ensslin, Montibeller e Noronha (2001) dizem que os atores da decisão são os indivíduos, grupos e instituições que têm uma função no processo decisório, ou seja, influenciam direta ou indiretamente na decisão através de seu sistema de valores (sistema que sustenta os julgamentos de valor de um indivíduo ou de um grupo) e têm interesses nos resultados da decisão. Gomes e Gomes (2012) classificam os atores da decisão como o decisor, o facilitador e o analista. O decisor influencia no processo decisório de acordo com o juízo de valores, ou seja, o decisor é o indivíduo a quem o processo decisório destina-se e tem a incumbência de aprovar uma decisão e assumir os resultados. O facilitador deve ser uma pessoa com experiência, cujo seu papel é resolver os problemas e coordenar os pontos de vistas do decisor. Importante ressaltar que um facilitador deve ter uma posição neutra no processo decisório, para não interferir nas avaliações dos decisores. E, por fim, têm-se os analistas, cuja função é apoiar o facilitador e o decisor na estruturação do problema e na identificação dos fatores externos que exercem influência na evolução, solução e configuração do problema.

Alternativas

Conforme Campos (2011), são chamados de alternativas o conjunto de opções possíveis disponíveis para a escolha do decisor. Por exemplo, escolher a localização de onde comprar um apartamento, escolher um destino de viagens, escolher qual funcionário promover ou demitir, dentre várias outras opções.

Na visão de Gomes e Gomes (2012), após a identificação das alternativas, as mesmas devem ser comparadas para que se possa saber quais as vantagens e desvantagens de cada alternativa selecionada. Também é de extrema importância mensurar o grau de incerteza, imprecisão e ambiguidade de cada alternativa e fazer a escolha da alternativa que apresentar comprovadamente o menor grau de risco. Não obstante, é preciso, em alguns casos, fazer a combinação entre o grau de risco e os objetivos a serem alcançados.

Critérios e atributos

Os critérios ou atributos são aspectos importantes que são utilizados na realização da comparação entre as alternativas em termos de preferência. Como exemplo, podemos citar o custo: é preferível comprarmos um apartamento de menor custo do que o outro.

Para Gomes e Gomes (2012) é importante que sejam identificados os critérios/atributos que influenciam a comparação de alternativas e, se preciso for, classificar os critérios hierarquicamente: determinar quais os critérios são quantitativos e qualitativos; e priorizar os critérios básicos e sua relação de impacto no objetivo. Vale ressaltar que, é essencial estabelecer as prioridades e verificar as interdependências entre os critérios/atributos.

Conforme exposto por Matos (2005), uma família coesa de critérios deve ser:

- Exaustiva – é importante a inclusão de todos os pontos de vista importantes;
- Consistente – se duas alternativas A e B são equivalentes exceto num critério K, e se nesse critério a^k é melhor do que b^k , então A deve ser considerada globalmente pelo menos tão boa como B;
- Não redundante – se se eliminar um dos critérios, deixam de ser satisfeitas as condições anteriores.

Para além dos elementos supracitados é importante que os números de critérios não sejam muitos grandes e que a família de critérios seja aceita pelos participantes. De acordo com Gomes (2007), a definição de critérios e alternativas, geralmente é um processo iterativo, onde novas alternativas podem originar novos critérios e vice-versa.

Escalas

Após a identificação dos critérios, o próximo passo é a operacionalização, onde serão estabelecidas as unidades associadas e as respectivas escalas. As escalas de avaliação são fundamentadas em Teorias psico-físicas, empregando-se conceitos sociológicos, psicológicos e Teoria da Decisão. Faz-se o uso de escalas quando se quer quantificar atributos ou quaisquer fatores que possam ser ordenados de uma maneira subjetiva (qualitativa) ou quantitativa. Uma vez escalonada a avaliação, uma medida quantitativa pode (ou deve) ser congregada na análise. Este processo pode ser simples em critérios económicos, onde o custo se exprime diretamente em reais, ou mais complexo, quando se tratam de critérios associados a conceitos, como a qualidade, o risco, o impacto ambiental ou social, etc. Na consolidação deste tipo de critérios em atributos mensuráveis é comum o uso de indicadores numéricos que são objetivos, mas não podem representar adequadamente o conceito que se pretende avaliar, exigindo assim cautela, clareza e transparência na sua definição (MATOS, 2005).

Conforme Torgerson (1985), geralmente é possível obter quatros níveis de escalas:

- **Escala nominal** – tem a finalidade de organizar os elementos para a formação de conjuntos específicos os quais se atribuem nomes. Nesse tipo de escala, não é possível operações aritméticas.
- **Escala ordinal** – possibilita que os elementos sigam uma ordem pré-estabelecida. É comum encontrar seus valores em termos de números (1,2,3,...), ranking (1º,2º,3º,...) ou nomes que indicam a ordenação como: alto, médio e baixo.

- **Escala intervalar** – está relacionada a transformação linear ou escala linear, onde uma escala linear positiva é definida pela fórmula $y = ax + b$, onde temos que $a > 0$.
- **Escala de razão ou cardinal** – nessa escala é definido um ponto zero fixo e absoluto e a partir daí os critérios são quantificados, ou seja, esta escala possibilita a definição somente de quantidade de posições possíveis dentro de uma escala. O fato de definirmos as posições como 0, 2 e 4 (três posições) seria indiferente se os números fossem substituídos por 1, 2 e 3 (três posições). A cardinalidade está associada a quantidade.

Matriz de avaliação

Conforme exposto por Campos (2011), a matriz de avaliação representa a relação existente entre as alternativas escolhidas para os n critérios de avaliação. É apresentada em forma de tabela, Figura 6.

Figura 6 - Matriz de avaliação

Critérios→	g_1	g_2	g_n
Alternativas↓				
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{1n}
.....
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{mj}	a_{mn}

Fonte: Campos (2011)

A matriz de avaliação é o produto da estruturação do problema multicritério e suas características facultam o desenvolvimento da metodologia.

3.3.2 Tipos de problemáticas

Um outro ponto relevante para a etapa de estruturação do problema é a compreensão do tipo de problemática, pois, a escolha do método multicritério a ser usado depende do tipo do problema. Conforme Roy (2006), existem 4 tipos de problemáticas.

- **Problemática de seleção ($P\alpha$)** – Neste tipo de problemática faz-se a seleção da melhor alternativa ou de um subconjunto de alternativas. Pretende-se procurar um subconjunto A' inserido no conjunto A . Assim, faz-se uma comparação entre os elementos de A de modo a eliminar as alternativas consideradas não viáveis, obtendo assim a alternativa ou o subconjunto selecionado.
- **Problemática de classificação ($P\beta$)** – tem a finalidade de determinar cada ação de acordo com uma classe ou categoria. As alternativas são qualificadas tendo em conta as normas estabelecidas e o resultado do processo depende da organização das ações.
- **Problemática de hierarquia ($P\gamma$)** – aqui o objetivo é ordenar as ações, definindo um subconjunto de alternativas conforme uma hierarquia.
- **Problemática descritiva ($P\delta$)** - tem como objetivo apresentar as consequências das ações do conjunto A . Essas ações são organizadas contendo todas as informações cruciais para que o decisor possa ter uma melhor compreensão sobre as características de cada ação.

Segundo Costa e Belderrain (2009), as metodologias multicritério de apoio à decisão não devem ser empregadas para suprir o papel dos decisores, mas sim dispõe de ferramentas que fornecem alicerces que direcionam para a decisão mais adequada para o problema. Assim, duas escolas de pensamento se destacam entre as metodologias de apoio multicritério à decisão: Escola Americana, onde o método mais abordado é a Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiple Attribute Utility Theory* – MAUT) e os métodos da escola Francesa ou Europeia, que de acordo com Alencar (2003), consiste na construção das relações de sobreclassificação, que expõem as preferências determinadas pelo decisor de forma a apoiá-lo na solução do problema e os métodos mais abordados são ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*).

Os métodos da escola francesa ou europeia diferenciam-se da abordagem da escola americana por admitir a possibilidade de incomparabilidade entre alternativas. É importante mencionar que apesar do desenvolvimento de um grande número de métodos multicritérios de apoio à decisão, nenhum dos métodos pode ser considerado como sendo o

melhor método para todas as situações de tomada de decisão. Segundo Alencar (2003), não existe método ideal nem jamais existirá, ficando, portanto, ao critério do decisor escolher o método que ele prefere em função da clareza e da pertinência das informações que o método coloca à sua disposição e da natureza da realidade humana considerada.

Em um estudo realizado por Guitouni e Martel (1998), cujo objetivo era realizar uma comparação de 29 métodos de multicritérios diferentes, constataram que para cada problema específico e de acordo com as informações sobre o problema, há um método que mais se adequa e isso não o posiciona como o melhor método para todo e qualquer problema.

Para este trabalho, devido as características do problema em questão, foi adotada o método da escola americana, Teoria da Utilidade Multiatributo – MAUT, que será retratado a seguir.

3.4 Teoria da Utilidade Multiatributo – MAUT

Conforme Campos (2011), a teoria da utilidade multiatributo é um dos métodos da escola americana, baseado nos princípios axiomáticos provenientes dos trabalhos de Neuman e Morgensten, tendo como princípio o conceito de associação dos diferentes critérios em um única função utilidade que deve ser otimizada. Para Ferreira (1994), a teoria de utilidade multiatributo é um modelo utilizado para determinar o nível de satisfação geral quando se tem um número significativo de características e baseia-se nos conceitos de modelagem de preferência tradicional, admitindo apenas duas situações: preferência estrita (P) e indiferença (I), ambas transitivas. Considera as utilidades de cada alternativa em cada atributo e a relevância relativa dos atributos. Realizando a comparação entre os níveis de satisfação, ou utilidade, das várias alternativas, é possível obter a melhor escolha.

Vale ressaltar que há duas categorias de problemas: problemas múltiplos critérios de alternativas discretas, e problemas múltiplos critérios de otimização. São chamados de problemas de alternativas discretas porque os conjuntos de alternativas consistem numa compilação simples e restrita de escolhas, embora uma classe de problemas discretos denominados de múltiplos critérios de ordenação pode possuir centenas de alternativas. No que se refere aos problemas de otimização, os conjuntos de alternativas exequíveis para tais problemas usualmente consistem em um conjunto muito grande ou infinitos de alternativas,

estabelecidas por sistemas de equações que tem a finalidade de identificar a região viável para as variáveis de decisão. Nesses casos, geralmente as regiões viáveis são complexas e exigem recursos computacionais mais do que problemas discretos.

Gomes e Gomes (2012) relatam que, o MAUT surgiu como derivação natural da teoria de utilidade que engloba a preferência do tomador de decisão. A teoria da utilidade multiatributo abrange a união dos vários pontos de vista (critérios) considerados em uma única função de síntese (critério único de síntese). Portanto, a finalidade é determinar a forma da função utilidade multiatributo que represente as preferências do decisor de acordo com os pontos de vista considerados. Vale ressaltar que, de acordo com Gomes (2007), ao produzir essa ordem de preferência, deve-se atentar para algumas condições técnicas. Ademais, as preferências formadas pela função matemática são sempre completas, onde para cada par de alternativas, uma delas é estritamente preferível à outra ou são indiferentes. Isso nos leva a dizer que o uso do MAUT não admite a incomparabilidade entre as alternativas. Neste contexto, na opinião do decisor, é possível fazer a comparação de duas alternativas quaisquer a e b , considerando que apenas uma dessas afirmações seja verdadeira:

- a é preferível a b , aPb ;
- b é preferível a a , bPa ;
- a é indiferente a b , aIb ;
- Se aPb e bPc , então aPc (transitividade de preferência);
- Se aIb e bIc , então aIc (transitividade de preferência).

Foi com Keeney e Raiffa (1976) que o conceito de medir a utilidade de cada alternativa selecionada em relação a um conjunto de critério, por meio de uma função matemática, foi inserido. A função designada de função de utilidade multiatributo (Vide equação 04) pode ser exibida de diferentes formas matemáticas, sendo que a forma aditiva é a mais empregada, onde o objetivo é determinar a utilidade multiatributo, demonstrada por uma nota ou uma pontuação para cada critério. Em seguida somam-se as utilidades, avaliando os critérios de acordo com suas importâncias relativa aos demais.

$$MAUT (U_1, \dots, U_n) = \sum_{i=1}^n w_i U_i \quad (04)$$

Onde; n é o número de critério, U_i é uma função de utilidade da alternativa sobre critério i , W_i é o peso para o critério i e $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ($0 \leq w_i \leq 1$ para todo i).

De acordo com Gomes (2007), ao usar a função utilidade multiatributo aditiva é imprescindível que os critérios satisfaçam a condição de independência. Isto quer dizer que uma compensação ou *trade-off* entre quaisquer dois critérios, aceitado pelo tomador de decisão, não pode depender de qualquer outro critério. A compensação entre os critérios indica a quantidade que contrabalance a desvantagem de um critério em relação a uma nova vantagem do outro. Assim, seu uso permite identificar um grupo das melhores soluções para tal problema, ordena-las da melhor para a pior, de modo a proporcionar ao decisor a melhor solução para um problema decisório.

A aplicação da função 04, consiste em um processo de entrevista entre o analista e o decisor com a finalidade de levantar as preferências do decisor em relação aos critérios do problema. As preferências são modeladas o mais real possível para que a função represente as atitudes do decisor em relação aos riscos e situações de incerteza (GOMES; GOMES, 2012).

Uma vez obtidos os resultados do problema pela aplicação da função utilidade é necessário realizar uma análise de sensibilidade, cuja finalidade é verificar se os resultados são confiáveis ou verificar se o modelo é sensível a possíveis mudanças nas suas variáveis.

Tavares *et. al.* (2003) argumentam que a análise de sensibilidade visa determinar a consequência da alteração de um determinado componente no seu valor total. O principal objetivo da análise de sensibilidade é medir a variação dos fatores mais relevantes, que pode ser ganho ou perda, ligado a uma maior incerteza, de modo que direcione ao sucesso na tomada de decisão final. De um modo geral pode ser empregado para: tomar melhores decisões, decidir quais elementos estimados devem ser apurados antes de tomar uma decisão e concentrar-se nos elementos críticos durante a prática.

De acordo com Gomes (2007), é importante a realização da análise de sensibilidade, para que seja possível verificar o impacto de uma possível variação de informações, ou mesmo para que se possa ter uma outra visão do problema, perante uma análise exploratória. Além das possibilidades citada, esta última fase do processo de decisão, do ponto de vista técnico, também tem a finalidade de verificar se algum parâmetro possui

uma influência crítica quando posto em prática a função utilidade multiatributo, ou seja, se uma pequena variação em um peso relativo de um critério, ou no desempenho das alternativas mediante um critério, pode ocasionar uma nova ordem global de preferências.

Conclui-se este capítulo, fazendo menção a algumas vantagens da aplicação do MAUT que justificam a sua escolha para a modelagem das preferências dos decisores. Conforme Gomes (2007):

- Proporciona o diálogo entre os diferentes agentes de decisão;
- Possibilidade concreta de se manusear com as subjetividades, incertezas e imprecisões, comumente encontradas em um processo decisório de natureza complexa;
- Permite visualizar cada solução potencial aceitável como compromisso entre os distintos pontos de vista em conflito.

4 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa é a atividade nuclear da ciência. Ela permite chegar mais perto e ter a noção aprofundada da realidade a investigar. Vale ressaltar que a pesquisa é um processo permanentemente inacabado, ou seja, fica sempre em aberto para que novas descobertas sejam realizadas. A ciência, desenvolvida por meio da pesquisa é um conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, com o objetivo de encontrar soluções para os problemas propostos mediante o emprego de métodos científicos e definição de tipos de pesquisa.

Para uma boa pesquisa, o pesquisador necessita de métodos e procedimentos concretos, planejamento eficaz, critérios e instrumentos apropriados que transmitam confiança e credibilidade. Assim, é importante a determinação de procedimentos de estudo em conformidade com as etapas de desenvolvimento da pesquisa.

4.1 Estruturação do problema

Conhecer os riscos de um projeto é estudar as consequências de não se atingir a meta definida, enquanto gerenciar os riscos consiste no ato ou prática de lidar com esses riscos, através da identificação, análise e desenvolvimento de estratégias de respostas para os fatores que impactam o planejamento e execução de um empreendimento. Assim, é possível adotar procedimentos eficazes de controle de forma a garantir os melhores resultados, reduzindo, assim, falhas e deficiências.

Para empregar qualquer modelo de decisão, é crucial a análise da estruturação do problema. É nessa fase que se busca compreender a complexidade de uma situação em que se pretende intervir. Assim, é necessário iniciar pela caracterização da situação problemática em causa e os subsistemas que o envolve, o que abrange a identificação dos atores, alternativas, critérios de avaliação e, neste caso específico, também abrange a classificação do tipo de empreendimento a ser estudado. Vale ressaltar que, conforme Brown (2005), o principal objetivo de se utilizar um método de apoio a decisão é aperfeiçoar sua racionalidade, ou seja, elevar a probabilidade de que uma escolha nos proporcione um resultado satisfatório. Pode-se dizer que uma escolha racional é aquela que tem como base todo o conhecimento e a experiência do decisor, atendendo suas preferências de uma maneira eficaz e lógica.

A escolha da utilidade multiatributo para a modelagem do problema foi devido a sua base axiomática consolidada, quando se trata de descrever a conduta dos indivíduos em seu processo decisório e, juntamente a isso, foi o método que se mostrou mais adequado às características do problema (complexidade, diversos fatores qualitativos e quantitativos com influência nas decisões e múltiplos objetivos conflitantes). A função de utilidade multiatributo pode ser representada por meio de várias formas matemáticas e para ser aplicada como um instrumento de apoio à decisão é essencial atender para alguns requisitos e um deles é a estruturação de um modelo que possibilite que o decisor compare as alternativas com base em um conjunto de critérios, ou seja, um modelo que represente as relações de preferência entre alternativas.

Para a estruturação de um problema alguns passos são importantes, tais como a identificação de questões chaves, determinação de objetivos, definição de atores envolvidos, escolha de alternativas viáveis, critérios de avaliação e atribuição de pesos que permitirão avaliações e discussões, conforme podem ser vistos na Figura 7.

O primeiro passo consiste na classificação dos empreendimentos a serem analisados. A classificação foi realizada de acordo com o NBR 12721. Foram escolhidas três classes distintas de empreendimentos para que se possa realizar um estudo comparativo e verificar se existe uma grande diferença entre eles e, caso exista, o quanto os valores variam de um para outro.

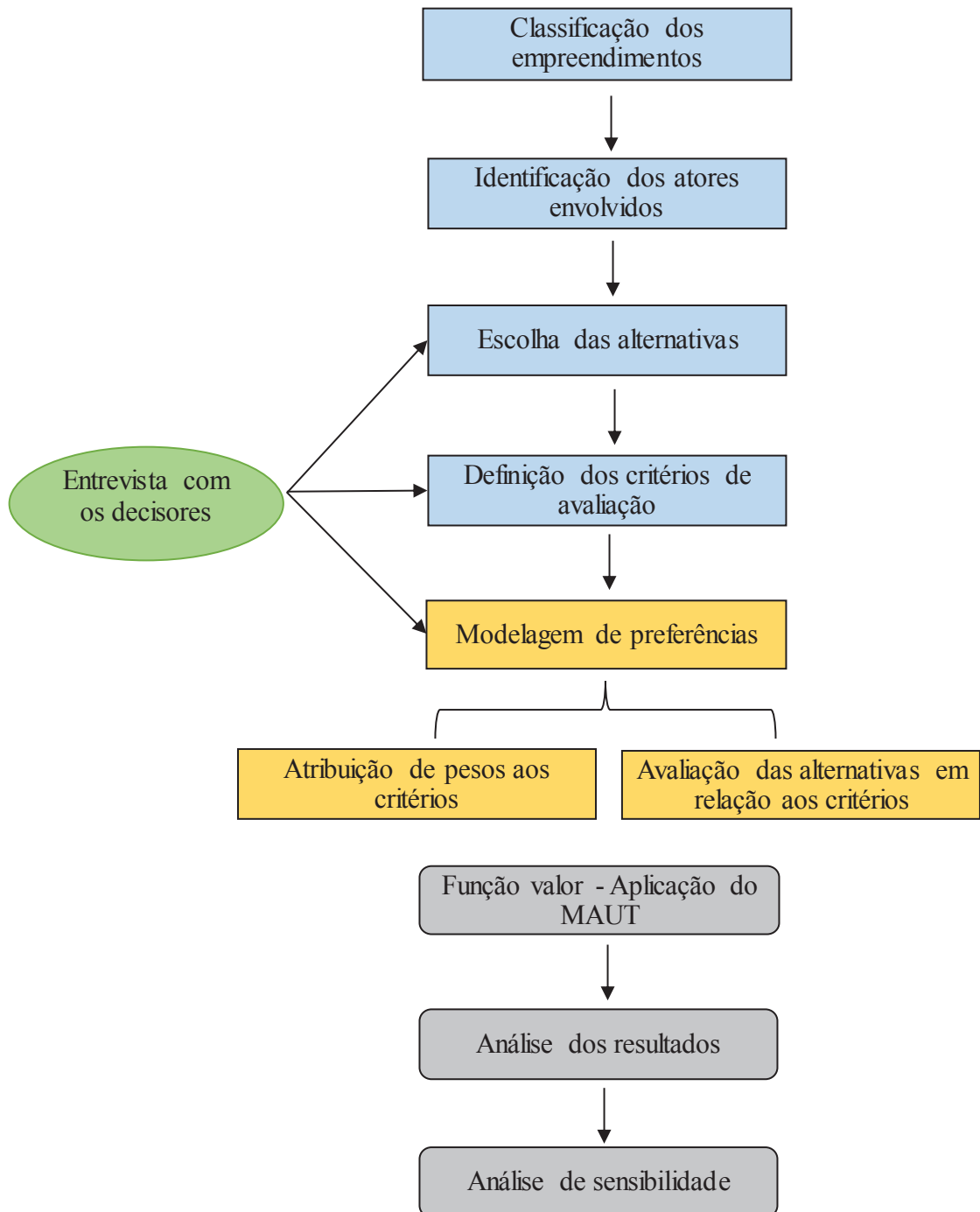
Em seguida serão identificados os atores envolvidos para neste trabalho. Essa etapa é extremamente importante para o entendimento e a resolução do problema. A construção de um modelo ótimo está diretamente relacionada com os atores envolvidos.

A escolha das alternativas e dos critérios são os próximos passos a serem seguidos. Essa etapa passa, primeiramente, pela mão do pesquisador e, durante as entrevistas, as alternativas e os critérios serão avaliados e validados pelos decisores.

A próxima etapa é a modelagem de preferências onde o decisor expõe seus julgamentos com a finalidade de obter informações para a construção do modelo, tais como pesos dos critérios e função de valor.

Com os valores de utilidades determinados, parte-se para a análise dos resultados obtidos. E, por fim, faz-se a análise de sensibilidade para verificar a robustez do modelo proposto perante algumas alterações feitas ao sistema.

Figura 7 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa



4.2 Classificação dos empreendimentos

Para a classificação do tipo do empreendimento a ser analisado neste trabalho, foi utilizada a Norma **NBR 12721 - Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**. A partir dessa norma foi possível extrair três classes de edifícios distintos para que a avaliação possa ser o mais abrangente.

a) Residência Multifamiliar - Prédio Popular - Padrão Baixo (PP- B)

Residência composta por pavimento térreo e três pavimentos tipo. Pavimento térreo: *Hall* de entrada, escada e quatro apartamentos por andar com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa está localizado o cômodo de lixo, guarita, central de gás, depósito com banheiro e dezesseis vagas descobertas.

Área Real: 1.415,07 m².

Para a avaliação deste tipo de empreendimento foi escolhida uma empresa com muita experiência em construir prédios populares. A empresa surgiu no mercado da construção civil cearense desde 1993, atualmente opera em vários estados brasileiros e tornou-se uma referência em todo o país. A construtora, que tem como norte "construir com valor o espaço do homem", possui as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H, apresentando um crescimento assentado na consolidação da empresa, que já deixou sua marca pelos estados do Ceará, São Paulo, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, Maranhão e Pará.

b) Residência Multifamiliar - R8 - Padrão Normal (R8 - N)

Residência composta por garagem, pilotis e oito pavimentos tipo. Garagem: escada, elevadores, sessenta e quatro vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, *hall* de entrada, salão de festas, copa, dois banheiros, central de gás e guarita Pavimento tipo: *Hall* de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar com três dormitórios, sendo um suíte, sala estar / jantar, banheiro social, cozinha e área de serviço com banheiro e varanda.

Área Real: 5.998,73 m².

Para a residência de padrão normal, foi definida uma empresa que tem muitos anos no mercado da construção civil e possui um ambiente criativo visando priorizar a alta

qualidade em seus projetos. Seus empreendimentos são exclusivos, construídos cuidadosamente por profissionais de renome, pois, investe na contratação de profissionais com formação acadêmica notável, porque sabe que uma excelência empresarial só é possível a partir da qualificação de sua equipe. Também possui certificados de qualidade ISO 9001, PBQP-H.

c) Residência Multifamiliar - Residência Padrão Alto (R16 - A)

Residência composta por garagem, pilotis e dezesseis pavimentos tipos. Garagem: escada, elevadores, noventa e seis vagas de garagem coberta, cômoda de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, *hall* de entrada, salão de festas e de jogos, copa, dois banheiros, central de gás e guarita. Pavimento tipo: *halls* de circulação, escada, elevadores e dois apartamentos por andar quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.

Área Real: 10.461,85 m².

Para a análise deste tipo de empreendimento, foi escolhida uma empresa que está no mercado há mais de 4 décadas e tem como principal meta incorporar novas tecnologias aos seus projetos, visando sempre a satisfação de seus clientes. A empresa preocupada com a melhoria na qualidade de seus produtos e com a satisfação dos clientes, possui certificados de qualidade ISO 9001, PBQP-H.

4.3 Identificação dos atores envolvidos

Conforme mencionado anteriormente, no capítulo 3, um processo decisório é constituído de “atores” de decisão que são os indivíduos, grupos e instituições que têm uma função no processo decisório, ou seja, influenciam direta ou indiretamente na decisão através de seu sistema de valores (sistema que sustenta os julgamentos de valor de um indivíduo ou de um grupo), por meio do qual expressam suas preferências com o propósito de atingir os objetivos.

Entende-se por decisor, o indivíduo que exerce algum poder nas decisões na empresa, ou seja, para além de estar em contato com o projeto e estar ciente de todos os objetivos e riscos inerentes, este indivíduo também, toma decisões e ele é o responsável pelos

resultados obtidos. Podem ser considerados como decisores, o engenheiro da obra, o dono da empresa ou a equipe de produção, isso varia muito com o tipo de empreendimento e o porte da empresa construtora.

O decisor deve estar ciente dos objetivos do processo de entrevista e bastante motivado para responder e colaborar com as finalidades do trabalho associado ao problema de decisão. Vale ressaltar que no decorrer da avaliação, o decisor pode sentir a necessidade de reavaliar as suas preferências sobre uma consequência. Quando acontece, é plenamente aceitável, visto que, um dos objetivos do MAUT é eliminar as incoerências do decisor até que ele perceba que o problema está realmente estruturado em sua mente.

Um dos atores da decisão com papel crucial no processo de tomada de decisão é o analista. O analista é a pessoa que tem o papel de, por meio do entendimento claro do problema e dos objetivos, modelar o problema conforme o método de apoio selecionado. Mantém contato constante com o decisor com a finalidade de afinar o modelo de acordo com os julgamentos dos decisores. Para este trabalho, o analista será o próprio pesquisador.

Tendo em conta que, para esta pesquisa foi adotada três tipos de empreendimentos diferentes, em que cada um apresenta suas características próprias, a entrevista foi realizada com três especialistas diferentes. A seleção dos especialistas teve como finalidade trazer contribuições dos gestores que trabalham na área de construção civil, mais especificadamente em edificações, com a intenção de obter uma elevada significância de dados. Por isso, procurou-se especialistas com boa formação acadêmica e com ampla experiência em projetos de edificações.

As entrevistas aconteceram em duas fases. Na primeira fase, foram validadas e consolidadas as listas de incertezas e critérios, fez-se a atribuição de pesos aos critérios e realizou-se a avaliação das incertezas em relação aos critérios. A segunda fase, objetivou obter as utilidades dos decisores conforme a avaliação feita anteriormente.

Observou-se que o poder de decisão varia de acordo com o tipo de empreendimento. Por exemplo, tratando-se do empreendimento de padrão baixo, o especialista tem um certo poder de decisão, podendo tomar decisões simples e complexas, já, no empreendimento de padrão alto, no caso de decisões simples o especialista tem o poder de

decisão, contudo, quando são complexas, as decisões são tomadas em conjunto com a diretoria e o dono da empresa.

4.4 Escolha das alternativas

O procedimento de identificação das alternativas, evidentemente, deve ser realizado no início do processo, bem como a verificação da sua viabilidade. .

Para este trabalho, as alternativas escolhidas são as incertezas inerentes a projetos de edificações na fase de planejamento. A coleta dessas incertezas se deu por meio de uma extensa revisão da literatura tanto a nível nacional como internacional, onde buscou-se identificar os principais problemas em projetos de edificações.

A escolha da fase de planejamento para a realização do trabalho se deu em virtude de ser nesta fase de planejamento que acontecem as maiores decisões do projeto e qualquer erro ou acerto nas decisões têm impacto nas fases adjacentes.

Inicialmente obteve-se uma lista longa das incertezas e progressivamente estas foram sendo reduzidas, eliminando as alternativas que não satisfaziam alguns dos critérios selecionado, até a obtenção de uma matriz consolidada. Importante mencionar que, como o trabalho foi realizado considerando três classes de empreendimentos diferentes, não foi descartada a possibilidade de obter lista de alternativas diferentes para cada classe. Contudo, foi possível organizar a lista de uma forma que todos os problemas considerados inicialmente foram considerados como relevantes pelos três decisores entrevistados, de modo a obter uma única lista, conforme pode ser visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Lista de incertezas em projetos de edificações

Incertezas		Descrição
Projetos	Projeto com especificações deficientes	Falta de detalhes construtivos, especificações de materiais incompatíveis, indefinições e incompatibilização de projetos estão entre os problemas que prejudicam o planejamento.
	Erros na estimativa da duração das atividades	Falhas na estimativa da duração das atividades pode levar a erros na determinação da duração total da obra.
Económicos	Previsão incorreta do orçamento	Falhas na quantificação das atividades e dos materiais necessários, bem como no preço unitário dos itens, podem conduzir a um orçamento incompleto e com falta de informações.
Recursos	Falhas na programação de mão de obra	A programação da mão de obra é importante, pois a quantidade das equipes dentro da obra é um dos fatores que ditam o andamento das atividades e continuidade de fluxo de trabalho.
	Erros nas quantidades dos materiais necessários	Tanto subestimar como superestimar os materiais necessários prejudicam o processo de planejamento da obra e tem influência nos custos da obra.
	Falhas na escolha do fornecedor	A escolha do fornecedor que tenha capacidade de fornecer materiais no tempo necessário e com a qualidade exigida é crucial para o projeto.
	Atrasos no suprimento materiais	O tempo da chegada dos materiais em obra deve ser bem planejado para não causar paralisações.
	Indisponibilidade de equipamentos especiais	Os equipamentos especiais necessários devem ser bem planejados para que os trabalhos possam fluir de acordo com o planejado.
	Escassez de mão de obra qualificada	A qualificação é um fator crucial para o sucesso. Mão de obra com baixa qualificação técnica pode gerar consequências graves nos objetivos do projeto.
Comunicação	Falhas na comunicação entre os participantes	Problemas de comunicação são comuns entre os participantes e muitas vezes apontado como um dos maiores fatores de insucesso do projeto.

Fonte: Autora

4.5 Definição dos critérios de avaliação

Definir os critérios é estabelecer os parâmetros relevantes a serem utilizados para a avaliação das alternativas, instituindo as relações de preferências entre elas. Na etapa de formulação de critérios é necessário para além de identificar os critérios de decisão, ordena-

los hierarquicamente, prioriza-los, observar a sua relação de impacto no objetivo geral e verificar a interdependência entre os critérios identificados.

Quadro 3 – Critérios e seus objetivos

Critérios			
Objetivos Fundamentais	Critérios primeiro nível	Critérios segundo nível	Descrição
Minimizar as consequências do risco sobre a qualidade.	Qualidade	Satisfação do usuário	É um dos principais critérios visto que o cliente é quem dita os valores de um empreendimento. Um bom desempenho de qualidade leva a satisfação do cliente.
		Desempenho do edifício	Está relacionado ao comportamento em uso de um edifício e de seus sistemas. Determina as necessidades do usuário que o edifício inteiro deve atender.
		Qualidade da construção	Critério qualitativo que determina o padrão de acabamento final do imóvel.
Minimizar as consequências do risco sobre os custos.	Custo	Direto	Custos com materiais, equipamentos, mão de obra e encargos sociais (INSS, FGTS, seguro contra acidentes de trabalho, férias, 13º salário).
		Indireto	Referente a custo com a administração, financeiro e impostos.
Minimizar as consequências do risco sobre o prazo.	Tempo	Prazo de entrega	O prazo de entrega refere-se ao tempo que um cliente precisa esperar para receber o produto final.
		Produtividade	É definida, como sendo uma variável que mede a eficiência em transformar insumos materiais, por meio de ferramentas e equipamentos leves, em produtos, com o emprego da mão-de-obra.

Fonte: Autora

Para este trabalho, os critérios de avaliação também foram determinados, basicamente por meio do levantamento bibliográfico de trabalhos, conforme o Quadro 3. Foram estabelecidos como critérios, a qualidade, o custo e o tempo. A escolha desses três critérios deve-se ao fato de existirem inúmeros trabalhos que demonstram que a qualidade, o custo e o tempo são os principais objetivos de qualquer tipo de projeto, não importando a

grandeza e a complexidade. Vale dizer que existe uma relação muito forte entre eles, de modo que a alteração de um deles pode gerar grande impacto no desempenho do outro.

Dentro de cada um dos critérios, denominados aqui de critérios de primeiro nível, foram gerados outros critérios, chamados de critérios de segundo nível, que podem ser qualitativa ou quantitativamente medidos. Importante mencionar que, durante as entrevistas estes critérios foram analisados um a um pelos especialistas, e assim foi estabelecido o conjunto final.

4.6 Atribuição de pesos aos critérios

Segundo com Ensslin *et al.* (2001), os pesos dos critérios funcionam como taxa de substituição. As taxas de substituição representam, de acordo o julgamento dos decisores, a perda do desempenho que uma alternativa pode sofrer perante um critério para compensar o ganho em outra. Essas taxas são imprescindíveis para mensurar valores de compensações (*trade-offs*) dos critérios e garantir uma função de agregação aditiva. É importante mencionar que os valores determinados para as taxas de substituição devem ser analisados como valores únicos, pois cada decisor dispõe de um sistema de valores.

As taxas de substituição transformam valores locais de preferência em valores globais de preferência (agregando as avaliações locais das ações potenciais numa única avaliação global). Alguns cuidados são cruciais para a determinação dos pesos dos critérios, já que representam a importância relativa que cada critério tem no modelo, chamada de informação *intercritério*. A informação intercritério é influenciada principalmente pelas preferências pessoais dos agentes de decisão. De acordo com Clemen e Reilly (2001), este é o principal problema da tomada de decisão com múltiplos objetivos, ou seja, como optar pelas compensações coerentes entre um objetivo e outro.

Existem alguns métodos para a atribuição de pesos aos critérios, ou seja, que permitam que o decisor possa traduzir seus julgamentos de valor em uma informação objetiva. Para esta pesquisa adotou-se o método Atribuição Direta de Peso (*Direct Rating*). Nesse método, os pesos são atribuídos de forma direta pelos decisores, consoante as suas avaliações em relação ao grau de importância do determinado critério.

A atribuição de pesos aos critérios decorreu na primeira fase da entrevista. Primeiramente foi requisitado aos decisores que ordenassem os critérios em ordem decrescente de modo que os critérios avaliados como mais importantes ocupariam uma melhor posição em relação aos menos importantes. Posteriormente, os decisores atribuíram pesos que variam de 0 a 1 à cada um dos critérios já ordenados, de forma que a importância relativa fosse muito bem representada, conforme pode ser visualizado nas Tabelas 2, 3 e 4. É valioso citar que, não foi descartada a hipótese de haver dois critérios com o mesmo peso atribuído, quando considerados como igualmente importantes e a soma total das pontuações dos critérios devem obrigatoriamente ser igual a 1.

A análise considerou os fatores técnicos e o conhecimento tácito dos especialistas entrevistados.

Tabela 2 – Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão alto

Residência Padrão Alto		
Critérios segundo nível	Ordenação	Pesos
Custo direto	1	0,20
Custo indireto	2	0,18
Qualidade da construção	3	0,17
Desempenho do edifício	4	0,15
Prazo de entrega	5	0,10
Produtividade	6	0,10
Satisfação do usuário	7	0,10
Total		1,00

Fonte: Autora

Tabela 3 - Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão normal

Residência Padrão Normal		
Critérios segundo nível	Ordenação	Pesos
Custo direto	1	0,22
Prazo de entrega	2	0,17
Qualidade da construção	3	0,15
Produtividade	4	0,15
Custo indireto	5	0,11
Satisfação do usuário	6	0,10
Desempenho do edifício	7	0,10
Total		1,00

Fonte: Autora

Tabela 4 - Atribuição de pesos aos critérios para residência de padrão baixo

Residência Padrão Baixo		
Critérios segundo nível	Ordenação	Pesos
Qualidade da construção	1	0,20
Custo direto	2	0,20
Produtividade	3	0,15
Prazo de entrega	4	0,15
Desempenho do edifício	5	0,15
Custo indireto	6	0,10
Satisfação do usuário	7	0,05
Total		1,00

Fonte: Autora

Observa-se que os critérios “custo direto” e “qualidade na construção” estão entre os três critérios com maior peso atribuído, para todos os tipos de empreendimentos. Isso quer dizer que, de todos os critérios escolhidos, para os decisores, esses dois são mais valiosos e na hora de tomar uma decisão, esses são os que mais pesam para a escolha da melhor solução. Por outro lado, o critério “satisfação de usuário” não obteve um bom posicionamento, ou seja, dos critérios definidos, ele não foi definido como o mais importante.

4.7 Avaliação das alternativas em relação aos critérios

A avaliação das alternativas em relação aos critérios, tanto em valor absoluto como em importância relativa, é de extrema importância. É por esse meio que as alternativas revelam as suas principais características e assim são determinados os dados cruciais para o desenvolvimento do modelo, representando os aspectos intrínsecos de cada sistema, denominada de informação *intracritério*.

Para facilitar a visualização das análises, a partir de agora, tanto as incertezas como os critérios de avaliação serão codificados, quando necessário, conforme os Quadros 4 e 5.

Quadro 4 - Codificação das incertezas

Incertezas	Código
Projeto com especificações deficientes	I1
Erros na estimativa da duração das atividades	I2
Previsão incorreta do orçamento	I3
Falhas na programação de mão de obra	I4
Erros nas quantidades dos materiais necessários	I5
Falhas na escolha do fornecedor	I6
Atrasos no suprimento materiais	I7
Indisponibilidade de equipamentos especiais	I8
Escassez de mão de obra qualificada	I9
Falhas na comunicação entre os participantes	I10

Fonte: Autora

Quadro 5 - Codificação dos critérios

Crítérios	Código
Satisfação do usuário	C1
Desempenho do edifício	C2
Qualidade da construção	C3
Custo direto	C4
Custo indireto	C5
Prazo de entrega	C6
Produtividade	C7

Fonte: Autora

Após a atribuição de pesos aos critérios, para cada uma das classes dos empreendimentos, avançou-se com a avaliação, iniciando-se com a definição das respectivas escalas, que representam as consequências ou o dano de cada incerteza. Vale ressaltar que, uma consequência reflete o comportamento de uma alternativa em relação a um critério.

A definição da escala pode ser uma tarefa simples quando se trata de critérios econômicos ou critérios relativos a tempo, ou seja, critérios quantitativos. Também pode ser uma tarefa complexa quando estão envolvidos critérios qualitativos. Quando se trata de critérios qualitativos, a sua mensuração usualmente é realizada por meio de indicadores numéricos (objetivos), exigindo ponderação e experiência na sua definição.

Neste trabalho, para os critérios que não possuíam uma medida correspondente de valor, tais como a “satisfação do usuário”, “desempenho do edifício” e “qualidade da

construção”, optou-se por usar a escala verbal (altíssima, alta, média, baixa, baixíssima), representando os vários níveis de consequências das incertezas nos objetivos, caso ocorra o evento.

Importante deixar claro que, o objetivo aqui não é medir esses critérios, mas sim utiliza-los para avaliar os danos das incertezas sobre os objetivos do projeto. Por exemplo, avaliar o critério satisfação do usuário como altíssimo não quer dizer que o usuário está altamente satisfeito, mas sim que uma determinada incerteza pode gerar um dano altíssimo na satisfação do usuário.

No que se refere aos critérios custos direto e indireto, a escala utilizada foi o percentual, ou seja, será avaliada quantos por centos a mais sobre o custo total da obra uma determinada incerteza pode causar, caso o evento ocorra. Pela dificuldade de mensurar o valor em reais, visto que os valores do custo total da obra variam muito de um projeto para outro, optou-se por essa escala.

O critério prazo de entrega foi medido em meses. Será avaliada o dano em meses que uma incerteza pode ocasionar no prazo de entrega do projeto, caso ocorra o evento. E por fim, para o critério produtividade, a medida utilizada foi a porcentagem, onde foi avaliada a porcentagem de perda de produtividade que uma incerteza pode ocasionar caso ocorra.

Após a definição da escala, partiu-se para as avaliações, onde os resultados são apresentados no capítulo a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada um dos decisores, foi entregue uma matriz com os critérios e as incertezas. Com essa matriz, foi possível que cada um avaliasse as incertezas, conforme as suas preferências e suas experiências. Vale dizer que, o analista, sempre teve a preocupação em fazer o decisor entender bem o problema para que a avaliação seja a mais representativa possível. Contudo, este também teve o cuidado de não deixar que nada que fosse explanado pudesse interferir ou induzir nas respostas dos decisores.

Nos Quadros 6, 7 e 8 estão representados os resultados das avaliações para as três classes de empreendimentos analisados.

Quadro 6 – Matriz de avaliação para residência padrão alto.

	Satisfação do usuário	Qualidade da construção	Desempenho do edifício	Direto (%)	Indireto (%)	Prazo de entrega (mês)	Produtividade (%)
I1	Alto	Alto	Alto	30%	15%	9	3%
I2	Alto	Médio	Baixíssimo	30%	10%	12	6%
I3	Alto	Baixíssimo	Baixíssimo	30%	10%	3	6%
I4	Alto	Baixo	Baixo	30%	10%	12	6%
I5	Alto	Baixo	Baixo	30%	10%	9	6%
I6	Alto	Altíssimo	Altíssimo	10%	10%	9	9%
I7	Altíssimo	Baixo	Baixo	30%	10%	12	6%
I8	Médio	Baixo	Baixíssimo	30%	15%	12	12%
I9	Alto	Altíssimo	Médio	15%	20%	9	9%
I10	Alto	Médio	Baixo	20%	15%	9	3%

Fonte: Autora

Quadro 7 – Matriz de avaliação para residência padrão normal.

	Satisfação do usuário	Qualidade da construção	Desempenho do edifício	Direto (%)	Indireto (%)	Prazo de entrega (mês)	Produtividade (%)
I1	Baixíssimo	Altíssimo	Alto	5%	5%	12	5%
I2	Baixíssimo	Médio	Médio	5%	10%	12	30%
I3	Baixíssimo	Alto	Médio	10%	5%	6	30%
I4	Baixíssimo	Alto	Alto	5%	3%	6	30%
I5	Baixíssimo	Baixíssimo	Baixíssimo	10%	2%	2	10%
I6	Baixíssimo	Altíssimo	Altíssimo	5%	3%	6	30%
I7	Baixíssimo	Baixíssimo	Baixíssimo	5%	3%	6	40%
I8	Baixíssimo	Baixo	Baixo	5%	5%	6	30%
I9	Alto	Altíssimo	Alto	10%	3%	6	40%
I10	Baixíssimo	Alto	Alto	5%	5%	3	20%

Fonte: Autora

Quadro 8– Matriz de avaliação para residência padrão baixo.

	Satisfação do usuário	Qualidade da construção	Desempenho do edifício	Direto (%)	Indireto (%)	Prazo de entrega (mês)	Produtividade (%)
I1	Baixo	Alto	Alto	8%	8%	3	20%
I2	Baixo	Baixo	Médio	8%	20%	5	10%
I3	Baixíssimo	Médio	Baixo	20%	8%	3	2%
I4	Baixíssimo	Alto	Alto	8%	3%	3	3%
I5	Baixíssimo	Médio	Alto	3%	3%	3	3%
I6	Alto	Alto	Alto	3%	2%	3	10%
I7	Baixo	Alto	Alto	8%	3%	7	10%
I8	Baixo	Alto	Alto	8%	3%	5	10%
I9	Baixo	Alto	Alto	8%	3%	3	10%
I10	Baixo	Alto	Altíssimo	8%	8%	5	20%

Fonte: Autora

Com as avaliações dos decisores, fez-se a normalização dos valores obtidos, convertendo-os em escala numérica variando de 0 a 1, onde foi atribuído o valor 0 à incerteza com maior consequência e 1 à incerteza que apresente um menor grau de consequência. As outras consequências serão representadas por valores entre 0 e 1, compondo assim, uma

escala de razão que representam as utilidades conforme as preferências dos decisores, também obtidas por meio de entrevistas, como pode ser visto no exemplo para residência de padrão alto (TABELA 5). A normalização dos projetos de padrão normal e baixo podem ser visualizados no Apêndice A e B deste trabalho.

Tabela 5 – Normalização da escala para residência padrão alto

	Residência Padrão Alto						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
I1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,6	0,3	1,0
I2	0,1	0,4	1,0	0,0	0,8	0,0	0,9
I3	0,1	1,0	1,0	0,0	0,8	0,9	0,9
I4	0,1	0,7	0,7	0,0	0,8	0,0	0,9
I5	0,1	0,7	0,7	0,0	0,8	0,3	0,9
I6	0,1	0,0	0,0	0,8	0,8	0,3	0,6
I7	0,0	0,7	0,7	0,0	0,8	0,0	0,9
I8	0,5	0,7	1,0	0,0	0,6	0,0	0,0
I9	0,1	0,0	0,4	0,6	0,4	0,3	0,6
I10	0,1	0,4	0,7	0,4	0,6	0,3	1,0

Fonte: Autora

A função valor global de uma alternativa é encontrada através da ponderação das funções valores obtidos na avaliação intracritério e pelos valores das constantes de escala de cada critério. Considerando todas as funções valor crescentes e positivas, para este trabalho, a alternativa que apresentar maior função valor global é considerada como alternativa que apresenta menor consequência aos objetivos do projeto.

Com o auxílio de uma planilha do Excel, foi possível executar a função utilidade multiatributo (Equação 4) e obter os valores das utilidades para os três tipos de empreendimentos, multiplicando o valor de utilidade individual pelos seus respectivos pesos e no fim fez-se a soma total, obtendo assim os resultados, conforme as tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6 – Valores utilidade para residência padrão alto

	Residência Padrão Alto							Utilidade Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	0,1	0,15	0,17	0,20	0,18	0,10	0,10	
I1	0,010	0,030	0,051	0,000	0,108	0,030	0,100	0,329
I2	0,010	0,060	0,170	0,000	0,144	0,000	0,090	0,474
I3	0,010	0,150	0,170	0,000	0,144	0,090	0,090	0,654
I4	0,010	0,105	0,119	0,000	0,144	0,000	0,090	0,468
I5	0,010	0,105	0,119	0,000	0,144	0,030	0,090	0,498
I6	0,010	0,000	0,000	0,160	0,144	0,030	0,060	0,404
I7	0,000	0,105	0,119	0,000	0,144	0,000	0,090	0,458
I8	0,050	0,105	0,170	0,000	0,108	0,000	0,000	0,433
I9	0,010	0,000	0,068	0,120	0,072	0,030	0,060	0,360
I10	0,010	0,060	0,119	0,080	0,108	0,030	0,100	0,507

Fonte: Autora

Tabela 7– Valores utilidade para residência padrão normal

	Residência Padrão Normal							Utilidade Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	0,10	0,10	0,14	0,22	0,11	0,17	0,15	
I1	0,100	0,000	0,030	0,066	0,033	0,000	0,135	0,364
I2	0,100	0,050	0,075	0,066	0,000	0,000	0,045	0,336
I3	0,100	0,080	0,075	0,000	0,033	0,068	0,045	0,401
I4	0,100	0,080	0,030	0,066	0,055	0,068	0,045	0,444
I5	0,100	0,100	0,150	0,000	0,088	0,170	0,105	0,713
I6	0,100	0,000	0,000	0,066	0,055	0,068	0,045	0,334
I7	0,100	0,100	0,150	0,066	0,055	0,068	0,000	0,539
I8	0,100	0,010	0,113	0,066	0,033	0,068	0,045	0,435
I9	0,000	0,000	0,030	0,000	0,055	0,068	0,000	0,153
I10	0,100	0,080	0,030	0,066	0,033	0,136	0,075	0,520

Fonte: Autora

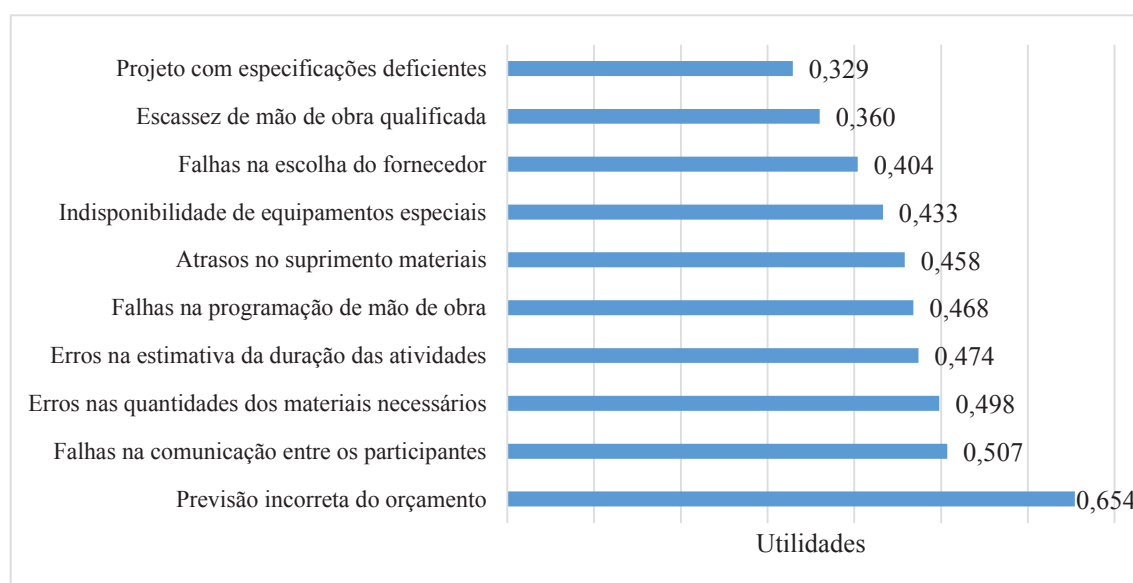
Tabela 8 – Valores utilidade para residência padrão baixo

	Residência Padrão Baixo							Utilidade Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	0,20	0,18	0,17	0,15	0,10	0,10	0,10	
I1	0,035	0,030	0,060	0,040	0,020	0,060	0,000	0,245
I2	0,035	0,120	0,100	0,040	0,000	0,023	0,038	0,355
I3	0,050	0,060	0,160	0,000	0,020	0,060	0,120	0,470
I4	0,050	0,030	0,060	0,040	0,040	0,060	0,090	0,370
I5	0,050	0,060	0,060	0,080	0,040	0,060	0,090	0,440
I6	0,010	0,030	0,060	0,080	0,100	0,060	0,038	0,378
I7	0,035	0,030	0,060	0,040	0,040	0,000	0,038	0,243
I8	0,035	0,030	0,060	0,040	0,040	0,023	0,038	0,265
I9	0,035	0,030	0,060	0,040	0,040	0,060	0,038	0,303
I10	0,035	0,030	0,000	0,040	0,020	0,023	0,000	0,148

Fonte: Autora

Com as utilidades calculadas, fez-se a hierarquização das incertezas de acordo com os valores obtidos, realizando assim a priorização, onde a incerteza com menor valor de utilidade representa a que gera maior consequência aos objetivos do projeto, conforme os Gráficos 1, 4 e 7.

Gráfico 1 – Hierarquização das incertezas para residência padrão alto



Fonte: Autora

Para o empreendimento de padrão alto, as três incertezas com maiores valores de utilidades são; **previsão incorreta do orçamento** (0,654), **falhas na comunicação entre os participantes** (0,507) e **erros nas quantidades de materiais necessários** (0,498), como pode ser visto no Gráfico 1. Ou seja, são as mais preferidas pelo decisor pelo fato de apresentarem menores consequências aos objetivos. Por outro lado, a de menor valor de utilidade é a incerteza **projetos com especificações deficientes** (0,329). De acordo com a avaliação do decisor, tratando-se de empreendimentos de padrão alto, é a que causa maior dano ao projeto e por isso é a menos preferida pelo decisor.

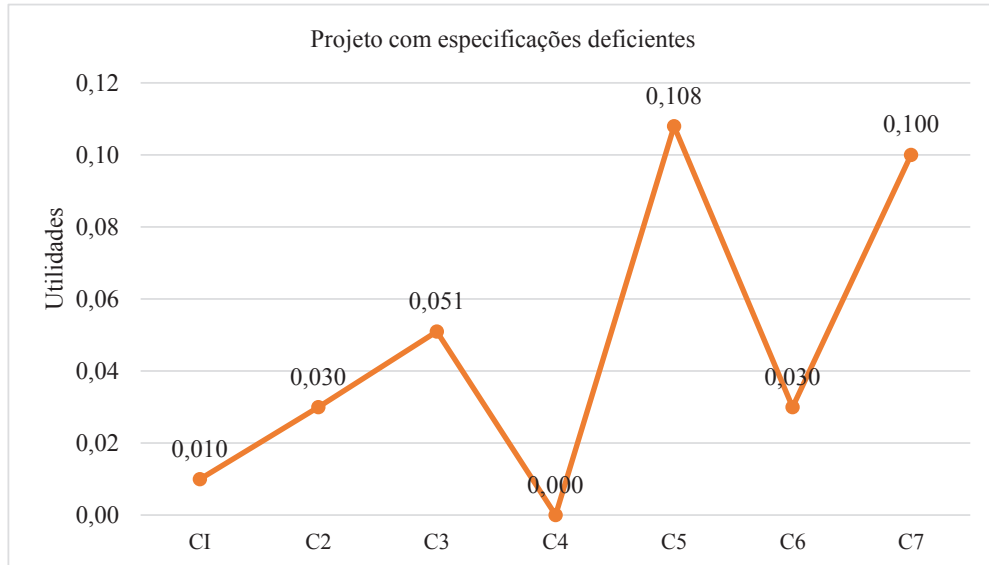
As especificações técnicas são documentos que descrevem, de forma clara, completa e metódica, os materiais e o processo de execução a serem seguidos durante a execução de um projeto e tem como principal objetivo complementar a parte gráfica do projeto. Deve conter, além dos materiais de construção, os objetivos, a identificação da obra, as modificações de projeto, a descrição dos serviços especificando como devem ser executados os serviços, designando os traços da argamassa, métodos de assentamento, forma de corte de peças, dentre outros elementos. Todas essas informações devem estar corretas para que o planejamento possa ser elaborado com base em informações verdadeiras.

Qualquer falha ou deficiências nessas informações, causam sérios danos: nos custos da obra, por causa dos retrabalhos para a correções de erros na execução; na qualidade, pois sem os procedimentos de execução corretos e sem especificações de matérias, o serviço pode ser executado sem a qualidade exigida e por fim; e no prazo, devido ao tempo perdido para as correções dos serviços. Por isso, a incerteza **projetos com especificações deficientes** foi escolhida pelo decisor como a menos preferível.

Analisando separadamente o desempenho das incertezas com maior e menor valor utilidade nos critérios de avaliação escolhidos, observa-se que, para a incerteza **projetos com especificações deficientes**, o critério custo indireto (C5) é a que tem maior valor utilidade (0,108), conforme as preferências do decisor. Isso quer dizer que, caso ocorra esse problema no empreendimento de padrão alto, este critério será o menos prejudicado, como pode ser visualizado no Gráfico 2.

No entanto, o critério que sofre maiores danos com essa incerteza é o custo direto (C4), por isso, a utilidade foi igual a zero, conforme a avaliação do decisor.

Gráfico 2 – Projeto com especificações deficientes para residência padrão alto

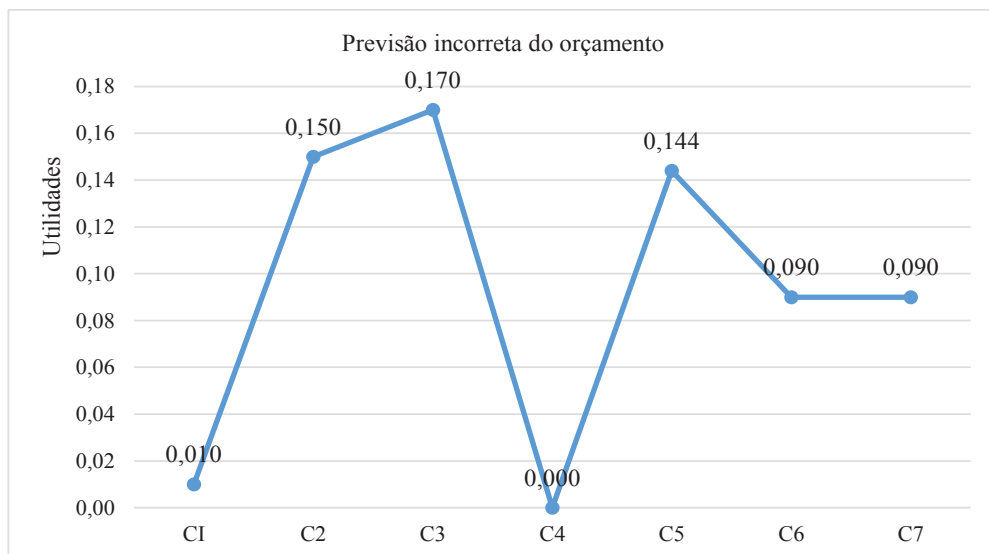


Fonte: Autora

Para a incerteza **previsão incorreta do orçamento**, o critério com maior valor de utilidade, de acordo com as preferências do decisor, é a qualidade da construção (C3) com 0,17, como pode ser visto no Gráfico 3.

Por outro lado, o decisor avaliou o critério custo direto (C4) como aquele que sofre maiores consequências com essa incerteza e por isso não tem nenhuma utilidade para ele.

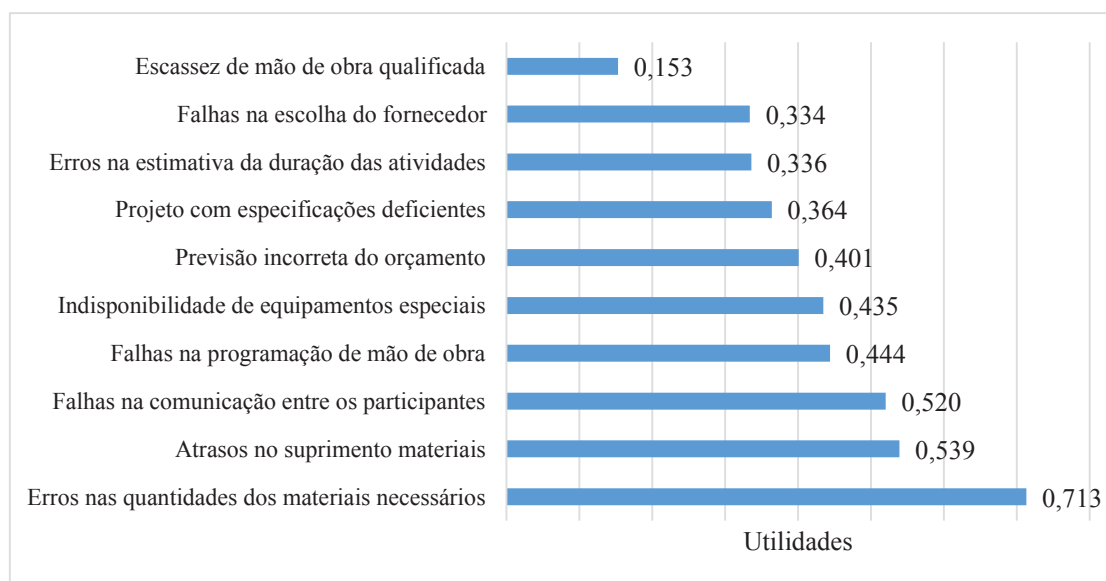
Gráfico 3 – Previsão incorreta do orçamento para residência padrão alto



Fonte: Autora

No que se refere a empreendimento de padrão normal, as três incertezas que apresentaram menor risco ao projeto, ou seja, com maior valor de utilidades, são; **erros nas quantidades dos materiais** (0,713), **atrasos no suprimento de materiais** (0,539) e **falhas na comunicação entre os participantes** (0,520), conforme no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Hierarquização das incertezas para residência padrão normal



Fonte: Autora

Por outro lado, a incerteza que se destaca como a que gera maiores danos, para este tipo de empreendimento, com o menor valor utilidade (0,153) é a **escassez de mão de obra qualificada**, como pode ser visto no Gráfico 4.

A escassez de mão de obra é apontada em várias pesquisas como o principal problema da construção civil. O setor da construção civil no Brasil passa por constantes mudanças o que vem exigindo cada vez mais a profissionalização, tanto na qualificação dos profissionais em todas as etapas do projeto, como também na adoção de novas técnicas e materiais de melhor qualidade. Contudo, ainda existe uma grande carência de profissionais capacitados e essa deficiência pode comprometer a execução da obra, podendo originar sérios prejuízos tanto para as construtoras como ao próprio contratante, como gasto excessivo com materiais e perda de qualidade.

Uma das pesquisas realizadas pela Confederação Nacional da Indústria mostra que 68,4% das 375 construtoras pesquisadas apontam dificuldade em contratar profissionais capacitados como um dos três maiores problemas na construção civil. O problema da escassez

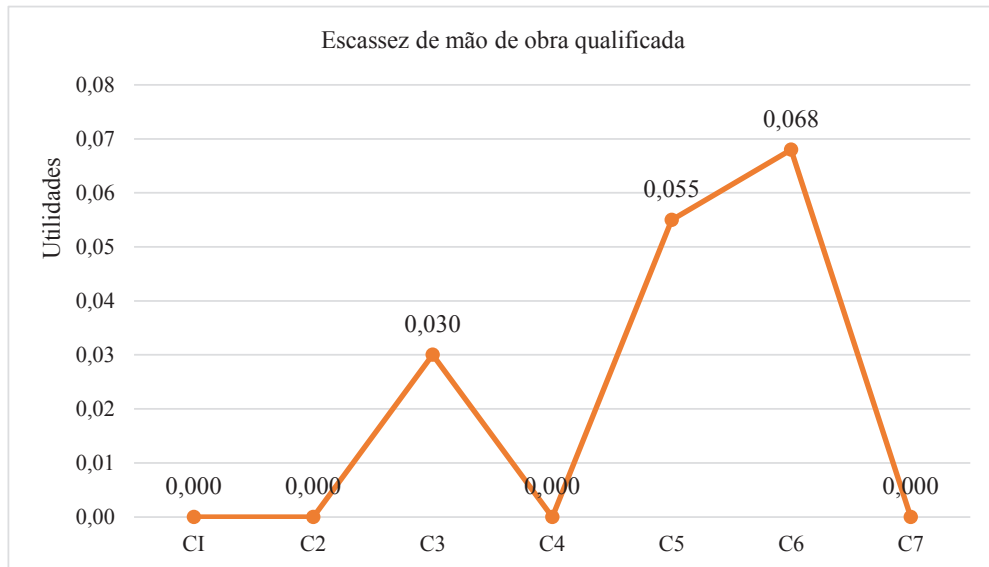
de mão de obra é um fenômeno da falta de incentivo. Para muitos trabalhadores, a construção é uma etapa temporária de suas vidas e não têm interesse em criar vínculos empregatícios.

Existem alguns projetos que buscam investir na qualificação dos profissionais da área, como o Sistema de Capacitação e Certificação Profissional na Construção Civil, desenvolvida pelo PBQP-H. A proposta é trabalhar não só a parte técnica da construção, mas abrangendo também a formação básica, o desenvolvimento de habilidades de gerenciamento e sensibilização para melhoria de comportamentos, destacando a: produtividade, relacionada à redução de perdas e à utilização apropriada dos materiais de construção e dos sistemas construtivos, que podem levar a melhorias na concepção e execução do projeto; e qualidade, relacionada à melhoria dos padrões de produção e de comercialização, tanto dos materiais de construção como do produto final (a habitação).

Após identificar as incertezas mais e menos preferida pelo decisor, para o empreendimento de padrão normal, prossegue-se analisando as suas performances em cada um dos critérios de avaliação.

Observa-se que tanto para a incerteza **escassez de mão de obra qualificada** quanto para **erros nas quantidades dos materiais necessários**, o critério menos afetado foi o prazo de entrega (C6) com os valores 0,068 e 0,17, respectivamente, conforme os Gráficos 5 e 6. Os decisores defendem que, apesar desses problemas serem graves, caso ocorra durante o planejamento e se medidas forem tomadas de imediato, não causarão consequências severas no objetivo tempo do projeto.

Gráfico 5 - Escassez de mão de obra qualificada para residência padrão normal

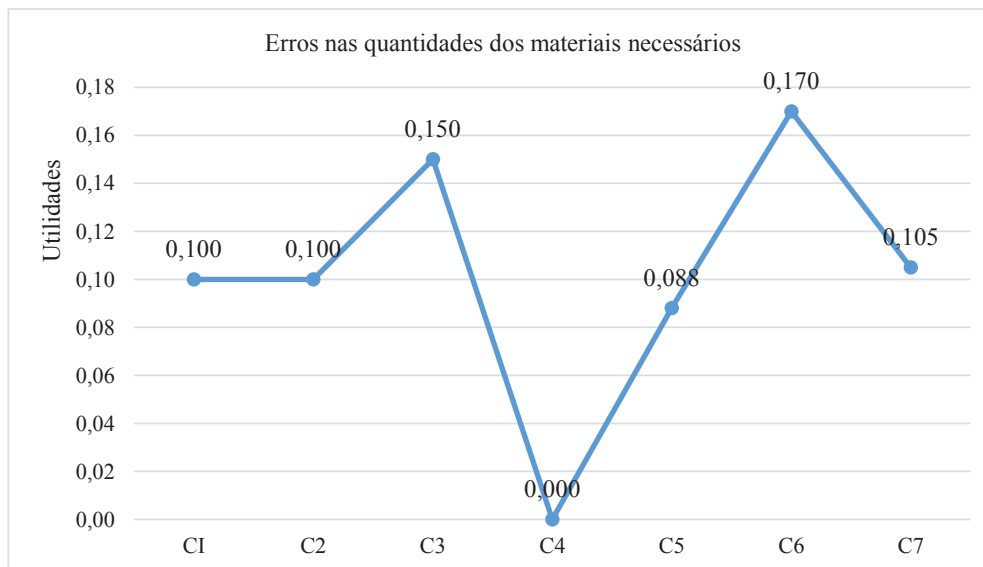


Fonte: Autora

Continuando com a análise do Gráfico 5, nota-se que, a incerteza **escassez de mão de obra qualificada** pode gerar impactos negativos nos critérios satisfação do usuário (C1), desempenho do edifício (C2), custo direto (C4) e produtividade (C7). Por isso, as utilidades nesses critérios foram zero, de acordo com as preferências do decisor.

Foi possível observar que esta incerteza atinge negativamente os três objetivos do projeto; a qualidade, o custo e o tempo. Neste contexto, os gerentes devem ter especial atenção para este problema e devem pensar em soluções proativas para mitigá-lo antes que cause constrangimentos.

Gráfico 6 - Erros nas quantidades dos materiais necessários para residência padrão normal



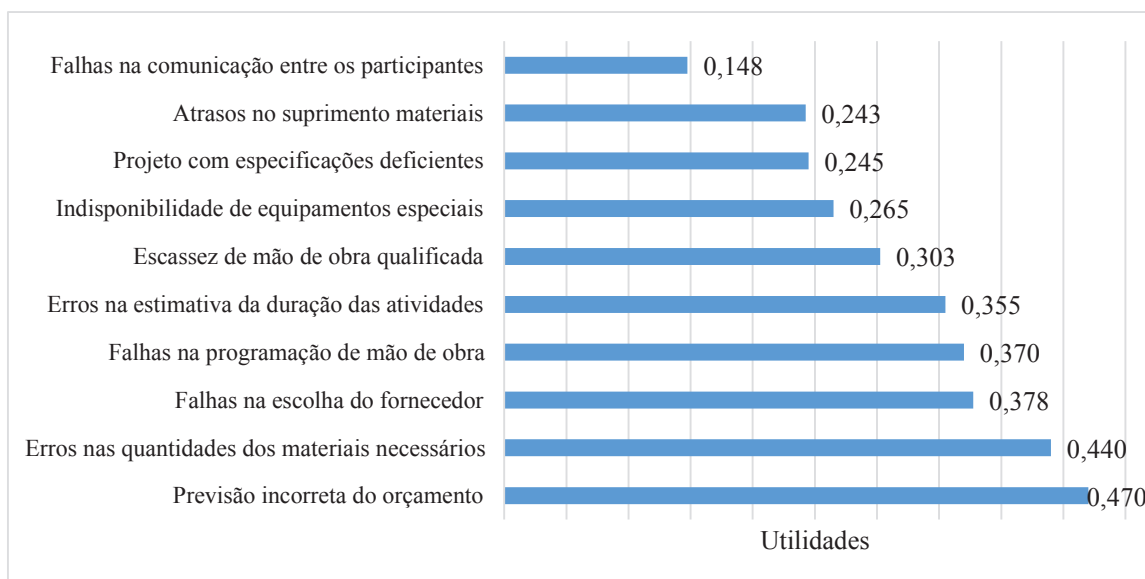
Fonte: Autora

Analisando a incerteza **erros nas quantidades dos materiais necessários** que, conforme os decisores, gera menos danos a este tipo de projeto, constata-se que o critério custo direto é o que sofre maiores consequências negativas caso ocorra esse problema, conforme o Gráfico 6.

O impacto elevado nos custos diretos do projeto, deve-se ao fato que, quando os materiais estimados forem insuficientes ao necessário, para colmatar esse erro, será necessário comprar o restante e o gerente terá que gastar mais recursos financeiros do que o previsto, causando um desvio nos custos diretos da obra. Como por exemplo temos um caso muito comum, os revestimentos. Nesse caso, estimativas equivocadas nas quantidades precisas, podem exigir compra de produtos de lotes diferentes que, geralmente, vêm com diferença de tom e/ou de tamanho. Ainda há casos em que o produto adquirido inicialmente sai de linha de produção, obrigando o gerente a comprar novamente toda a quantidade necessária.

Por fim, será realizada agora a análise no empreendimento de padrão baixo. De acordo com as avaliações do decisor, as três incertezas com maiores valores de utilidades, ou seja, que apresentam menores consequências ao projeto são; **previsão incorreta do orçamento** (0,470), **erros nas quantidades dos materiais necessários** (0,440) e **falhas na escolha do fornecedor** (0,378), conforme o Gráfico 7.

Gráfico 7 - Hierarquização das incertezas para residência padrão baixo



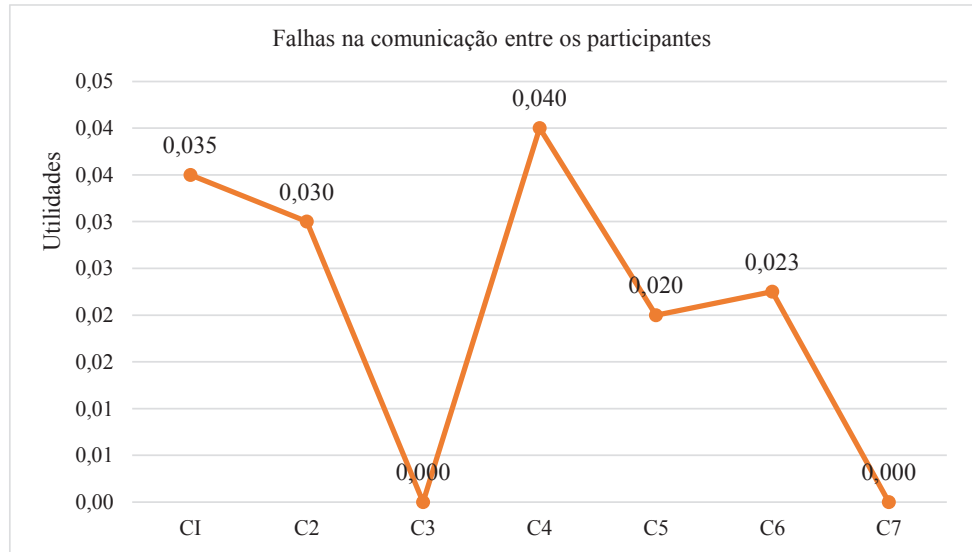
Fonte: Autora

A incerteza **falha na comunicação entre os participantes** (0,148), foi escolhida pelo decisor como a que gera graves consequências para os empreendimentos de padrão baixo. Vários estudos encontrados na literatura, destacam a importância da comunicação para o sucesso de um projeto.

Com a crescente preocupação em satisfazer os seus clientes, melhorar os seus processos, serem inovadoras e terem bons resultados na tomada de decisão, as empresas construtoras precisam desenvolver um processo de comunicação altamente eficaz. Neste contexto, a comunicação entre as partes interessadas do projeto é um grande desafio e carece de especial atenção. Porém, apesar de parecer um processo simples, existem vários fatores que influenciam e desviam a comunicação, dificultando esse processo. Cabe ao gerente superar essas dificuldades para possibilitar que as informações adquiridas do projeto possam fluir entre todos os *stakeholders*, sem haver perda importantes. Vale dizer que, para conduzir o projeto ao sucesso, essa comunicação deve ser realizada de forma sistemática, por meio de técnicas e ferramentas.

Prosseguindo com as análises, agora faz-se a análise do desempenho da incerteza **falhas na comunicação entre os participantes** em relação aos critérios selecionados. Conforme as preferências do decisor, o critério custo direto (C4) é a que sofre menos danos, recebendo assim o maior valor de utilidade (0,04), Gráfico 8.

Gráfico 8 - Falhas na comunicação entre os participantes para residência padrão baixo

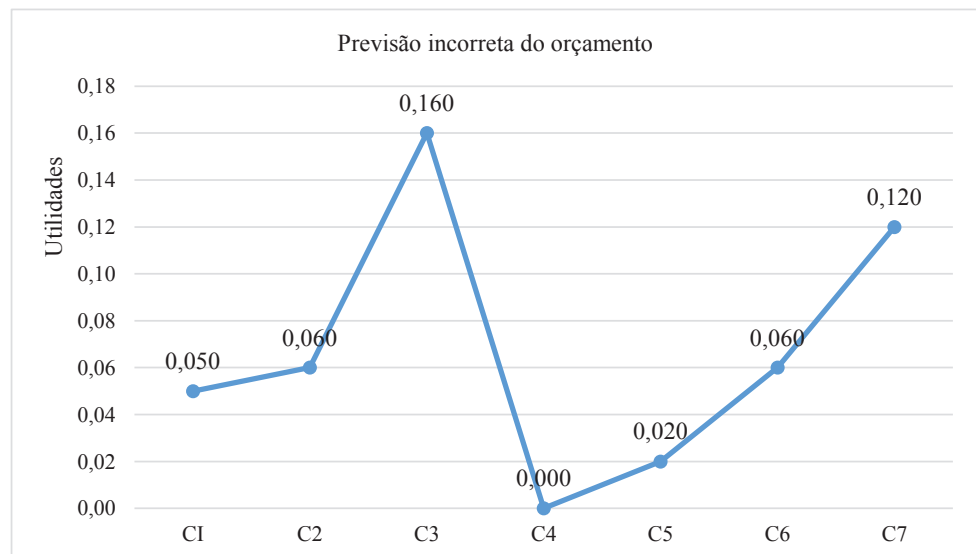


Fonte: Autora

Enquanto que, os critérios qualidade da construção (C3) e produtividade (C7), receberam utilidades nulas (GRAFICO 8), pois essa incerteza causa grandes danos nesses dois critérios.

No que se refere a incerteza **previsão incorreta do orçamento**, conforme o Gráfico 9, o critério que sofre mais danos é o custo direto (C4), sendo avaliada pelos decisores como a menos preferível.

Gráfico 9 - Previsão incorreta do orçamento para residência padrão baixo



Fonte: Autora

Fazendo uma análise geral, pôde-se observar que o critério custo direto (C4), é o mais vulnerável às consequências negativas para todos os três tipos de empreendimentos, conforme as preferências dos decisores. Na construção civil, os custos diretos estão diretamente relacionados a quantidade de serviços a serem executados e correspondem aos custos relativos à mão de obra, aos materiais e aos equipamentos utilizados. Neste contexto, vale mencionar que, existe uma relação entre o custo direto de uma obra e a produtividade. O custo direto da mão de obra está diretamente relacionado com a produção dos trabalhadores. A produtividade é um indicador de desempenho quantitativo e também pode funcionar como um redutor do custo direto da mão de obra. Contudo, ela depende do processo de execução, da estimativa da mão de obra e essencialmente da estimulação dos trabalhadores.

O cálculo do custo na construção civil abrange incertezas pelo simples fato de ser realizado antes da execução da obra, por isso, o seu controle deve ser rigoroso e cauteloso de modo a evitar que os custos previstos inicialmente não sejam cumpridos.

5.1 Análise de sensibilidade

Após a avaliação das alternativas em relação aos critérios, utilizando as escalas de valores, e a atribuição dos pesos para definir a importância relativa dos critérios, prossegue-se com a análise de sensibilidade. A análise de sensibilidade permite verificar se a estrutura e os parâmetros do modelo de tomada de decisão são adequados para resolver o problema em questão.

Neste trabalho, a análise foi realizada com base nos resultados obtidos de três cenários diferentes. Fez-se assim a simulação, alterando os pesos dos critérios. Foi analisado um tipo de empreendimento para cada cenário proposto, seguindo uma lógica de raciocínio. Em seguida calculou-se as novas utilidades e fez-se a comparação.

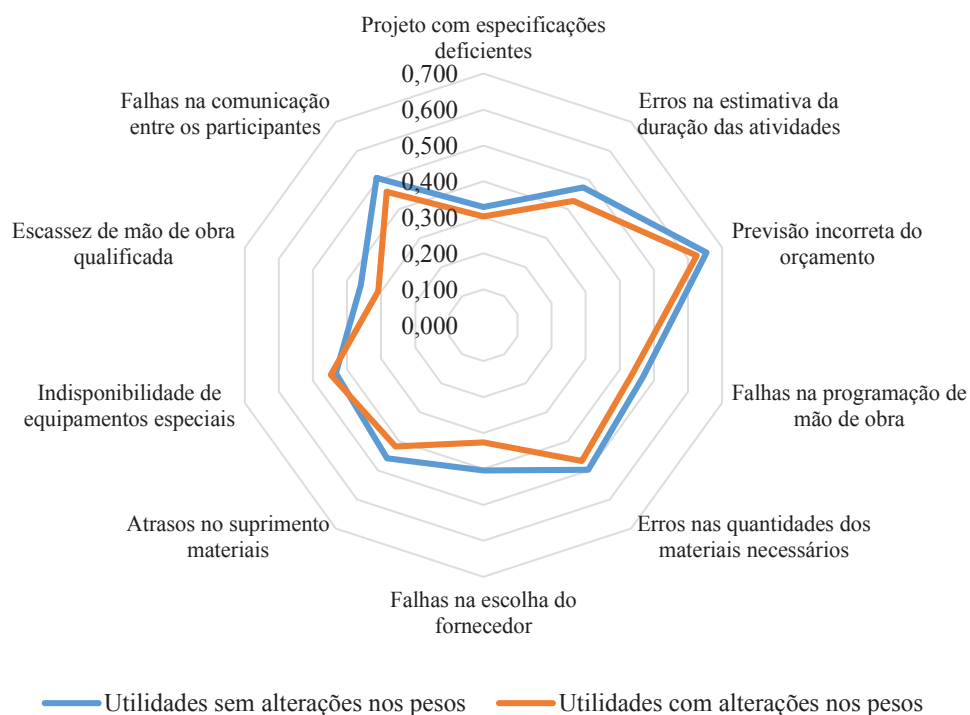
Vale dizer que, para a análise das variações, uma variação na ordem de 0,10 unidades para mais ou para menos nos valores das utilidades, foi considerada como uma variação significativa e conseqüentemente a incerteza é considerada como sensível. As tabelas com as variações dos três tipos de empreendimentos podem ser vistas nos Apêndices F, G e H e as utilidades encontradas com o cenário atual podem ser visualizadas no Apêndice C, D e E.

- a) Cenário 1:** Neste cenário será analisado o empreendimento de padrão alto. Inicialmente os maiores pesos foram atribuídos, pelo decisor, para os

subcritérios do custo, em seguida qualidade e por fim tempo. Neste novo cenário, será atribuído maiores pesos para os subcritérios da qualidade: satisfação do usuário (0,20), desempenho do edifício (0,18), qualidade da construção (0,15), em seguida custo: custo direto (0,15), custo indireto (0,12), e por fim o tempo: prazo de entrega (0,10) e produtividade (0,10).

Para o empreendimento de padrão alto (Gráfico 10), conforme o parâmetro de variação estabelecido, apesar de constatar alterações nos valores de utilidades das incertezas, nenhuma delas tiveram uma variação significativa, ficando assim, portanto, todos abaixo de 0,10.

Gráfico 10 – Cenário 1: Análise de sensibilidade para a residência padrão alto



Fonte: Autora

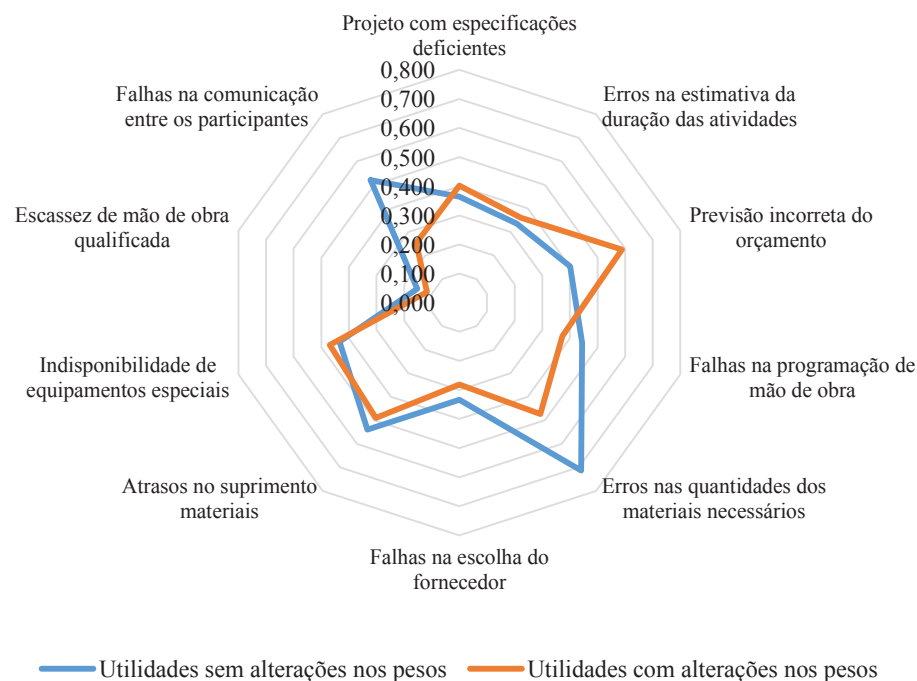
Observou-se que, mesmo mudando a posição de algumas incertezas, a classificada anteriormente como de alto risco, projeto com especificações deficientes, e a que gera menos danos, previsão incorreta do orçamento, para empreendimento alto padrão, conforme as avaliações do decisor, mantiveram as suas posições. Isso quer dizer que essas incertezas não são sensíveis às mudanças.

b) Cenário 2: Aqui será analisado o empreendimento de padrão normal. Inicialmente, o decisor atribuiu os maiores pesos para os subcritérios do custo, em seguida o tempo e por fim a qualidade. Com o novo cenário, os maiores pesos ficaram para os subcritérios de tempo: prazo de entrega (0,22) e produtividade (0,17), em seguida qualidade: satisfação do usuário (0,15), desempenho do edifício (0,15), qualidade da construção (0,11) e depois os subcritérios do custo: custo direto (0,10), custo indireto (0,10).

Para o empreendimento de padrão normal, conforme o Gráfico 11, constatou-se variações significativas nos valores das utilidades das seguintes incertezas: previsão incorreta do orçamento (-0,188), erros nas quantidades dos materiais necessário (0,239) e falhas na comunicação entre os participantes (0,267). Neste contexto, essas incertezas podem ser avaliadas como sensíveis às variações.

Contudo, apesar dessas variações, a incerteza classificada antes como de alto risco para o projeto, a escassez de mão de obra qualificada, manteve a sua posição. Enquanto que, a incerteza classificada antes como a que gera menos impacto, erros nas quantidades dos materiais necessários, perdeu sua posição para a incerteza previsão incorreta do orçamento.

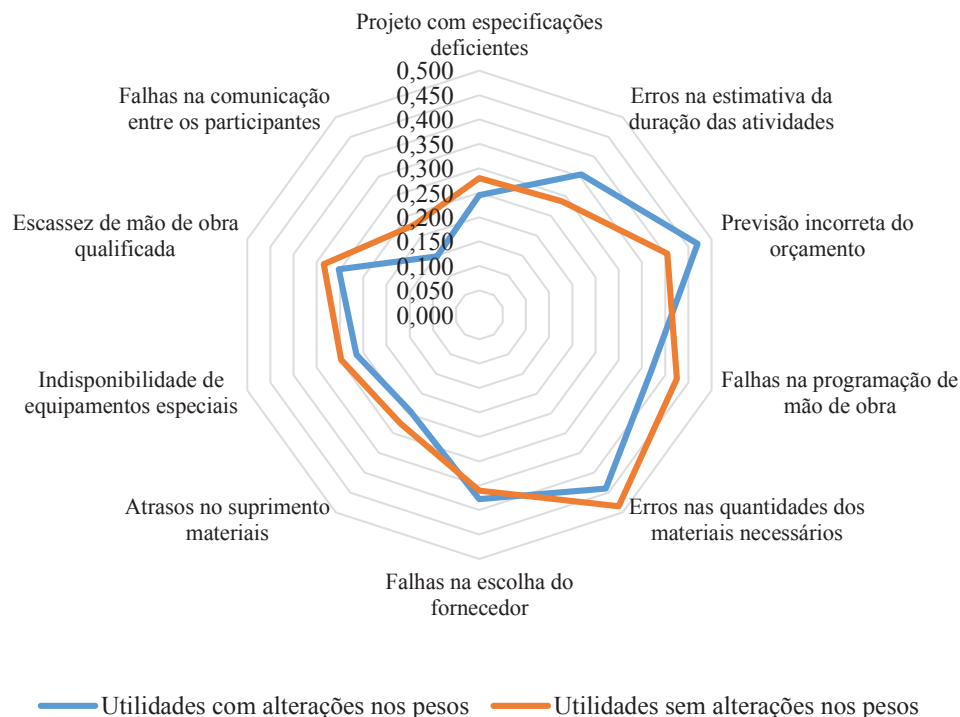
Gráfico 11– Cenário 2: Análise de sensibilidade para a residência padrão normal



c) **Cenário 3:** Neste último cenário, será analisada o empreendimento de padrão baixo. Para este empreendimento, o decisor inicialmente atribuiu maiores pesos para os critérios qualidade, depois custo e por fim o tempo. Com o novo cenário, os maiores pesos foram atribuídos para os subcritérios do custo: custo direto (0,20), custo indireto (0,20), em seguida de tempo: prazo de entrega (0,15) e produtividade (0,15) e por fim qualidade: satisfação do usuário (0,15), desempenho do edifício (0,10), qualidade da construção (0,05)

Para o empreendimento de padrão baixo foram detectadas algumas alterações, porém nada significativa. Houve mudança na posição da incerteza classificada como a que gera menos impacto no projeto, que antes era a previsão incorreta do orçamento e com o novo cenário passou para erros nas quantidades dos materiais necessário. No entanto, a incerteza qualificada anteriormente como de alto risco, as falhas na comunicação entre os participantes, manteve a sua posição, como pode ser visto no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Cenário 3: Análise de sensibilidade para a residência padrão baixo



Fonte: Autora

Analisando de um modo geral, pode-se dizer que, mesmo com as alterações nos valores de utilidades e com as variações na posição de algumas incertezas, as avaliadas como as mais preocupantes e que afetam mais os objetivos do projeto, continuaram as mesmas com o novo cenário.

Vale dizer que, esses modelos podem ser utilizados pelo decisor como uma ferramenta para conhecer as incertezas inerentes ao projeto que ele está encarregado e auxiliá-lo na estruturação do processo decisório, perante situações de incertezas e com uma multiplicidade de objetivos onde a escolha de um pode prejudicar o desempenho do outro.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

6.1 Conclusões

Tendo em conta o objetivo do trabalho que é propor um modelo de análise de riscos em edificações para auxiliar a tomada de decisão, a aplicação da teoria da utilidade multiatributo - MAUT, por agregar as preferências dos decisores na função valor e por tornar o problema mais transparente, mostrou-se eficaz para a resolução do problema proposto.

As informações fornecidas pelos decisores ao analista, durante as entrevistas, são cruciais para a resolução do problema multicritério – MAUT, dado que, qualquer informação equivocada pode ocasionar resultados que não correspondem com a realidade. Dentre essas informações tem-se a determinação dos pesos. A atribuição do peso aos critérios é uma das etapas decisivas para a resolução do problema, onde recebem maiores pesos do que outros quando avaliados como mais relevantes. Essa atribuição ficou na responsabilidade dos decisores, que com considerável conhecimento na área de edificações puderam contribuir para a elaboração do trabalho conforme a metodologia adotada.

Para que os resultados obtidos com o MAUT sejam correspondentes com o problema em questão, é imprescindível o cumprimento de uma das exigências para a utilização da função aditiva multiatributo - a independência dos critérios, pois, é essa independência que permite que o agente de decisão expresse as suas preferências e compensações entre os critérios de avaliação. Além disso, vale dizer que, as preferências determinadas por essa função são sempre completas, ou seja, para cada par de alternativas, uma delas é estritamente preferível à outra ou são indiferentes, não permitindo assim a incomparabilidade entre as alternativas.

Uma das grandes vantagens do MAUT para a análise das incertezas é que ele engloba tanto critérios quantitativos como qualitativos. A quantificação é realizada pela associação de um valor abstrato de utilidade para cada uma das situações possíveis. Portanto, um evento que não tem correspondente numérico ou monetário pode ser transformado em valores de utilidade, conforme foi feita nesse trabalho para os critérios “satisfação do usuário”, “desempenho do edifício” e “qualidade da construção”.

Durante as entrevistas, o analista deve fazer com que fique claro para o decisor, que para o sucesso do processo, é importante que ele entenda bem o problema, para que ele possa expor suas avaliações. Também é relevante lembrar que não existem utilidades corretas ou incorretas e o propósito desse trabalho não a discussão da correção das funções utilidades obtidas nas entrevistas, visto que, elas se representam realmente os sentimentos subjetivos do indivíduo, ou seja, seu comportamento frente ao risco. O importante é que essas utilidades estejam bem construídas de modo a especificar corretamente esse comportamento e obter resultados condizentes com a estrutura de preferências do decisor, trazendo maior eficiência e padronização às suas decisões.

A análise de sensibilidade verificou o desempenho das incertezas em relação a mudança dos cenários. Foram constituídos três cenários diferentes para cada tipo de empreendimento em que se alterou os pesos de critérios, mudando assim a ordem de preferências dos mesmos. As incertezas classificadas como de alto risco, para os três tipos de empreendimentos, foram aquelas que apresentaram menores valores de utilidades e mesmo com as modificações realizadas não alteraram as suas posições.

O modelo de análise de riscos proposto apresenta uma forma mais estruturada que auxilia o gestor na tomada de decisão, tendo sido aplicado numa situação real em três tipos de empreendimentos diferentes, onde cada um, com suas características intrínsecas, contribuíram para a formação do modelo. As variáveis envolvidas para a análise multicritério nesta pesquisa, mudam de acordo com o tipo de empreendimento, dos juízos de valores dos atores envolvidos, bem como o seu entendimento do problema. Contudo, o processo de estruturação do problema e a forma como será feita a coleta de informações será basicamente a mesma. Neste sentido, a concretização desta pesquisa possibilitou a geração de um modelo inicial, que pode ser seguido para outras pesquisas relacionadas, considerando as pequenas adaptações que poderão ser feitas.

Este trabalho permitiu verificar quais as incertezas causam maiores impactos para três tipos de empreendimentos diferentes. Contudo, isso não quer dizer que uma incerteza que foi classificada como de alto risco só para um tipo de empreendimento, deve ser desconsiderada e negligenciada pelos gestores de outros tipos de projetos. Todas as incertezas aqui identificadas, apresentam em uma maior ou menor proporção, riscos aos projetos e por

isso devem ser identificadas e gerenciadas, não só na fase inicial do projeto, mas também durante todo o ciclo de vida do projeto.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

O processo de gerenciamento de projeto, mais especificadamente gerenciamento de riscos na construção civil apresenta-se ainda cheio de deficiências, carecendo por isso uma maior atenção dos pesquisadores do assunto. A fim de originar conhecimentos que possam ser acrescentados aos resultados adquiridos neste trabalho, sugere-se a realização de alguns trabalhos:

- O modelo pode ser aplicado para outras fases do ciclo de vida do projeto, uma vez que, tanto como o planejamento, existem riscos e incertezas nas outras fases do ciclo de vida de um projeto, que devem ser identificadas e analisadas.
- No que se refere à quantidade de agentes decisores, pode ser estudado sob o enfoque da decisão em grupo, ou seja, serão levadas em conta os julgamentos de mais de um decisor
- O estudo pode ser norteado para outros tipos de obras como as construções pesadas, tais como as barragens, estradas, obras públicas que possuem outras exigências com a fiscalização.
- Para a atribuição de peso aos critérios de avaliação, pode-se utilizar outros métodos de julgamento, tais como: SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*); AHP; Métodos Ordinais; *Swing Weighting*; e *Trade-off Weighting*.
- Também pode ser feito o mesmo estudo utilizando outros métodos de apoio multicritério. Ou ainda, fazer a fusão de dois métodos diferentes e realizar uma comparação entre eles.

Vale dizer que todas essas sugestões tem o objetivo de fazer com que o processo de gerenciamento de risco para a tomada de decisões em projetos de construção civil, seja o mais claro possível, baseadas em informações que representam os cenários reais e acessível a todos os agentes envolvidos no processo de decisão.

REFERÊNCIAS

- ABDERISAK, A.; LINDAHL, G. Take a chance on me? Construction client's perspectives on risk management. **Procedia Economics and Finance**, v. 21 p. 548 – 554, 2015.
- ACEBES, F.; PAJARES, J.; GALÁN, J. M.; PAREDESA, A. L. **Exploring the influence of Seasonal Uncertainty in Project Risk Management**, 27th IPMA World Congress, Espanha, 2014. Disponível em: <<http://ac.els-cdn.com>>. Acesso em: 12/11/20.
- AKINTOYE, A. S.; MACLEOD, M. J. Risk Analysis and Management in Construction. **International Journal of Project Management**, v.15, n. 1, p 31 – 38, 1997.
- ALENCAR, L. H. **Avaliação e gestão de projeto na construção civil com apoio do método multicritério PROMETHEE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- ALESSANDRI, T. M.; FORD, D.N.; LANDER, D.M.; LEGGIO, K. B.; TAYLOR, M. Managing risk and uncertainty in complex capital projects. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Vol. 44, p.751-767, 2004.
- ALVES, A. J. **A revisão da bibliografia em teses e dissertações: meus tipos inesquecíveis**. Cad. Pesq. São Paulo, 1992.
- ANDRADE, M. M. de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- ARAÚJO, M. S. **Aplicação da teoria da utilidade multiatributo no apoio multicritério a decisão para priorização de sistemas de informação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.
- ARAUJO, N. M. C.; MEIRA, G. R. **O papel do planejamento, interligado a um controle gerencial, nas pequenas empresas de construção civil**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3103.PDF. Acesso em: 18.10.2015.
- ASSED, J. A. **Construção civil: viabilidade, planejamento, controle**. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1986.
- AS/NZS:4360. **The Australian and New Zealand Standard on Risk Management**, AS/NZS 4360, 2004.
- ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 6, p. 337-342, 1999.
- ATKINSON, R.; CRAWFORD, L.; WARD, S. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. **International Journal of Project Management**, v. 24, p. 687–698, 2006.

AZEVEDO, L. M. L. **Apropriação de custos na construção civil**. Disponível em: http://www.ecivilnet.com/artigos/apropriacao_de_custos.htm. Acesso em: 19.10.2015.

BACCARINI, D., ARCHER, R. The risk ranking of projects: a methodology. **International Journal of Project Management**, v. 19, p.139 - 145, 2001.

BACKLUND, F.; CHRONÉER, D.; SUNDQVIST, E. Project Management Maturity Models – A Critical Review A case study within Swedish engineering and construction organizations. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119 p. 837 – 846, 2014.

BAGULEY, P. **Project management**. Londres: Hodder & Stoughton, 1999.

BALLARD, G. Positive vs Negative Interaction in Design. **8th International Conference on Lean Construction - Proceedings IGLC**, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1998.

BALOI, D.; PRICE, A. D. F. Modelling global risk factors affecting Construction cost performance. **International Journal of Project Management**, v. 21, p. 261 – 269, 2003.

BANA E COSTA, C. Introdução geral às abordagens multicritério de apoio à tomada de decisão. **Investigação Operacional**, 1988.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. **Procedimentos úteis na identificação de situações geradoras de projetos de pesquisa em educação**. Disponível em <http://www.tecnologiadeprojetos.com.br/> Acesso em: 23.04.2015.

BARROS, A. J. da S.; LEHFELD, N. A. de S. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para a iniciação científica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Boston: Kluwer Academic Press, 2002

BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W. **A evolução do processo decisório**. ENEGEP, 1998.

BORGERT, A. **Construção de um sistema de gestão de produtos à luz de uma metodologia construtivista multicritério**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BORGES, J. F. B. **Gestão de projetos na construção civil.** Revista Especialize On-line IPOG, v. 1, Goiânia, 2013

BROWN, R. **Rational Choice and Judgment Decision Analysis for the Decider.** John Wiley & Sons, Hoboken, 2005.

BUCHANAN, L.; O'CONNELL, Uma breve história da tomada de decisão. **Harvard Business Review**, 2006.

BU-QAMMAZ, A. S. **Risk Assessment of International Construction Projects Using The Analytic Network Process.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Ciências Naturais e Aplicadas, 2007.

CALTRANS. **Project Risk Management Handbook: A Scalable Approach.** Sacramento, 2012.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CAMPOS, V. R.; ALMEIDA, A. T. **Modelo multicritério de decisão para localização de nova Jaguaribara com VIP ANALYSIS.** Pesquisa Operacional, v.26, n.1, p. 91-107, 2006.

CARVALHO, M.M.; RABECHINI Jr., R. **Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos.** São Paulo: Atlas, 2011.

CASTANHAR, D. **Análise de estratégias para exportação pela teoria da utilidade multiatributo: um estudo de caso em microempresa.** XXXVI SBPO, Minas Gerais, 2004.

CHAPMAN, R. J. The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. **International Journal of Project Management**, v. 19 p.147 – 160, 2001.

CLEMEN, R. T.; REILLY, T. **Making hard decisions with decision tools.** Pacific Grove: Duxbury, 2001

COOPER, D. F; GREY, S.; RAYMOND, G.; WALKER, P. **Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements.** England: Wiley & Sons Ltd, 2005.

COSTA, T. C.; BELDERRAIN, M. C. N. **Decisão em Grupo em Métodos Multicritério de Apoio à Decisão.** Anais do XV ENCITA, São Paulo, 2009.

DAYCHOUW, M. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento.** 1 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DAINTY, A.; MOORE, D.; MURRAY, M. **Communication in Construction. Theory and practice,** 2006.

DIKMEN, I; BIRGONUL, T. M.; BIRGONUL, E. A. A critical review of risk management Support tools. **Association of Researchers in Construction Management**, v. 2, p. 1145-54, 2004.

DNIT - **Guia de Gerenciamento de Riscos de Obras Rodoviárias – Fundamentos**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2013.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. **Apoio a decisão. Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Editora Insular, 2001.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutor em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FERREIRA, P. L. **Introdução a Análise de Decisão**. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, 1994.

FERREIRA, P. L. **Avaliação multiatributo: Modelos de utilidade e métodos**. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, 1996.

FERREIRA, R. C. **Comparação aplicada entre as técnicas de planeamento CPM e LOB (line of balance)**. Dissertação (Mestrado Integrado Em Engenharia Civil) - Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto, Porto, 2011.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge based framework for planning house building projects**. Tese (Doutorado em filosofia) - Universidade de Salford, 1991.

FRANKE, A. Risk analysis in project management. **International Journal of Project Management**, v. 5, n. 1, 1987.

FREITAS, M. C. D.; LIMA, L. M. S.; CASTRO, J. E. E. **A Aplicação das novas tecnologias para seleção da informação no setor da construção civil**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR90_0802.pdf. Acesso em: 23/03/2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Método de Pesquisa**, Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS – Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o desenvolvimento Rural da SEAS/UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

GIULIANO, G. Multicriteria Method for Transportation Investment Planning. **Transportation Research**, v. 19A, p. 29-41, 1985.

GOLDBERG, M. S.; CHARLES A. W. **Evaluation of the Risk Analysis and Cost Management (RACM) Model**. IDA, Institute for Defense Analysis, Virginia

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira: a estrutura de um setor de planejamento técnico**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Pini Ltda, 1997.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da Decisão**. Coleção debates em administração. Editora Thomson, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. DE. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

GOMES, L. F. A. M.; FREITAS JR, A. A. **A importância do apoio multicritério à decisão na formação do administrador**. Revista *ANGRAD*, v.1, n.1. Rio de Janeiro, 2000.

GUITOUNI, A.; MARTEL, J. M. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA Method. **European Journal of Operational Research**, v. 109, p. 501-521, 1998.

HELDMAN, K. **Gerência de Projetos: guia para o exame oficial do PMI**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

HILSON, D.; WEBSTER, R. M. **Understanding and Managing Risk Attitude**. Disponível em: <http://www.kent.ac.uk/scarr/events/finalpapers/Hilson%20+Murray-Webster.pdf>. Acesso em: 11.08.2015.

HOEZEN, M. E. L.; REYMER, I. M. M. J.; DEWULF, G. P. M. R. **The problem of communication in Construction**. University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands.

HUANG, S. Designing utility-based recommender systems for e-commerce: Evaluation of preference-elicitation methods. **Electronic Commerce Research and Applications**, v.10, p. 398-407, 2011.

HUANG, Y.; CHANG, W.; LI, W. LIN, Z. Aggregation of utility-based individual preferences for group decision-making. **European Journal of Operational Research**, v. 229, p. 462-469, 2013.

HULL, J. K. Application of risk analysis techniques in proposal assessment. **International Journal of Project Management**, v. 8, p. 152-157, 1990.

ISO:31000. Risk Management - **Principles and Guidelines**. Geneva: International Standards Organisation, 2009.

ISO:21500. **Guidance on Project Management**. Geneva: International Standards Organisation, 2012.

JAAFARI, A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 89 – 101, 2001.

KAPLINSKI, O. Risk Management of Construction Works by Means of the Utility Theory: a Case Study. **11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques**, v. 57 p. 533 – 539, 2013.

KEELLING, R. **Gestão de Projetos: uma abordagem global**. São Paulo: Saraiva, 2002.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. New York: Wiley, 1976.

KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**, Porto Alegre: Bookman, 2007.

KERZNER, H. **Project Management, A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling**. 10th ed. New Jersey, 2009.

KOPPENJAN, J.; KLIJN, E. H. **Managing Uncertainties in Networks: A network approach to problem solving and decision making**. 1ª Edição, London: Editora Routledge, 2004.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo, Finland. Dissertation to the degree of Doctor in Technology presented to the Helsinki University of Technology, 2000.

LAUFER, A. Essentials of Project Planning: Owner's Perspective. **Journal of Management in Engineering**, ASCE, v. 6, n. 2, p. 162-176, 1990.

LAUFER, A; TUCKER, R. L. Is Construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, USA, v.5, p. 243-266, 1987.

LEE, J.; BERNOLD, L. **Ubiquitous Agent-Based Communication in Construction**. J. Comput. Civ. Eng. 2008.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

LOOSEMORE, M; RATTERY, J; REILLY, C; HIGGON, D. **Risk Management in Projects**. Taylor & Francis, 2005.

MACHADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. A contribution to production planning improvement In the construction industry through the Anticipation concept. **Third International Conference on Production Research**, 2006.

MATOS, M. **Ajuda Multicritério à Decisão – Introdução**. FEUP, 2005.

MATTOS, M. P. P.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, D. C.; RESENDE, R. **Gerenciamento de projetos: Uma análise da gestão de risco em um projeto de construção e montagem em uma empresa petrolífera**. IX Convibra Administração – Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2012.

MELA, K.; TIAINEN, T.; HEINISUO, M. Comparative study of multiple criteria decision making methods for building design. **Advanced Engineering Informatics**, v.26, p. 716–726, 2012.

MIGILINSKAS, D.; USTINOVIČIUS, L. Methodology of risk and uncertainty management in construction's technological and economical problems. **The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction**, 2008.

MORANO, C. A. R., FERREIRA, M. L. R. **Aplicação do Método de Monte Carlo de Análise de Riscos em Projetos de Construção**. XXXVSBPO - A pesquisa Operacional e os Recursos Renováveis. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2003/pdf/arg0014.pdf>. Acesso em: 12.08.2015.

MORGAN, M. G., HENRION, M. **Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.

MUSTAFA, M. A.; AL-EAHAR, J. F. Project Risk Assessment Using Analytic Hierarchy Process. **IEEE Transactions On Engineering Management**, v. 38, n. 1,1991.

NBR 12721 - **Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, R. C. F. de. **Gerenciamento de projetos e a aplicação de valor agregado em grandes projetos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, R. R. Liderança e comunicação na gestão da construção civil. **III Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção civil**, Porto Alegre, 2007.

OSIPOVA, E.; ERIKSSON, P. E. Balancing control and flexibility in joint risk management: Lessons learned from two construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 31 p. 391– 399, 2013.

OLSSON, C. **Risk management in emerging markets**. London: Prentice *Hall*, 2002.

PERMINOVA, O; GUSTAFSSON, M.; WIKSTROM, K. Defining uncertainty in projects – a new perspective. **International Journal of Project Management**, v.26, p. 73 – 79, 2008.

PERDIGÃO, J. G. L.; FULGÊNCIO, E. V.; SOUSA, S. A. C.; NETO, J. B. M.; DORNELAS, J. S. **Processo Decisório: um Estudo Comparativo da Tomada de Decisão em Organizações de Segmentos Distintos**. Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2012.

PMBOK – **Project Management Body of Knowledge**, Fifth Edition Portuguese, Pensilvania, 2013.

PMI. **PMBOK - Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. Pennsylvania,USA:Newton Square, 2004.

- PIYATRAPOOMI, N.; KUMAR, A.; SETUNGE, S. **Framework for investment Decision-Making under risk and uncertainty for infrastructure asset management**. Research in Transportation Economics, 2004
- QUEIROZ, A. J. M. da F.; CASAQUE, C. R.; SANTOS, M. C. dos; SEZAR, R. G. M. **Gerenciamento de Riscos em Projetos de Construção Civil sob a Ótica dos Principais Stakeholders - Análise sob um contexto prático e teórico**, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade Departamento de Administração - Fundação Instituto de Administração, São Paulo, 2013.
- RABECHINI Jr. R.; CARVALHO, M. M. **Relacionamento entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos**. Produção, v. 23, n. 3, p. 570-581, 2013.
- RAFTERY, J. **Risk analysis in project management**. London: Editora E & FN Spon, 1994.
- RIQUENHA, R. **Metodologia da Pesquisa**. Centro Universitário do Norte. UNINORTE, 2010.
- ROY, B. **Mulcriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1996.
- SALAWU, A. R.; ABDULLAH, F. Assessing Risk Management Maturity of Construction Organisations on Infrastructural Project Delivery in Nigeria. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 172 p. 643 – 650, 2015.
- SANTOS, F. R. S. dos; CABRAL, S. FMEA and PMBOK Applied to Project Risk Management. **Journal of Information Systems and Technology Management**. v. 5, n. 2, p. 347-364, 2008.
- SCHRAMM, F. **Modelo de apoio a decisão para seleção e avaliação de fornecedores na cadeia de suprimentos da construção civil**. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- SERPELLA, A. F. S.; FERRADA, X.; HOWARD, R.; RUBIO, L. Risk management in construction projects: a knowledge-based approach, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 653 – 662, 2014.
- SEYDEL, J.; OLSON, D. L. Multicriteria Support for Construction Bidding. **PERGAMON. Mathematical and Computer Modelling**, v. 34, p. 677-702, 2001.
- SHOHET, I.; FRYDMAN, S. Communication Patterns in Construction at Construction Manager Level. **Journal Constr. Eng. Manage**, 2003.
- SILVA, E. G. **A importância do Gerenciamento de Projetos em empresas**. Especialize - Revista online, 2012.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, S. M. C. R. C. **Planos gerais de garantia da qualidade de empreendimentos da construção: contributo para sua elaboração.** Dissertação (Mestrado em construção). Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo, SP: Editora Atlas, 2^a ed., 2002.

SMITH, J. N.; MERNA, T.; JOBLING, P. **Managing risk in Construction projects.** 2. Ed. Austrália: Blackwell Publishing, 2006.

SOARES, S. R. **Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental.** Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 2003.

SOUZA, D. M. O. **Visões Clássicas da Qualidade.** Apostila de Curso, Natal: UFRN, 1999.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras.** São Paulo: Editora PINI, 1996.

TAH, J. H. M.; CARR, V. Knowledge-based approach to construction project risk management. **Journal of computing in civil engineering**, v. 15, P. 170-177, 2001.

TAVARES L., OLIVEIRA R., THEMIDO I. e CORREIA F. **Investigação Operacional.** Lisboa, 2003.

THOMAS, A. V.; SUDHAKUMAR, J. Factors Influencing Construction Labour Productivity: An Indian Case Study. **Journal of Construction in Developing Countries**, v.19 n.1 p. 53–68, 2014.

TORGERSON, W. S. **Theory and Methods of Scaling.** Editora John Wiley and Sons, 1985

URICCHIO, V. F.; GIORDANO, R.; LOPEZ, N. A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation. **Journal of Environmental Management**, 2004.

U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration. **“Guide to Risk Assessment and Allocation for Highway Construction Management”**, 2006.

VALERIANO, D. **Moderno gerenciamento de projetos.** São Paulo: Prentice Hall, 2005.

VIANA R. V. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**, 6. Ed. Atual, Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

VIEIRA, M. M. PMI e a Construção Civil. **PMI-RS Journal**, 2002.

VILAS BOAS, C. L. **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite.** Dissertação (Mestrado em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2006.

- VINCKE, P. **Multicriteria decision – aid**. Nova York: Wiley, 1992.
- WALLENIS, J.; DYER, J. S.; FISHBURN, P. C.; STEUER, R. E.; ZIONTS, S.; DEB, K. Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. **Management Science**, v. 54, n. 7, p. 1336–1349, 2008.
- WARD, S; CHAPMAN, C. Transforming project risk management into Project uncertainty management. **International Journal of Project Management**. v.21, p. 97–105, 2003.
- WERNKE, R. A Contabilidade Gerencial e os Métodos Multicriteriais. Revista Contabilidade & Finanças FIPECAFI - FEA - USP, São Paulo, v.14, n. 25, p. 60 - 71, 2001
- WIKFORSS, O; LOFGREN, A. **Rethinking Communication In Construction**. Project Communication. Department of Industrial Economics and Management School of Industrial Engineering and Management. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, 2007.
- XAVIER, C. M. da S.; XAVIER, L. F. da S.; MELO, M. **Gerenciamento de projetos de construção civil uma adaptação da metodologia Basic Methodware**, Rio de Janeiro: Brasport, 2014.
- ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; TAMOSAITIENE, J. Risk assessment of construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, 2010.
- ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R. dos; SANTSO, R. F. dos; CHAUDHRY, F. H. **Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1 p. 81-102, 2002.

APÊNDICE A – NORMALIZAÇÃO PARA RESIDÊNCIA PADRÃO NORMAL

	Residência Padrão Normal						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
I1	1,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,0	0,9
I2	1,0	0,5	0,5	0,3	0,0	0,0	0,3
I3	1,0	0,8	0,5	0,0	0,3	0,4	0,3
I4	1,0	0,8	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3
I5	1,0	1,0	1,0	0,0	0,8	1,0	0,7
I6	1,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,4	0,3
I7	1,0	1,0	1,0	0,3	0,5	0,4	0,0
I8	1,0	0,1	0,8	0,3	0,3	0,4	0,3
I9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,4	0,0
I10	1,0	0,8	0,2	0,3	0,3	0,8	0,5

APÊNDICE B – NORMALIZAÇÃO PARA RESIDÊNCIA PADRÃO BAIXO

	Residência Padrão Baixo						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
I1	0,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,0
I2	0,7	0,8	0,5	0,2	0,0	0,2	0,3
I3	1,0	0,4	0,8	0,0	0,2	0,4	0,8
I4	1,0	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,6
I5	1,0	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6
I6	0,2	0,2	0,3	0,4	1,0	0,4	0,3
I7	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4	0,0	0,3
I8	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3
I9	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3
I10	0,7	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0

APÊNDICE C – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 1 PARA PADRÃO ALTO

Residência Padrão Alto								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Utilidade Total
I1	0,020	0,036	0,045	0,000	0,072	0,030	0,100	0,303
I2	0,020	0,072	0,150	0,000	0,096	0,000	0,090	0,428
I3	0,020	0,180	0,150	0,000	0,096	0,090	0,090	0,626
I4	0,020	0,126	0,105	0,000	0,096	0,000	0,090	0,437
I5	0,020	0,126	0,105	0,000	0,096	0,030	0,090	0,467
I6	0,020	0,000	0,000	0,120	0,096	0,030	0,060	0,326
I7	0,000	0,126	0,105	0,000	0,096	0,000	0,090	0,417
I8	0,100	0,126	0,150	0,000	0,072	0,000	0,000	0,448
I9	0,020	0,000	0,060	0,090	0,048	0,030	0,060	0,308
I10	0,020	0,072	0,105	0,060	0,072	0,030	0,100	0,459

APÊNDICE D – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 2 PARA PADRÃO NORMAL

Residência Padrão Normal								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Utilidade Total
I1	0,150	0,000	0,022	0,030	0,030	0,000	0,170	0,402
I2	0,150	0,075	0,055	0,030	0,000	0,000	0,051	0,361
I3	0,150	0,075	0,110	0,000	0,030	0,088	0,136	0,589
I4	0,150	0,015	0,022	0,030	0,050	0,055	0,051	0,373
I5	0,105	0,075	0,088	0,000	0,050	0,088	0,068	0,474
I6	0,150	0,000	0,000	0,030	0,050	0,000	0,051	0,281
I7	0,150	0,150	0,110	0,030	0,050	0,000	0,000	0,490
I8	0,150	0,120	0,088	0,030	0,030	0,000	0,051	0,469
I9	0,045	0,000	0,022	0,000	0,050	0,000	0,000	0,117
I10	0,000	0,015	0,022	0,030	0,030	0,088	0,068	0,253

APÊNDICE E – VALORES UTILIDADES COM CENÁRIO 3 PARA PADRÃO BAIXO

Residência Padrão Baixo								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Utilidade Total
	0,15	0,10	0,05	0,20	0,20	0,15	0,15	
I1	0,105	0,020	0,015	0,040	0,040	0,060	0,000	0,280
I2	0,105	0,080	0,025	0,040	0,000	0,023	0,015	0,288
I3	0,150	0,040	0,040	0,000	0,040	0,060	0,075	0,405
I4	0,150	0,020	0,015	0,040	0,080	0,060	0,060	0,425
I5	0,150	0,040	0,015	0,080	0,080	0,060	0,060	0,485
I6	0,030	0,020	0,015	0,080	0,140	0,060	0,015	0,360
I7	0,105	0,020	0,015	0,040	0,080	0,000	0,015	0,275
I8	0,105	0,020	0,015	0,040	0,080	0,023	0,015	0,298
I9	0,105	0,020	0,015	0,040	0,080	0,060	0,015	0,335
I10	0,105	0,020	0,000	0,040	0,040	0,023	0,000	0,228

APÊNDICE F – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO ALTO

Residência Padrão Alto			
Incertezas	Utilidades Iniciais	Utilidades Cenário 1	Variações
Projeto com especificações deficientes	0,329	0,303	0,026
Erros na estimativa da duração das atividades	0,474	0,428	0,046
Previsão incorreta do orçamento	0,654	0,626	0,028
Falhas na programação de mão de obra	0,468	0,437	0,031
Erros nas quantidades dos materiais necessários	0,498	0,467	0,031
Falhas na escolha do fornecedor	0,404	0,326	0,078
Atrasos no suprimento materiais	0,458	0,417	0,041
Indisponibilidade de equipamentos especiais	0,433	0,448	-0,015
Escassez de mão de obra qualificada	0,360	0,308	0,052
Falhas na comunicação entre os participantes	0,507	0,459	0,048

APÊNDICE G – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO NORMAL

Residência Padrão Normal			
Incertezas	Utilidades Iniciais	Utilidades Cenário 2	Variações
Projeto com especificações deficientes	0,364	0,402	-0,038
Erros na estimativa da duração das atividades	0,336	0,361	-0,025
Previsão incorreta do orçamento	0,401	0,589	-0,188
Falhas na programação de mão de obra	0,444	0,373	0,071
Erros nas quantidades dos materiais necessários	0,713	0,474	0,239
Falhas na escolha do fornecedor	0,334	0,281	0,053
Atrasos no suprimento materiais	0,539	0,490	0,049
Indisponibilidade de equipamentos especiais	0,435	0,469	-0,035
Escassez de mão de obra qualificada	0,153	0,117	0,036
Falhas na comunicação entre os participantes	0,520	0,253	0,267

APÊNDICE G – VARIAÇÕES NAS UTILIDADES PARA PADRÃO BAIXO

Residência Padrão Baixo			
Incertezas	Utilidades Iniciais	Utilidades Cenário 3	Variações
Projeto com especificações deficientes	0,245	0,280	-0,035
Erros na estimativa da duração das atividades	0,355	0,288	0,068
Previsão incorreta do orçamento	0,470	0,405	0,065
Falhas na programação de mão de obra	0,370	0,425	-0,055
Erros nas quantidades dos materiais necessários	0,440	0,485	-0,045
Falhas na escolha do fornecedor	0,378	0,360	0,018
Atrasos no suprimento materiais	0,243	0,275	-0,033
Indisponibilidade de equipamentos especiais	0,265	0,298	-0,033
Escassez de mão de obra qualificada	0,303	0,335	-0,033
Falhas na comunicação entre os participantes	0,148	0,228	-0,080