

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
NÍVEL DOUTORADO**

**MARIA ISABEL WOLF MOTTA MORANDI**

**TOMADA DE DECISÃO EM OPÇÕES ESTRATÉGICAS: PROPOSTA  
DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO SISTÊMICO E DINÂMICO**

**São Leopoldo**

**2017**

MARIA ISABEL WOLF MOTTA MORANDI

**TOMADA DE DECISÃO EM OPÇÕES ESTRATÉGICAS: PROPOSTA  
DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO SISTÊMICO E DINÂMICO**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos -UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

São Leopoldo

2017

M829c Morandi, Maria Isabel Wolf Motta.

Tomada de decisão em opções estratégicas : proposta de um método de avaliação sistêmico e dinâmico / Maria Isabel Wolf Motta Morandi. – 2017.

256 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2017.

“Orientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda.”

1. Administração da produção. 2. Planejamento estratégico. 3. Processo decisório. I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

MARIA ISABEL WOLF MOTTA MORANDI

**TOMADA DE DECISÃO EM OPÇÕES ESTRATÉGICAS: PROPOSTA  
DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO SISTÊMICO E DINÂMICO**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos -UNISINOS.

Aprovado em 30 de Outubro de 2017

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda – UNISINOS

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Ferraz Soares– FIOCRUZ

---

Prof. Dr. Ricardo Augusto Cassel – UFRGS

---

Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Junior – UNISINOS

---

Prof. Dr. Miguel Afonso Selitto – UNISINOS

*À memória do meu avô, Hermano Wolf, que sempre me inspirou com suas palavras e exemplos.*

## AGRADECIMENTOS

Esta etapa de doutorado foi marcada por grandes perdas, mas também por grandes aprendizados. Agradeço a Deus por ter me dado força para enfrentar os momentos difíceis e por ter colocado pessoas iluminadas em meu caminho.

Ao meu pai, Augusto Fernando, e ao meu irmão, Carlos Augusto, que nos deixaram, agradeço pelo convívio maravilhoso que tivemos. Sei que de onde estão, seguem olhando por mim. À minha mãe, Clarice, agradeço por ser um exemplo de força e coragem, pelo apoio e pela compreensão quando tive que estar ausente. À minha cunhada, Roberta, agradeço pelo apoio que me permitiu dedicar-me à esta pesquisa. À minha segunda mãe, Santa, agradeço pelo carinho e pelo inestimável apoio que torna a minha vida mais tranquila. Aos meus padrinhos, Angelo, Neimar e Eunice, agradeço pelas orações e palavras de incentivo. Aos meus irmãos e cunhados – de sangue e de coração – Ricardo, Joice, Adriana, Paola, Johny, Flávio, Marileis e Ademar, agradeço pelos momentos de descontração tão necessários ao longo desses anos. Aos meus sobrinhos, Fernanda, Natália, Bernardo, Isabela, Helena, Bruna e Vincenzo, agradeço por serem a alegria de nossa família e a lembrança constante da renovação da vida. E, àquele que é a razão da minha vida, Renato, a quem eu admiro e amo cada dia mais, agradeço pela compreensão dos dias ausentes, pelo apoio e incentivo e, acima de tudo, pelo seu amor.

Ao meu orientador Daniel, agradeço pela acolhida no momento de turbulência. Tua confiança foi fundamental para a conclusão desta pesquisa. Sempre te admirei como profissional e como pessoa. É um privilégio trabalhar e aprender contigo!

Ao Luis Henrique Rodrigues, que sempre será meu orientador, agradeço pelas inspirações, pela parceria e pelo imenso aprendizado durante esta trajetória. És uma inspiração para todos que têm a oportunidade de conviver contigo. Esta pesquisa é fruto de anos de trabalho conjunto.

Agradeço aos amigos do GMAP, Aline, Andrey, Coppedê, Dalila, Dieter, Douglas, Fábio, Luis Felipe, Kymberli, Mansilha, Matheus, Nataniel, Pedro, Rodrigo, Secundino e Tobias. Aos de perto e aos de longe, aos que partiram para novos desafios, aos que permaneceram e aos que chegaram, agradeço pela parceria. Agradeço em especial ao Pedro, pelo brilhantismo demonstrado durante a construção do modelo computacional. A amizade de vocês é uma bênção. Estamos juntos!!!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, agradeço pelos ensinamentos transmitidos. Em especial, ao nosso coordenador, Sellitto, pela compreensão e pelo empenho

para com a finalização deste trabalho. Aos meus colegas de doutorado e parceiros de artigos, Clara, Giane, Isaac, Marcos e Rosiane, agradeço pela oportunidade do trabalho em conjunto. Que venham outros!!!

Finalmente, agradeço à empresa que me acolheu para a concretização desta pesquisa. Mesmo sem nominá-los, vocês sabem da minha admiração e gratidão a cada um de vocês.

## RESUMO

As decisões estratégicas visam a operacionalizar a estratégia da empresa a fim de alcançar as metas traçadas, as quais, embora possam ser de múltiplas naturezas, têm como fim maior ampliar os retornos de acionistas e o valor da própria empresa. O processo de orçamentação de capital, mais especificamente a etapa de avaliação e seleção de projetos, fornece bases para escolher as opções de maior retorno. No entanto, os métodos tradicionais apresentam lacunas, em especial no que tange à consideração dos impactos sistêmicos provocados pelo exercício de uma opção estratégica e das incertezas presentes no processo de decisão estratégica. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é a proposição de um método de avaliação de opções estratégicas de investimento que funcione de maneira sistêmica e dinâmica, ou seja, que considere como as reações dos atores e as incertezas impactam no resultado da opção escolhida. Para tanto, a *Design Science Research* foi o método selecionado para conduzir esta pesquisa, cujo resultado principal é a proposição e avaliação do método de avaliação das opções estratégicas do NPV sistêmico e dinâmico, ou seja, do NPV resultante da avaliação da opção estratégica considerando a reação dos atores nos diversos cenários futuros. O método desenvolvido foi aplicado em uma empresa do ramo de mineração que atende tanto as heurísticas de construção como as heurísticas contingenciais identificadas no processo de construção do artefato. A aplicação permite avaliar satisfatoriamente o método proposto, bem como identificar possíveis refinamentos. Os resultados obtidos evidenciam que o método proposto traz contribuições teóricas e gerenciais. Do ponto de vista da teoria, aponta-se a proposição do conceito e o construto do NPV sistêmico e dinâmico, bem como a possibilidade de avaliar quantitativamente a significância das incertezas críticas na formulação dos cenários. Do ponto de vista gerencial, a possibilidade de avaliar sistêmica e dinamicamente as opções estratégicas, verificando os efeitos sinérgicos entre elas e a sua robustez frente a diferentes cenários, constitui-se em uma contribuição ao processo de tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Decisões Estratégicas. Pensamento Sistêmico. Cenários. Dinâmica de Sistemas.



## ABSTRACT

Strategic decisions aim to operationalize the company's strategy in order to reach its goals, which, although it may be of multiple natures, seek to increase the returns for the shareholders and the value of the company itself. The capital budgeting process, more specifically the project evaluation and selection stages, provides the basis for selecting the highest return options. However, the traditional methods present gaps, especially regarding the consideration of the systemic impacts caused by the exercise of a strategic option, and the uncertainties present in the strategic decision process. In this sense, the objective of this research is the proposition of a method to evaluate the strategic options in a systemic and dynamic way, that is, that considers how the reactions of the actors and the uncertainties impact on the result of the chosen option. Design Science Research was the method selected to conduct this research. The artifact is the strategic options evaluation method, which aims to calculate the systemic and dynamic NPV, that is, the taking into account the reaction of the actors in the various future scenarios. The developed method was applied in a mining company that satisfy both the construction heuristics and the contingency heuristics identified in the artifact construction process. This application allowed to satisfactorily evaluate the proposed method, as well as to identify possible refinements. From the results, it was possible to verify both the theoretical and the managerial contributions. From the theoretical point of view, the main contribution is the concept and the construct of the systemic and dynamic NPV. A secondary contribution is a toll to evaluate, in a quantitative way, the significance of the critical uncertainties in the formulation of the scenarios. From the managerial point of view, the possibility of systematically and dynamically evaluating the strategic options, evaluating the synergistic effects between them and their robustness in the different scenarios, constitutes a contribution to the decision-making process.

**Keywords:** Strategic Decision Making. Systems Thinking. Scenarios. Systems Dynamics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da Forma Tradicional de Avaliar Opções Estratégicas .....	20
Figura 2 - Mecanismo Central do Problema .....	23
Figura 3 - Proposta inicial de framework para avaliação de opções estratégicas.....	25
Figura 4 – Ampliação do framework inicial para avaliação de opções estratégicas .....	26
Figura 5 - Desenho de Pesquisa.....	27
Figura 6 - Análise de Robustez da Opção Estratégica.....	39
Figura 7 – Modelo Geral do Processo de Decisão Estratégica.....	45
Figura 8 – Níveis de Incerteza.....	47
Figura 9 – Exemplo do Impacto da Curva de Custo Marginal.....	52
Figura 10 - Os níveis da realidade ilustrados pela metáfora do iceberg .....	54
Figura 11 – Visão de Mundo Orientada por Eventos .....	61
Figura 12 – Visão com Feedbacks.....	61
Figura 13 – Processo Idealizado de Aprendizagem.....	62
Figura 14 - Exemplo de Diagrama de Estoque e Fluxo .....	64
Figura 15 - Pêndulo representativo da condução de pesquisas científicas.....	66
Figura 16 - Relação entre as etapas do método e as diretrizes .....	72
Figura 17 - Método para Condução da Design Science Research.....	75
Figura 18 - Visão Geral do Método de Trabalho.....	78
Figura 19 - Método para Revisão Sistemática da Literatura .....	81
Figura 20 - Versão Preliminar do Método Proposto.....	96
Figura 21 - Etapas do Modelo de Avaliação Sistêmica e Dinâmica de Opções Estratégicas	105
Figura 22 – Representação da Etapa 1 do Método .....	107
Figura 23 - Representação da Etapa 2 do Método .....	108
Figura 24 - Representação da Etapa 3 do Método .....	109
Figura 25 - Representação das Etapas 4 a 8 do Método .....	112
Figura 26 – Exemplo de Análise Comparativa das Opções Estratégicas .....	116
Figura 27 – Exemplo de Opções Estatisticamente Diferentes.....	116
Figura 28 – Exemplo de Opções Não Estatisticamente Diferentes .....	117
Figura 29 – Exemplo de Análise de Robustez das Opções Estratégicas .....	117
Figura 30 - Exemplo de Opção Estratégica Robusta .....	118
Figura 31 – Evolução da Produção e Vendas de Pelotas e Finos .....	124
Figura 32 - Evolução Preço FOB de Minério de Ferro.....	125

Figura 33 – Principais Países Produtores de Minério de Ferro .....	126
Figura 34 - Principais Empresas Produtoras de Minério de Ferro.....	127
Figura 35 – Caminhos Iniciais para o Aumento de Valor.....	130
Figura 36 - Exemplo de Arquétipo Limites ao Crescimento.....	132
Figura 37 - Exemplo de Arquétipo Tragédia da Propriedade Comum .....	132
Figura 38 - Exemplo de Arquétipo Crescimento e Subinvestimento .....	133
Figura 39 – Estrutura Sistêmica Final com Exemplo de avenida crescimento e limitantes ..	135
Figura 40 – Cenários .....	136
Figura 41 – Modelo Conceitual – Visão Geral.....	142
Figura 42 – Modelo Conceitual – Detalhe Demanda de Aço.....	143
Figura 43 – Modelo Conceitual – Detalhe Produção da Empresa.....	144
Figura 44 – Modelo Conceitual – Detalhe Limitante Reserva .....	145
Figura 45 – Exemplo de Regra de Negócio – Participação dos Minérios na Carga Metálica	146
Figura 46 – Exemplo de Modelagem Conceitual de Opção Estratégica/Operação de Estéril	147
Figura 47 – Relações Sistêmicas Derivadas de Opção Estratégica – Operação de Estéril ....	148
Figura 48 – Extrato da Base de Dados – Projetos de Mineração .....	150
Figura 49 – Extrato da Interface para Importação dos Dados .....	150
Figura 50 – Relações Sistêmicas Derivadas de Opção Estratégica – Operação de Estéril ....	151
Figura 51 – Exemplo de Setor do Modelo .....	154
Figura 52 – Exemplo da Interface – Configuração de Experimentos.....	155
Figura 53 – Exemplo de Tabela de Verificação Parcial.....	156
Figura 54 – Registro dos Testes de Verificação .....	159
Figura 55 – Resultados Análise de Variância NPVSD - Expansão.....	166
Figura 56 – Exemplo dos Teste de Pressupostos.....	167
Figura 57 - Resultados Análise de Variância Fluxos de Caixa - Expansão .....	168
Figura 58 – Resultados Análise de Variância NPVSD – Operação de Estéril.....	169
Figura 59 – Resultados Análise de Variância NPVSD – Operação de Estéril.....	169
Figura 60 – Redesenho das Etapas do Modelo de Avaliação Sistêmica e Dinâmica de Opções Estratégicas.....	181

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Horizonte temporal dos artigos selecionados .....	32
Gráfico 2 – Fluxos de Caixa Adicionais Acumulados – Expansão .....	165
Gráfico 3 – Intervalos de Confiança NPV Sistemico e Dinâmico – Expansão.....	166
Gráfico 4 – Fluxos de Caixa Acumulados – Expansão.....	167
Gráfico 5 – Intervalos de Confiança NPVSD – Operação de Estéril .....	168
Gráfico 6 – Análise de Robustez - Expansão .....	171
Gráfico 7 – Análise de Robustez – Operação de Estéril .....	171

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos e Estruturas de Mercado .....	49
Quadro 2 - Comparação Métodos de Planejamento de Cenários .....	59
Quadro 3 - Adequação do propósito da Design Science aos Objetivos da Pesquisa.....	67
Quadro 4 - Comparação das Filosofias de Pesquisa .....	68
Quadro 5 - Diretrizes para a condução de design science research .....	71
Quadro 6 – Detalhamento dos Métodos de Avaliação do Artefato .....	80
Quadro 7 - Técnicas de Síntese para Revisões Qualitativas .....	83
Quadro 8 – Síntese dos Artefatos para a Classe de Problemas .....	91
Quadro 9 - Ferramentas para endereçamento de incerteza .....	103
Quadro 10 – Detalhamento dos Métodos, Técnicas e Ferramentas.....	112
Quadro 11 - Sinalizadores .....	139
Quadro 12 – Adequação das Opções aos Cenários.....	140
Quadro 13 – Impacto dos Limitantes nos Cenários.....	141
Quadro 14 – Lista de Setores do Modelo .....	152
Quadro 15 – Extrato da Planilha de Testes de Verificação .....	157
Quadro 16 – Definição das Comparações dos Cenários .....	177

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado das Buscas na Base EBSCO HOST .....	31
Tabela 2 - Resultado das Buscas na Base Web of Science .....	31
Tabela 3 – Número de artigos localizados resultantes da pesquisa dos termos chave .....	36
Tabela 4 – Resultado da Revisão Sistemática para NPV Sistemico e Dinâmico .....	38
Tabela 5 – Resultado da Revisão Sistemática Literatura para Classe de Problema .....	87
Tabela 6 – Exemplo Teórico do Planejamento de Experimento .....	113
Tabela 7 – Exemplo Resultados Opções Estratégicas .....	119
Tabela 8 – Resultados Financeiros (em milhões R\$).....	125
Tabela 9 – Experimentos Simulados.....	162
Tabela 10 – Cálculo do Fluxo de Caixa Adicionado .....	164
Tabela 11 – NPV Sistemico e Dinâmico.....	164
Tabela 12 – Resultados das Opções Estratégicas .....	170
Tabela 13 – Análise do Efeito Sinérgico.....	173
Tabela 14 – Análise de Variância do Efeito Sinérgico .....	174
Tabela 15 – Análise Comparativa das Opções .....	174
Tabela 16 – Análise de Variância dos Resultados Comparativos das Opções.....	175
Tabela 17 – Análise Comparativa das Opções .....	177
Tabela 18 – Análise de Variância dos Resultados Comparativos das Opções.....	178

## LISTA DE SIGLAS

AAR	Average Accounting Return
ANOVA	Analysis of Variance
APV	Adjusted Present Value
ARR	Accounting Rate of Return
BOF	Basic Oxygen Furnace
EAF	Electric Arc Furnace
EMA	Exploratory Modelling Analysis
EVA	Earned Value Added
FCA	Fluxo de Caixa Acumulado
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
GUT	Gravidade – Urgência – Tendência
IRR	Internal Rate of Return
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
NGT	Nominal Group Technique
NPV	Net Present Value
NPVSD	Net Present Value Sistêmico e Dinâmico
OE	Opção Estratégica
POMS	Production and Operation Management Society
PSPC	Pensamento Sistêmico e Planejamento de Cenários
RDM	Robust Decision Making
ROA	Return On Assets
ROE	Return on Equity
ROI	Return on Investments
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TIR	Taxa Interna e Retorno
TIRM	Taxa Interna e Retorno Modificada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA.....	19
1.2 OBJETIVOS.....	28
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>28</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>28</b>
1.3 JUSTIFICATIVA.....	29
<b>1.3.1 Justificativa sob o ponto de vista acadêmico</b> .....	<b>29</b>
<b>1.3.2 Justificativa sob o ponto de vista das empresas</b> .....	<b>40</b>
1.4 DELIMITAÇÕES.....	41
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	42
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>44</b>
2.1 AVALIAÇÃO DE DECISÕES ESTRATÉGICAS E INCERTEZA.....	44
2.2 O MERCADO DE OLIGOPÓLIOS E A FORMAÇÃO DE PREÇOS.....	48
2.3 PENSAMENTO SISTÊMICO.....	52
2.4 PLANEJAMENTO DE CENÁRIOS.....	58
2.5 DINÂMICA DE SISTEMAS.....	59
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>65</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	65
3.2 MÉTODO DE PESQUISA: <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i> .....	70
3.3 MÉTODO DE TRABALHO.....	77
3.4 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS.....	80
3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS.....	81
<b>4 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO ARTEFATO</b> .....	<b>85</b>
4.1 CLASSE DE PROBLEMA.....	85
4.2 REQUISITOS DO ARTEFATO.....	94
4.3 CONSTRUÇÃO DO ARTEFATO.....	97
4.4 SOLUÇÃO SATISFATÓRIA.....	105
4.5 REQUISITOS PARA USO DO ARTEFATO.....	119
<b>5 APLICAÇÃO DO ARTEFATO</b> .....	<b>123</b>
5.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	123
<b>5.1.1 A Empresa</b> .....	<b>123</b>
<b>5.1.2 Os Mercados de Minério de Ferro e de Aço</b> .....	<b>126</b>



5.2 APLICAÇÃO DO ARTEFATO PROPOSTO .....	128
<b>5.2.1 A Equipe do Trabalho.....</b>	<b>128</b>
<b>5.2.2 Entendimento Sistêmico das Decisões Estratégicas .....</b>	<b>129</b>
<b>5.2.3 Construindo os Cenários das Decisões Estratégicas .....</b>	<b>136</b>
<b>5.2.4 Explicitando o Conhecimento Tácito.....</b>	<b>141</b>
<b>5.2.5 Construção do Modelo de Dinâmica de Sistema .....</b>	<b>148</b>
<b>6 AVALIAÇÃO CRÍTICA DO ARTEFATO .....</b>	<b>161</b>
6.1 ANÁLISE DO NPV SISTÊMICO E DINÂMICO.....	163
6.2 ANÁLISE DA ROBUSTEZ DAS OPÇÕES ESTRATÉGICAS .....	170
6.3 ANÁLISE DO EFEITO SINÉRGICO DAS OPÇÕES.....	172
6.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS OPÇÕES NOS CENÁRIOS.....	174
6.5 ANÁLISE DAS INCERTEZAS CRÍTICAS .....	176
6.6 DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO .....	179
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>184</b>
7.1 CONTRIBUIÇÕES.....	184
7.2 LIMITAÇÕES .....	186
7.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	187
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>189</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>202</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>236</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>244</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>246</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>248</b>
<b>APÊNDICE G .....</b>	<b>253</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estratégia é um termo que tem sido utilizado de várias maneiras e para o qual não há uma definição universalmente aceita. (MINTZBERG; QUINN, 2001). Um dos conceitos existentes diz que “estratégia é o padrão ou plano que integra as principais metas, políticas e sequência de ações de uma organização em um todo coerente”. (MINTZBERG; QUINN, 2001, p. 20).

Dentre as metas que compõem a estratégia, é fundamental a que visa a maximizar o valor de mercado da empresa (KAYALI, 2006); esta é diretamente ligada à capacidade de criar e explorar novas oportunidades. (BURGER-HELMCHEN, 2007). Essa criação de valor para os acionistas é o objetivo econômico da estratégia e dos investimentos dela derivados. (SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998).

Assim, a estratégia é formada pela sequência natural de seleção e gerenciamento das decisões estratégicas. (ANDERSON, 2000). Decisões estratégicas apresentam uma ou mais das seguintes características: i) envolvem compromisso significativo de recursos financeiros, físicos e humanos (MOENAERT et al., 2010); ii) envolvem várias organizações funcionais; iii) têm um impacto esperado significativo sobre o desempenho futuro da empresa (BESANKO et al., 2006); iv) exibem elevada complexidade; v) envolvem altos riscos. (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976; MONTIBELLER; FRANCO, 2011).

A complexidade do processo de tomada de decisões como um todo e, em especial, das estratégicas, expressa-se a partir de uma série de fatores usualmente presentes nos projetos que operacionalizam essas decisões. O primeiro fator diz respeito ao longo tempo de execução, o que torna os projetos suscetíveis a incertezas. (CIOACA; BOSCOIANU, 2013; MILLER; CLARKE, 2008). O longo tempo de execução torna difícil precisar o momento ideal para realização do projeto. Em razão disso, os investimentos podem ficar prontos em momentos inoportunos. (MILLER; CLARKE, 2008). Um investimento precoce pode resultar, por exemplo, em capacidade ociosa, e não gerar qualquer retorno, enquanto um investimento tardio pode significar a perda do mercado potencial. (MILLER; CLARKE, 2008). A adequação do momento de realização torna-se ainda mais importante quando se considera que os projetos são irreversíveis e de baixa adaptabilidade. Isso significa que na maioria das vezes o investimento feito em um projeto não pode ser desfeito ou adaptado para outra realidade, pelo menos não sem novos investimentos. (BESANKO et al., 2006; BLANCO; OLSINA; GARCES, 2012; MILLER; CLARKE, 2008). Além disso, as intrincadas interdependências, que devem ser consideradas simultaneamente, a partir de múltiplos e por vezes imensuráveis

critérios conflitantes, completam a complexidade do processo de planejamento e os desafios da formulação e avaliação de opções estratégicas. (CHI; MCGUIRE, 1996; VON LANZENAUER; ESCHEN; PILZ-GLOMBIK, 2002).

Por sua vez, os riscos a que estão sujeitas as decisões estratégicas se devem ao fato de que as variáveis que têm potencial impacto sobre o sucesso das decisões estratégicas são diversas e continuam a se modificar ao longo do tempo. Isso significa que as decisões estratégicas ocorrem em um ambiente de incertezas. (BLANCO; OLSINA; GARCES, 2012; COMES et al., 2011; COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997a). Projetos que requerem elevados investimentos de capital, como os da indústria de mineração, de biotecnologia e do setor elétrico, são exemplos frequentemente associados a diversas fontes, tanto exógenas quanto endógenas, de incertezas. (CSAPI, 2013; MAYER; KAZAKIDIS, 2007). Como exemplos de fatores exógenos, podem ser citados: mudanças tecnológicas (CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005; CIOACA; BOSCOIANU, 2013; DRIOUCHI; BENNETT, 2012; MILLER; CLARKE, 2008), alterações em leis e regulamentações (CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005), ação de competidores (ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; DRIOUCHI; BENNETT, 2012), elementos macroeconômicos como demanda e preço (DRIOUCHI; BENNETT, 2012; MILLER; CLARKE, 2008), ou ainda eventos únicos de grande impacto, como os atentados de 11 de setembro de 2001 (MILLER; CLARKE, 2008).

Ao lado dos fatores exógenos, figuram os endógenos, como discontinuidades estocásticas causadas por riscos operacionais ou organizacionais, que também podem ser fontes de incerteza para os projetos. (DRIOUCHI; BENNETT, 2012). Consideradas essas características, é possível verificar que o processo de tomada de decisão estratégica é um desafio para os gestores (MOENAERT et al., 2010; SHIL; ALLADA, 2007), de modo que cabe selecionar a melhor opção de ação estratégica (BOTTERON, 2001), uma vez que tais ações comprometem importantes recursos da empresa. (ANDERSON, 2000).

Por essas razões, os processos de tomada de decisão são geralmente descritos como caóticos, desestruturados e prolongados. (POOL; KOOPMAN, 1993). Os tomadores de decisão possuem quadros de referência estreitos ou demasiadamente baseados no passado, não valorizando adequadamente as mudanças e as potenciais ameaças e oportunidades que as incertezas podem sinalizar. (WRIGHT; GOODWIN, 2009). Frequentemente, os decisores ignoram as recomendações dos métodos tradicionais de avaliação e baseiam suas decisões em experiência e em julgamentos intuitivos. Assim, o processo decisório é mais uma arte do que

uma ciência, e nenhuma análise é capaz de identificar categoricamente que opções estratégicas devem ser selecionadas. (ANDERSON, 2000; FRIEND; ZEHLE, 2009).

A habilidade de planejar considerando as incertezas e incorporando alternativas flexíveis é reconhecida como fator crítico para obter sucesso no longo prazo. (MAYER; KAZAKIDIS, 2007). No entanto, as ferramentas tradicionais de avaliação não são capazes de capturar ou identificar o valor das opções estratégicas em ambientes de incerteza. (ANDERSON, 2000). Nesse sentido, Pool e Koopman (1993, p. 286) questionam: “Em que medida e de que forma o processo estratégico de tomada de decisão nas organizações pode ser controlado e gerenciado?”

De modo especial, o sistema de oligopólio, cuja característica é a operação de um número reduzido de empresas, acentua a interferência mútua entre as organizações no que diz respeito a preços e quantidades de venda. (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004). Por consequência, a análise das opções estratégicas em empresas que operam nesse sistema requer uma maior atenção e critérios claramente definidos. Nesses mercados, as ações tomadas por uma firma resultam em reações estratégicas de seus competidores. (ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; BESANKO et al., 2006).

Embora complexa e desafiadora, a tomada de decisão estratégica é um processo que nenhuma organização pode negligenciar, uma vez que a estratégia irá direcionar o futuro e determinar a viabilidade do negócio no longo prazo. (MINTZBERG; QUINN, 2001). As decisões estratégicas, para além da escolha de alternativas, devem prever os efeitos futuros, considerando os reflexos possíveis, na atualidade e no futuro, para a empresa e para os demais atores. As estratégias de decisão buscam possibilidades de maximização de lucros e de minimização do nível de risco associado. (ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; BESANKO et al. 2006).

Dessa forma, considerando a relevância do processo de decisão estratégica, e também o ambiente complexo e incerto em que esse processo está inserido, esta pesquisa vincula-se ao tema de avaliação de decisões estratégicas. O trabalho propõe discutir como as empresas selecionam suas opções estratégicas, que métodos, ferramentas e técnicas utilizam para avaliar a viabilidade das opções estratégicas e como endereçam as questões de complexidade e de incertezas. Na próxima seção, são delineados o objeto de estudo e o problema de pesquisa.

## 1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA

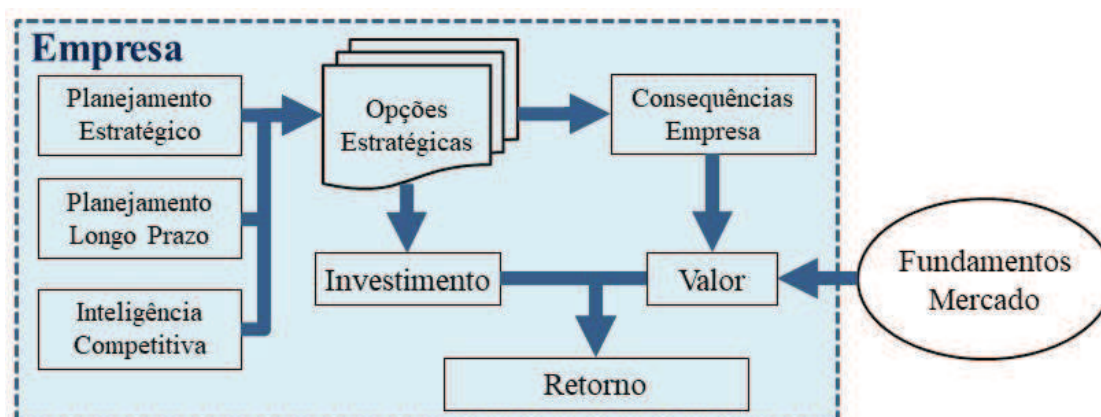
As decisões estratégicas têm como objetivo operacionalizar a estratégia da empresa, visando ao atendimento de metas, as quais, embora múltiplas, têm como finalidade última ampliar os retornos para os acionistas e o valor da própria empresa. (KAYALI, 2006; MINTZBERG; QUINN, 2001; SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998). As decisões estratégicas têm como característica fundamental o comprometimento de recursos significativos. (ANDERSON, 2000). Dessa forma, cabe aos tomadores de decisão selecionar opções estratégicas que apresentem os maiores retornos, em termos de aumento de valor, em relação aos recursos investidos. (BOTTERON, 2001). Assim, a decisão de exercer uma opção estratégica pressupõe que os retornos projetados, em termos de agregação de valor para a empresa, compensam os custos de implantação e manutenção. (CIOACA; BOSCOIANU, 2013; COOPER, 2013; COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE 1997).

As ferramentas tradicionalmente utilizadas para executar essa análise são o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e, principalmente, o Valor Presente Líquido ou *Net Present Value* (NPV). (ANDERSON, 2000; BENAROCH; KAUFFMAN, 1999; HE, 2007; KAYALI, 2006). O uso de tais ferramentas pressupõe a projeção de uma série de variáveis, como a relação de demanda e oferta e a respectiva expectativa de preço associada – os chamados fundamentos de mercado. Uma opção estratégica só será exercida se os fundamentos de mercado se mostrarem favoráveis nas análises econômico-financeiras. (HE, 2007; MAYER; KAZAKIDIS, 2007).

Os estrategistas trabalham para desenvolver projeções adequadas com base em pressupostos válidos. Porém, podem falhar nessa tarefa. (HANNA, 1991). O retorno real dos investimentos usualmente difere substancialmente do determinado em estudos de viabilidade, devido à probabilidade de erros nas projeções. (MAYER; KAZAKIDIS, 2007).

A Figura 1 esquematiza a forma tradicionalmente adotada pelas empresas para avaliar opções estratégicas decorrentes de seu planejamento estratégico de longo prazo. Cada opção estratégica tem consequências previstas para a empresa, a saber, aumento de capacidade, redução de custos, incremento de *market share*, etc. Esses elementos contribuem para alcançar a meta de aumento de valor, em maior ou menor grau, dependendo dos fundamentos de mercado (oferta e demanda global, expectativa de preço) projetados com base em informações levantadas pelas áreas de inteligência. Lançando mão de ferramentas tradicionais como FCD, NPV e TIR, as organizações avaliam o retorno do investimento necessário para exercer uma dada opção estratégica.

Figura 1 - Representação da Forma Tradicional de Avaliar Opções Estratégicas



Fonte: Elaborado pela autora

A avaliação de opções estratégicas com base em ferramentas tradicionais tem recebido uma série de críticas. A primeira crítica diz respeito ao fato de serem de natureza estática, de modo que uma opção é aceita ou rejeitada com base nas informações disponíveis, não sendo avaliadas possíveis flexibilidades de adaptação da opção a condições futuras. (ARANDA, 2012).

A segunda crítica ao uso de ferramentas tradicionais de avaliação como o NPV, refere-se ao fato de elas não considerarem qualquer incerteza endógena ou exógena durante o curso de execução da opção estratégica e os respectivos impactos sobre a empresa ou sobre os fundamentos de mercado. (ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005). A natureza estocástica da evolução dos preços, por exemplo, não é considerada por essas ferramentas. (SHIL; ALLADA, 2007; CSAPI, 2013; NEMBHARD et al., 2005). Assim, o valor estratégico de uma opção não pode ser adequadamente capturado pelas ferramentas tradicionais, porque depende de eventos futuros que são incertos no momento inicial da decisão. (NEMBHARD et al., 2005). De fato, o fluxo de caixa projetado varia com o passar do tempo, assim como o NPV. (HE, 2007).

Uma terceira crítica apontada, diz respeito ao cálculo do caso base, que serve como referência para comparar a opção estratégica. Na maioria das vezes, considera-se o *status quo* como uma base sustentável, que se manterá caso nenhuma opção estratégica seja exercida. No entanto, essa suposição pode ser falsa, uma vez que o não exercício de qualquer opção pode deteriorar a performance da empresa, fazendo com que a base de comparação utilizada passe a ser superestimada. (SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998).

No entanto, as críticas apontadas não invalidam o uso das ferramentas tradicionais, apenas limitam a aplicação a algumas situações específicas. De acordo com Cooper (2013), o uso do NPV é adequado em projetos tradicionais “conhecidos”, tais como projetos de rotina e de redução de custos, conforme exemplificado por Koenig (2009).

Um pressuposto das opções estratégicas é que a empresa altere os rumos decisórios quando emergirem novas condições advindas de um ambiente incerto e dinâmico. (CHI; MCGUIRE, 1996). Embora alguns considerem incertezas como algo problemático, elas também podem ser vistas como fontes de oportunidades. Por exemplo, uma opção estratégica que em um primeiro momento se apresenta inviável, pode ser viável no futuro se os fundamentos de mercado se tornarem favoráveis. (HE, 2007). Assim, postula-se que incertezas devem ser integrantes de um modelo de avaliação de opções estratégicas. (SHIL; ALLADA, 2007).

Uma alternativa ao uso das ferramentas tradicionais, que tem sido propostas a fim de considerar a flexibilidade frente às incertezas, são as opções reais. (SENDER, 1994; BENAROCH; KAUFFMAN, 1999; CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005; NEMBHARD et al., 2005; KAYALI, 2006; MIN; WANG, 2006; BURGER-HELMCHEN, 2007; HE, 2007; PRELIPCEAN; BOSCOIANU, 2008; WU et al., 2009; DRIOUCHI; BENNETT, 2012; CIOACA; BOSCOIANU, 2013; COOPER, 2013; CSAPI, 2013; SMIT; LOVALLO, 2014). A essência das opções reais é conferir ao tomador de decisão a habilidade de reverter parcialmente e de postergar a tomada de decisão até que informações adicionais estejam disponíveis e que o nível de incerteza seja considerado aceitável. (DRIOUCHI; BENNETT, 2012). Porém, também essa técnica tem sofrido críticas, especialmente no que tange à maneira como considera o preço futuro. He (2007) e Kogut e Kulatilaka (2001) apontam como uma fragilidade o fato de o exercício das opções não afetar as condições de mercado e de preço. He (2007) menciona que, usualmente, o preço considerado na avaliação das opções é baseado na variação histórica de mercado.

Um segundo conjunto de críticas aborda as dificuldades da implementação das opções reais. Nesse sentido, um primeiro ponto discute a aplicabilidade dos conceitos das opções financeiras (teoria da qual derivam as opções reais) aos investimentos reais. (AVADIKYAN; LLERENA, 2010; KOENIG, 2009; MILLER; CLARKE, 2008). Um segundo argumento aponta que a complexidade das ferramentas e dos modelos utilizados por essa teoria exige conhecimento matemático e financeiro profundos, e que essas ferramentas e modelos não são claros o suficiente para serem compreendidos pelos gestores e engenheiros que tomam as decisões. (DRIOUCHI; BENNETT, 2012; GARCÍA-FERNÁNDEZ; GARIJO, 2010).

Complementando, argumenta-se que a dificuldade em obter os dados para aplicação de opções reais reduz a utilização da modelagem quantitativa das opções em organizações. (DRIOUCHI; BENNETT, 2012; GARCÍA-FERNÁNDEZ; GARIJO, 2010).

Como uma alternativa para driblar a complexidade de valoração quantitativa das opções reais, Driouchi e Bennet (2012) propõem o uso do raciocínio de opções reais (*real options reasoning*) como um processo de planejamento pró-ativo que tem capacidade de considerar alternativas durante todo o planejamento e formulação da estratégia. O raciocínio de opções reais se configura mais como um procedimento de mapeamento estratégico do que como um exercício de avaliação; por meio dele, os decisores adquirem competências para o exercício das opções estratégicas de maneira previdente, incremental e flexível. Essa abordagem se concentra na criação de valor e na reconfiguração de recursos em vez de otimização e maximização de valor. (DRIOUCHI; BENNETT; 2012).

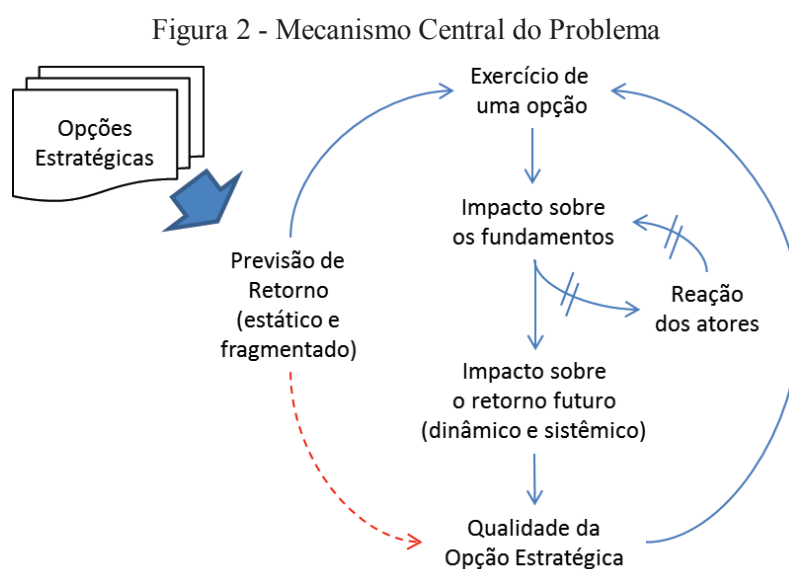
No entanto, independente da ferramenta utilizada, definir as fontes relevantes de incertezas não é trivial. Uma característica marcante dos sistemas complexos é o reconhecimento de que a mudança ambiental é marcada pela não linearidade acentuada. (LEWIN; VOLDERBA, 1999 apud KOGUT; KULATILAKA, 2001). Uma opção estratégica é definida por retornos não lineares e dependentes da característica estocástica do mundo. Assim, a valorização adequada de uma opção estratégica em ambientes complexos também deve ser não linear. (KOGUT; KULATILAKA, 2001). Métodos tradicionais de avaliação de retorno de investimentos e mesmo as opções reais são de valor limitado porque consideram que esses fundamentos de mercado são variáveis independentes. Por ignorar as interdependências, podem superestimar ou subestimar o potencial de uma opção estratégica. (HANNA, 1991).

A não linearidade e a interdependência entre os fundamentos de mercado podem explicar parte das incertezas futuras, uma vez que ações realizadas exercem impactos sobre os fundamentos de mercado, especialmente quando se trata de mercados oligopolistas. (BESANKO et al., 2006). O fato de se exercer uma opção estratégica pode fazer com que o seu valor projetado mude. Por exemplo, uma opção de aumento de capacidade, ao ser exercida, causa impacto na relação entre demanda e oferta, com reflexo sobre o preço futuro. (KOGUT; KULATILAKA, 2001).

Também é preciso considerar que a empresa não opera isoladamente no mercado. Concorrentes e clientes, em um primeiro momento, e também a sociedade, em um contexto mais amplo, são parte desse sistema, sendo que as ações de todos esses atores afetam e são afetadas igualmente pela dinâmica do sistema. Se uma empresa decidir, por exemplo,



postergar em um ano a decisão de exercer uma opção, outro competidor pode fazer um movimento que faça os ganhos projetados se dissiparem. (BESANKO et al., 2006). Assim, as oportunidades para investir podem reduzir à medida que outros *players* exercem as suas opções. (KOGUT; KULATILAKA, 2001). O contrário também pode ocorrer, ou seja, a decisão de antecipar o exercício de uma opção pode inibir a ação de um concorrente. Nesse sentido, é importante considerar as contribuições da teoria dos jogos para entender como ocorre a interação entre os competidores. (BESANKO et al., 2006; COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997; HONG; SUN, 2010). Essa dinâmica pode ser considerada o mecanismo central do problema em questão, conforme representado na estrutura sistêmica<sup>1</sup> da Figura 2.



Fonte: Elaborado pela autora

Para tomar a decisão de exercer uma opção estratégica, as empresas realizam análises financeiras de viabilidade do investimento considerando o Fluxo de Caixa Projetado a ser gerado pelo investimento, com base em fundamentos de mercado projetados – o que na Figura 2 é representado pela variável “Previsão de retorno (estático e fragmentado)”. Quanto maior é

<sup>1</sup> Estrutura sistêmica é uma representação de relações entre variáveis, em que os inter-relacionamentos são representados por setas que ligam a variável independente à variável dependente. Quanto ao tipo de influência – direta ou inversa – é normalmente identificado com a colocação do sinal “+” ou “-” na extremidade da seta. Algumas variações, porém, são encontradas na bibliografia. Alguns autores preferem identificar apenas as relações inversas, deixando a representação sistêmica “mais limpa”. Outros ainda preferem usar cores ou formatos, como setas azuis contínuas para representar as ligações diretas, e vermelhas tracejadas para as inversas. Além do tipo de relacionamento – direto ou inverso – há ainda a questão de temporalidade nas influências entre as variáveis, ou seja, as relações de causa e efeito podem ocorrer de maneira instantânea ou com atrasos. Relações do tipo imediatas são representadas por setas simples, enquanto que os atrasos são representados por dois traços cruzando a seta. (ANDRADE et al., 2006).

a previsão de retorno, maior é a chance de uma opção estratégica ser exercida. No entanto, uma vez exercida a opção estratégica, os fundamentos de mercado são afetados. Uma opção de expansão de capacidade, por exemplo, altera a oferta global, com impacto sobre o preço, provocando reações dos demais *players*, que por sua vez tornam a impactar os fundamentos do mercado, o que tende a gerar um fluxo de caixa diferente daquele projetado na avaliação inicial da opção estratégica – o que na Figura 2 é representado pela variável “Impacto sobre resultado simulado (dinâmico e sistêmico)”. A qualidade da opção estratégica deve, então, ser avaliada não só pelo resultado estático (método tradicional), mas também pela comparação entre a previsão de resultado estático e dinâmico. Assim, quanto maior for o resultado dinâmico e sistêmico, mais atrativa uma opção estratégica será considerada para a empresa, uma vez que se mostrará capaz de entregar resultados mesmo considerando as reações dos *players* ao longo do tempo.

Essa dinâmica é especialmente importante de ser considerada nas opções estratégicas de investimento cujo tempo decorrido entre o início do investimento e o início das receitas é longo. Quanto maior for o tempo transcorrido, maiores são as chances de reação dos *players* e de alteração dos fundamentos do mercado. (KOGUT; KULATILAKA, 2001).

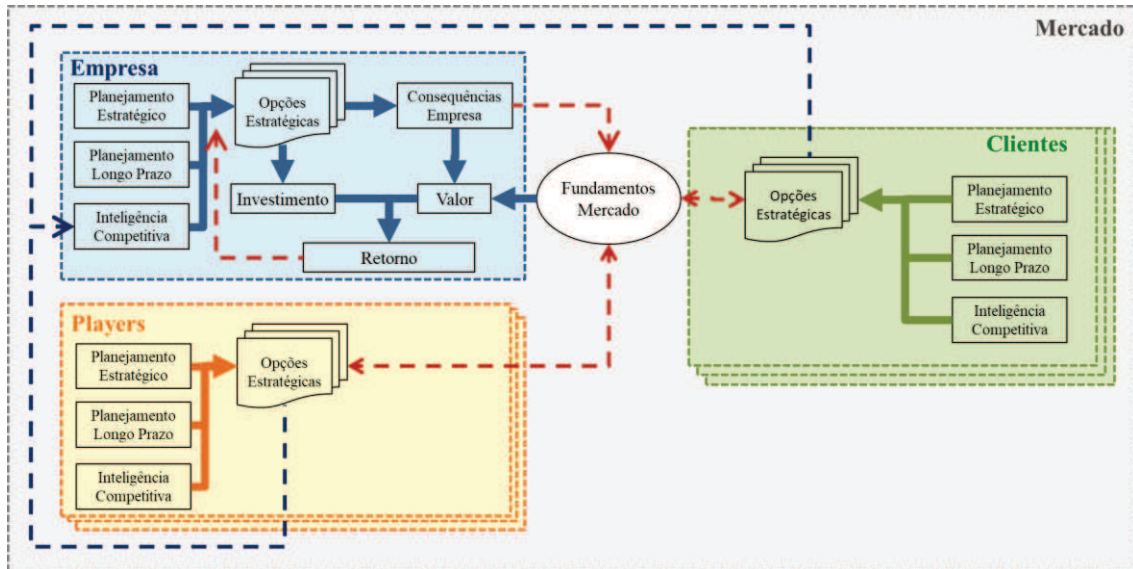
A partir da dinâmica apresentada, cabe uma reflexão: a forma como uma opção estratégica é avaliada deve levar em consideração as reações dos demais atores (clientes, concorrentes, etc.) e a consequência dessas reações sobre os fundamentos do mercado, conforme ilustrado na Figura 2. Essa proposta inicial de *framework* mostra que quando uma empresa exerce uma opção estratégica, há um impacto sobre os fundamentos do mercado (uma expansão amplia a oferta global, por exemplo), enquanto o seu retorno é afetado pelos mesmos fundamentos. Esses fundamentos de mercado afetarão as decisões dos concorrentes e clientes no exercício de suas opções estratégicas que, por seu turno, causarão novo impacto sobre os fundamentos. Assim, é importante que o processo de seleção e avaliação das opções estratégicas considere essa dinâmica, e que a empresa tenha mecanismos de capturar informações sobre os movimentos de seus concorrentes e clientes.<sup>2</sup>

A Figura 3, abaixo, evidencia a proposta inicial de *framework* para avaliação de opções estratégicas.

---

<sup>2</sup> Para simplificar, na Figura 3 somente a empresa teve seu processo de avaliação de opções estratégicas detalhado, mas a mesma dinâmica está presente nos concorrentes e clientes.

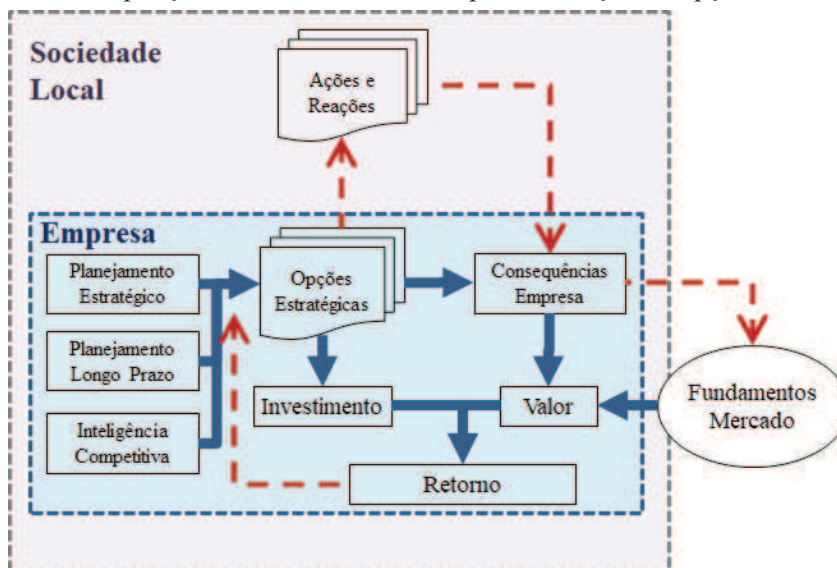
Figura 3 - Proposta inicial de framework para avaliação de opções estratégicas



Fonte: Elaborado pela autora

Há que se considerar, também, que as opções estratégicas da empresa podem gerar reações na sociedade local. Essas reações podem ser positivas, no sentido de apoiar os investimentos, quando geram emprego e desenvolvimento. No entanto, podem ocorrer reações negativas caso a sociedade entenda que os benefícios gerados pelas opções não compensam possíveis impactos considerados indesejáveis, como os ambientais, por exemplo. Essas reações negativas podem, então, se tornar fatores limitantes, trazendo consequências à empresa no sentido de impactar na obtenção do valor esperado. Considerar tais variáveis do ambiente externo em complemento aos fundamentos do mercado é fundamental para uma avaliação mais assertiva das opções estratégicas. (MAYER; KAZAKIDIS, 2007; SHIL; ALLADA, 2007). Como exemplo, Kazakidis (2001) aponta as questões sociais e ambientais como fontes de incertezas para projetos na área da mineração, bem como discute a importância de considerá-las na análise de viabilidade dos projetos. Amplia-se, assim, o framework proposto a fim de incluir essas relações, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Ampliação do framework inicial para avaliação de opções estratégicas



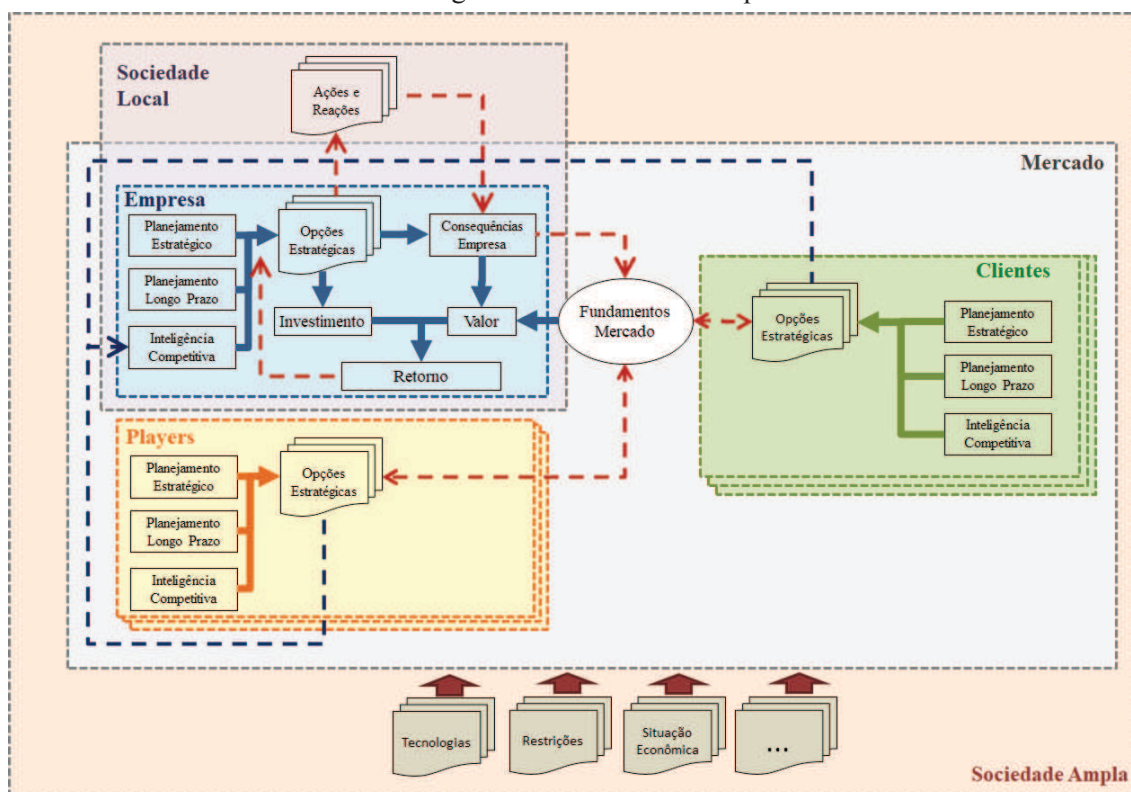
Fonte: Elaborado pela autora

Porém, nem todas as incertezas estão atreladas às ações e reações dos atores diretamente envolvidos no mercado em análise. Incertezas podem ser encontradas em um campo mais amplo, abrangendo elementos como o surgimento de novas tecnologias, regulamentações por parte de governos, ciclos econômicos, etc. (MAYER; KAZAKIDIS, 2007; CSAPI, 2013). Os estudos de cenários são apresentados como alternativas para considerar o impacto das incertezas sobre o processo de decisão estratégica. (COMES et al., 2011; FOTR et al., 2014; MILLER; WALLER, 2003; RAM; MONTIBELLER, 2013; RAM et al., 2011).

Sendo assim, amplia-se novamente a proposta inicial de *framework*, para que passe a considerar a influência das incertezas externas ao mercado, conforme ilustra a Figura 5. Essas influências externas envolveriam, entre outras, questões tecnológicas, restrições socioambientais e situação macroeconômica, e afetariam o processo de decisão estratégica de todos os atores do mercado. Assim, uma opção estratégica, para ser considerada atrativa, deveria mostrar-se viável nos diferentes cenários plausíveis. Essa característica denomina-se *robustez*<sup>3</sup>, que é a capacidade de gerar resultados em diferentes cenários. Ela, pois, deve ser considerada como critério de avaliação e seleção das opções estratégicas.

<sup>3</sup> Estratégias robustas são aquelas que performam bem nos diversos cenários, segundo Heijden (2009) e Schoemaker (1995). Semelhante conceito é utilizado no Pensamento Sistêmico para designar as ações alavancadoras, que se mostram aplicáveis independentemente dos cenários que se configuram. (ANDRADE et al., 2006).

Figura 5 - Desenho de Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 5 sintetiza o desenho desta pesquisa, que tem como objeto estudar o resultado do exercício de uma opção estratégica, considerando os impactos sistêmicos e dinâmicos.

Partindo do problema contextualizado, verificou-se que as técnicas tradicionais, apesar de terem larga aplicação, apresentam lacunas significativas, como comportamento estático e não consideração das incertezas, características que não permitem o estudo do retorno das opções estratégicas sob a perspectiva desenhada nesta pesquisa. A principal alternativa apresentada na literatura, as opções reais, embora tenham como premissa a flexibilidade para avaliar as opções em ambientes incertos, também têm recebido críticas quanto à sua aplicabilidade. A teoria dos jogos e do planejamento de cenários, por sua vez, carece de uma maior articulação com as demais teorias. Assim sendo, conclui-se que as ferramentas disponíveis atualmente não garantem a assertividade na tomada de decisões estratégicas, de modo que esta tese defende a necessidade de um processo que considere como as reações dos atores impactam no resultado da opção escolhida e que permita verificar a robustez da opção em diferentes cenários. Ressalta-se que tal método não foi encontrado na literatura. Assim, surge a questão que norteia esta pesquisa: **Como avaliar o resultado de uma opção estratégica considerando os impactos das reações dos atores e os cenários futuros?**

## 1.2 OBJETIVOS

Visando a responder à questão de pesquisa formulada, são expostos, a seguir, os objetivos geral e específicos.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é a proposição de um método de avaliação de opções estratégicas de investimento de maneira sistêmica e dinâmica, ou seja, que considere como as reações dos atores e as incertezas impactam no resultado da opção escolhida.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para concretizar esse desafio, alguns objetivos específicos, que se constituem em contribuições secundárias da pesquisa, devem ser alcançados. Os objetivos específicos vislumbrados são:

- a) revisão de práticas atuais de avaliação e seleção de opções estratégicas, bem como identificação de vantagens e lacunas das técnicas utilizadas;
- b) definição do conceito de NPV sistêmico e dinâmico, ou seja, do NPV resultante da avaliação da opção estratégica considerando a reação dos atores nos diversos cenários futuros;
- c) avaliação da robustez das opções estratégicas em diferentes cenários;
- d) avaliação dos efeitos sinérgicos do exercício simultâneo de mais de uma opção estratégica.

A seção 1.3, a seguir, descreve os argumentos que justificam esta pesquisa. Na seção são abordados argumentos sob ponto de vista teórico e gerencial.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Esta seção descreve a justificativa desta pesquisa. Inicialmente, é discutida a justificativa sob o ponto de vista da academia e, posteriormente, são apresentados os argumentos sob a ótica empresarial.

#### 1.3.1 Justificativa sob o ponto de vista acadêmico

Relevância é comumente entendida como a relação entre dois elementos: o primeiro é o documento, a pesquisa, a informação que está sendo comunicada; o segundo é o leitor, a comunidade, aquele que tem um problema ou uma lacuna a ser respondida. (MIZZARO, 1997). A relevância é também um fenômeno dinâmico, de modo que a importância de uma pesquisa, texto ou informação está intimamente associada ao momento de produção e/ou ao acesso. (MIZZARO, 1997).

Expostas estas premissas sobre o conceito de relevância, descreve-se, a seguir, os critérios de relevância desta pesquisa: i) o tema deve estar sendo abordado pela comunidade acadêmica na qual está inserido; ii) os trabalhos publicados devem apresentar lacunas que possam ser ao menos parcialmente respondidas pela pesquisa; iii) a pesquisa deve ser original, ou seja, não devem existir trabalhos anteriores que respondam adequadamente à questão de pesquisa formulada.

A fim de verificar se esses critérios são atendidos, seguiu-se o procedimento de revisão sistemática de literatura proposto por Morandi e Camargo (2015), com elaboração do protocolo de revisão que se encontra no Apêndice A. Foram pesquisados os termos de busca em inglês nas bases EBSCO HOST e WEB OF SCIENCE. As buscas foram realizadas com os termos exatos entre aspas, sendo o índice de busca o *abstract*. Nos casos em que a consulta teve retorno de menos de 10 artigos, repetiu-se o processo com uso dos termos livres, sem aspas, ainda tendo como índice de busca o *abstract*. Caso o número de artigos retornados ainda fosse pequeno, isto é, inferior a 50, a busca era expandida para o texto completo.

A base EBSCO HOST foi acessada a partir do site da biblioteca da UNISINOS<sup>4</sup>, com opção de acesso pelo Portal CAPES. Uma vez que a base EBSCO HOST reúne uma série de

---

<sup>4</sup> [http://www.unisinos.br/biblioteca/index.php?option=com\\_content&task=view&id=142&Itemid=223&menu\\_ativo=active\\_menu\\_sub&marcador=223](http://www.unisinos.br/biblioteca/index.php?option=com_content&task=view&id=142&Itemid=223&menu_ativo=active_menu_sub&marcador=223)

bases de dados, foram selecionadas aquelas que, pela descrição disponível, pareceram ser as mais prováveis de retornar estudos primários de interesse. As bases selecionadas<sup>5</sup> foram:

- a) ***Academic Search Complete***: base de dados de texto completo multidisciplinar, considerada a mais valiosa do mundo e a mais abrangente academicamente, com mais de 8.500 periódicos de texto completo, incluindo mais de 7.300 periódicos revisados por especialistas;
- b) ***Business Source Complete***: a mais completa base de dados acadêmica na área de negócios do mundo; oferece a melhor coleção de conteúdo bibliográfico em texto completo, incluindo índices e resumos dos periódicos científicos acadêmicos mais importantes desde 1886, além de referências pesquisáveis de mais de 1.300 periódicos científicos;
- c) ***Academic Search Premier***: base de dados multidisciplinar que fornece o texto completo de mais de 4.600 periódicos, sendo 3.900 títulos analisados por especialistas;
- d) ***Academic Search Elite***: base de dados que contém texto completo de mais de 2.100 revistas especializadas.

A busca na base EBSCO HOST foi realizada sem restrição de data e resultou em 177 artigos, sendo 50 duplicatas exatas. Restaram, pois, 127 artigos para serem analisados. A partir da leitura dos títulos, foram detectadas outras 11 duplicatas exatas, que foram igualmente excluídas. Dos 116 artigos que permaneceram, 20 foram eliminados por se enquadrarem nos critérios de exclusão predefinidos, dentre os quais se destacam estudos realizados na área da saúde e *press releases*. Em relação aos 96 estudos restantes, foi efetuada a leitura da totalidade dos resumos, a fim de verificar a adequação aos critérios de inclusão. Ao final, restaram 29 estudos de interesse, os quais foram integralmente lidos. A Tabela 1 apresenta esses resultados de maneira resumida.

---

<sup>5</sup> Textos de descrição das bases disponíveis em <http://eds.a.ebscohost.com/ehost/search/selectdb?sid=794bf881-9d07-4bb6-9fa9-da05c036b731%40sessionmgr4004&vid=0&hid=4113>, consultados em 14/12/2014.



Tabela 1 – Resultado das Buscas na Base EBSCO HOST

	EBSCO							
	Índice de Busca	Localizados	Duplicatas Exatas Removidas	Títulos Lidos	Títulos Duplicados	Abstracts Lidos	Artigos Selecionados	Artigos Lidos
"STRATEGIC OPTIONS" AND "DECISION MAKING PROCESS"	Abstract	2	-	2	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND DECISION MAKING PROCESS	Abstract	25	11	14	-	9	5	5
STRATEGIC OPTIONS AND DECISION PROCESS	Abstract	32	-	18	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND EVALUATION METHODOLOGY	Abstract	0	-	0	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND EVALUATION	Abstract	86	-	61	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND SYSTEMS DYNAMICS	Abstract	2	-	2	-	-	-	-
"STRATEGIC OPTIONS" AND "SYSTEMS DYNAMICS"	All Text	30	-	30	-	-	-	-
Outros por "Bola de Neve"		3	-	3	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>177</b>	<b>50</b>	<b>127</b>	<b>11</b>	<b>96</b>	<b>29</b>	<b>29</b>

Fonte: Elaborado pela autora

A busca na base Web of Science<sup>6</sup>, que possui acervo datado desde 1949, também foi realizada sem limitação de datas. A busca nessa base de dados seguiu os mesmos critérios anteriormente descritos, e resultou em 1.192 artigos, dentre os quais foram identificadas 491 duplicatas exatas, restando 701 artigos para serem analisados. Após a eliminação de mais quatro artigos cujos títulos estavam duplicados, os demais 697 títulos foram lidos. Destes, foram eliminados 516 artigos que se enquadravam nos critérios de exclusão predefinidos, tratando-se especialmente de artigos das áreas da saúde, agricultura e sustentabilidade. Os resumos dos 181 estudos restantes foram lidos a fim de se verificar a adequação aos critérios de inclusão, resultando em 62 estudos de interesse. Destes, 40 artigos foram localizados e integralmente lidos. Os dados explicitados são apresentados de modo resumido na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado das Buscas na Base Web of Science

	WEBOFSCIENCE								
	Índice de Busca	Artigos Localizados	Duplicatas Exatas Removidas	Títulos Lidos	Títulos Duplicados	Abstracts Lidos	Artigos Selecionados	Artigos Inteiros Localizados	Artigos Lidos
"STRATEGIC OPTIONS" AND "DECISION MAKING PROCESS"	Topic	6	-	6	-	6	2	1	1
STRATEGIC OPTIONS AND DECISION MAKING PROCESS	Topic	295	6	289	2	138	34	24	24
"STRATEGIC OPTIONS" AND "DECISION PROCESS"	Topic	1	1	-	-	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND DECISION PROCESS	Topic	421	298	123	-	10	5	1	1
"STRATEGIC OPTIONS" AND "EVALUATION METHODOLOGY"	Topic	-	-	-	-	-	-	-	-
STRATEGIC OPTIONS AND EVALUATION METHODOLOGY	Topic	57	21	36	-	5	4	3	3
"STRATEGIC OPTION*" AND "EVALUATION"	Topic	45	13	32	-	7	7	6	6
STRATEGIC OPTIONS AND EVALUATION	Topic	366	152	214	2	14	10	5	5
"STRATEGIC OPTION*" AND "SYSTEM* DYNAMIC*"	Topic	2	1	1	-	1	-	-	-
		<b>1192</b>	<b>491</b>	<b>701</b>	<b>4</b>	<b>181</b>	<b>62</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

Fonte: Elaborado pela autora

Durante a leitura dos artigos localizados nas bases de dados, foram encontrados outros 3 estudos a partir das referências destes primeiros, o que consiste em um procedimento

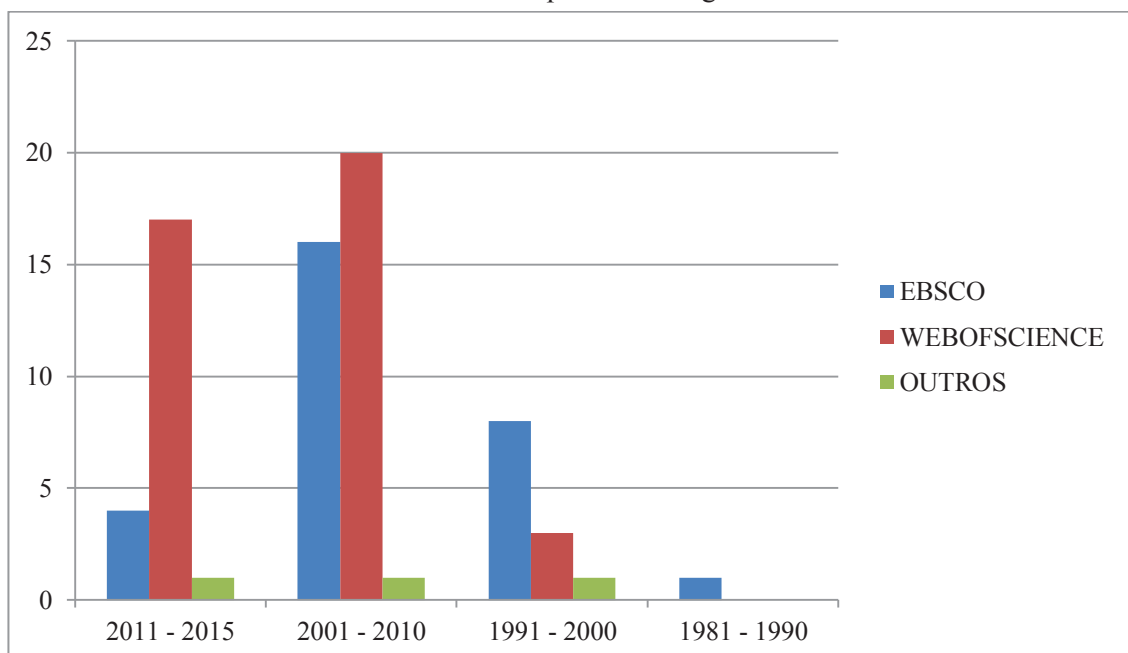
<sup>6</sup> Base acessada em 14/03/2015 a partir do site [http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do?product=UA&search\\_mode=GeneralSearch&SID=4F3wtxei6UvXyLI6PbJ&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=4F3wtxei6UvXyLI6PbJ&preferencesSaved=)

referenciado como “bola de neve”. (LITTELL et al., 2008). Dos 72 artigos lidos, 35 são teóricos, apresentando conceitos e propondo *frameworks* teóricos e metodologias. Os demais apresentam, pelo menos em parte, resultados de pesquisas empíricas, sendo que 9 deles são estudos aplicados, dois na área de mineração. Um resumo dos artigos lidos é apresentado no Apêndice B.

A partir da leitura de cada um dos artigos, e seguindo a técnica de síntese temática detalhada na Seção 3.5 deste trabalho, foram identificados os principais conceitos abordados. Esses conceitos foram organizados em quatro tópicos: i) Processo de Tomada de Decisão Estratégica; ii) Complexidade do processo de planejamento, formulação e avaliação de estratégias; iii) Métodos de avaliação de projetos de investimento; e iv) Estudos Empíricos. Os demais conceitos foram inseridos e organizados dentro desses quatro grandes tópicos, a fim de criar uma árvore de conceitos. O Apêndice C apresenta os principais conceitos extraídos das leituras, bem como a sua relação com os artigos lidos. Nesse ponto cabe salientar que, durante a leitura dos artigos, constatou-se que doze não apresentavam conteúdo compatível com o esperado, embora o *abstract* indicasse que seriam de interesse para a pesquisa.

Em termos de horizonte temporal, dos 72 artigos lidos e sintetizados, 22 são publicações recentes, posteriores a 2011, 37 foram publicados entre os anos de 2001 e 2010, 12 artigos são da década de 90 e apenas 1 artigo é mais antigo, da década de 80. O Gráfico 1 apresenta a distribuição do número de estudos ao longo do tempo.

Gráfico 1 - Horizonte temporal dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pela autora

Estes resultados permitem afirmar que o tema é de interesse da academia. Dessa forma, esta pesquisa atende ao primeiro critério de relevância, que se trata de o tema ser abordado pela comunidade acadêmica na qual está inserido.

A síntese temática dos artigos lidos permitiu identificar que os métodos tradicionais vêm sofrendo críticas de diversos autores. (ANDERSON, 2000; ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; BENAROCH; KAUFFMAN, 1999; BOTTERON, 2001; FRIEND; ZEHLE, 2009; HE, 2007; KAYALI, 2006; NEMBHARD et al., 2005). Dentre as principais críticas, destaca-se que os métodos tradicionais: i) tratam os fundamentos de mercado como variáveis independentes (HANNA, 1991); ii) são ferramentas estáticas (BLANCO et al., 2012; CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005; CSAPI, 2013; GARCÍA-FERNÁNDEZ; GARIJO, 2010; HE, 2007; KAYALI, 2006; SHIL; ALLADA, 2007) iii) não contemplam incertezas exógenas ou endógenas no curso do projeto (ANGELOU; ECONOMIDES, 2006; CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005; SHIL; ALLADA, 2007); iv) apresentam falhas em analisar cenários (HE, 2007; SHIL; ALLADA, 2007); v) não consideram incertezas (BEINHOCKER, 1999; BLANCO et al., 2012; CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005; CIOACA; BOSCOIANU, 2013; CSAPI, 2013; HE, 2007; KAYALI, 2006; MAYER; KAZAKIDIS, 2007; NEMBHARD et al., 2005; SHIL; ALLADA, 2007); vi) não consideram a flexibilidade, já que valores originalmente negativos de NPV podem ser alterados por meio desse fator (COOPER, 2013; HE, 2007; SHIL; ALLADA, 2007); vii) pressupõem início imediato do projeto e operação continuada (ANDERSON, 2000; CIOACA; BOSCOIANU, 2013; CSAPI, 2013; HONG; SUN, 2010; MIN; WANG, 2006; NEMBHARD et al., 2005; WU et al., 2009); viii) não consideram que as diferentes fases do projeto representam uma sequência independente de oportunidades (ARANDA, 2012; NEMBHARD et al., 2005; SABOUR; WOOD, 2009; WU et al., 2009); e ix) baseiam-se na continuidade do *status quo*. (SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998).

A alternativa aos métodos tradicionais apresentada é o uso das opções reais (SENDER, 1994; BENAROCH; KAUFFMAN, 1999; NEMBHARD et al., 2005; KAYALI, 2006; BURGER-HELMCHEN, 2007; HE, 2007; DRIOUCHI; BENNETT, 2012; CSAPI; 2013). Porém, também essa técnica tem sofrido críticas, especialmente no que tange à maneira como considera o preço futuro. He (2007) e Kogut e Kulatilaka (2001) apontam como uma fragilidade o fato de o exercício das opções não afetar as condições de mercado e de preço. He (2007) complementa que usualmente o preço considerado na avaliação das opções é baseado na variação histórica de mercado.

Os resultados encontrados mostram que as técnicas de avaliação utilizadas apresentam limitações, havendo, assim, espaço para novas proposições. Essa conclusão permite validar que esta pesquisa atende ao segundo critério de relevância, que diz respeito ao fato de os trabalhos já publicados apresentarem lacunas que possam ser ao menos parcialmente respondidas pela pesquisa.

Para além dessas críticas aos métodos tradicionais e às opções reais, há outros questionamentos para os quais não foram identificadas respostas. O primeiro diz respeito à uma alternativa às opções reais que considere as incertezas e o impacto delas sobre o retorno projetado de uma opção estratégica. Uma característica dos sistemas complexos e adaptativos<sup>7</sup> é a dificuldade de prever como se comportarão diante das incertezas. Os seres humanos têm a tendência natural de assumir que uma causa precede diretamente um efeito, sendo, portanto, difícil antecipar os efeitos de segunda, terceira e quarta ordem. (BEINHOCKER, 1999). O uso de uma abordagem baseada em modelos de simulação, suportada por softwares e guiada por planejamento de cenários e análise de riscos, é um caminho para superar as limitações cognitivas e uma sugestão para tratar esse tipo de decisão, segundo Von Lanzenauer et al. (2002). No entanto, os autores não apresentam um método para incorporar essas abordagens na avaliação de opções estratégicas. (VON LANZENAUER et al., 2002).

Também Courtney, Kirkland e Viguerie (1997), ao abordar a questão da estratégia em ambientes com alta incerteza, citam o que chamam de “*kit* de ferramentas”, que poderia auxiliar nessa tarefa. Dentre as ferramentas, sugerem o uso do planejamento de cenários, da teoria dos jogos, da dinâmica de sistemas, dos modelos baseados em agentes e das opções reais. Entretanto, também não apresentam uma forma de como integrar essas ferramentas. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997).

Assim, a primeira contribuição desta pesquisa é propor um artefato que possibilite uma avaliação sistêmica e dinâmica das opções estratégicas de uma empresa. Para a construção desse artefato, usa-se, conjuntamente, o Pensamento Sistêmico, o Planejamento de Cenários, a Dinâmica de Sistemas, a Teoria dos Jogos e as Opções Reais.

O uso do Pensamento Sistêmico se justifica por ser apontado como uma das formas de entender a ocorrência e o comportamento de sistemas complexos adaptativos. (DAVIS, 2015).

---

<sup>7</sup> Sistemas complexos adaptativos (Complex Adaptive System, CAS) é um termo com o qual o Instituto Santa Fé e, especialmente, Murrey Gell-Mann e John H. Holland buscaram classificar os sistemas em que o comportamento global depende mais das interações entre as partes do que de ações. (BOHÓRQUEZ ARÉVALO, 2013). Segundo Holland (2006), CAS estão no centro dos problemas contemporâneos e são sistemas que envolvem muitos componentes que se adaptam ou aprendem à medida que interagem. Os comportamentos dos mercados são um exemplo de CAS.

O Planejamento de Cenários subsidia a visualização de possíveis futuros em que as opções estratégicas serão avaliadas. A Dinâmica de Sistemas é a base para a construção de um modelo computacional em que se simula a dinâmica do mercado em diferentes cenários, com a inclusão de diferentes opções estratégicas. No que se refere à teoria dos jogos, a contribuição se limita ao uso desse conceito na modelagem das reações dos *players*, conforme descrito na Figura 2. Por fim, as Opções Reais são utilizadas, em princípio, não como modelagem matemática, mas como processo de raciocínio (DRIOUCHI; BENNETT, 2012), uma vez que a ideia é que o exercício das opções estratégicas, em vez de ter uma data fixa para ocorrer, seja decidido com base nas condições dinâmicas de mercado simuladas no modelo.

O método de avaliação de opções estratégicas desenvolvido permite suprir lacunas apresentadas pelos métodos tradicionais, quais sejam: o caráter estático, a não consideração de incertezas e a falta de flexibilidade para considerar essas incertezas. Ao mesmo tempo, possibilita usar o conceito de opções reais, sem, no entanto, enfrentar a complexidade de valoração quantitativa das opções reais, apontada pelos autores como uma das principais barreiras à adoção do método. (DRIOUCHI; BENNETT, 2012; GARCÍA-FERNÁNDEZ; GARIJO, 2010). Além disso, com o modelo é possível considerar o impacto do exercício da opção estratégica sobre o preço e, conseqüentemente, sobre o resultado da opção, o que supre a lacuna apontada por He (2007) e Kogut e Kulatilaka (2001), que diz respeito ao fato de o exercício das opções não afetar as condições de mercado e de preço.

A fim de verificar o caráter de originalidade da proposta de articulação dessas correntes teóricas e de avaliar o terceiro critério de relevância, realizou-se uma segunda busca na literatura para averiguar a existência de algum método que reunisse Teoria dos Jogos e Pensamento Sistêmico com a finalidade de avaliar opções estratégicas. Para essa busca foram utilizados os seguintes termos: “*strategic option*”, “*game theory*” e “*systems thinking*”. Os termos de busca foram direcionados aos títulos de artigos, às palavras chave, aos resumos e ao texto, irrestritamente. A amplitude temporal da consulta não foi limitada pela pesquisadora, de modo que todo o período histórico disponível na referida base de dados foi considerado. O resultado dessa busca sistemática é apresentado na Tabela 3, que mostra o total de artigos localizados para cada uma das combinações de termos pesquisados.

A partir dos resultados obtidos, pode-se notar que, quando pesquisados em conjunto, os termos retornam um número muito pequeno de artigos. Na base de dados *Science Direct* foram encontrados 56 artigos considerando os três termos (*Strategic Option AND Game Theory AND Systems Thinking*). Os resumos desses artigos foram lidos a fim de avaliar a

aderência dos trabalhos à proposta de pesquisa aqui apresentada. No total, 3 artigos foram considerados de maior interesse e lidos em maior profundidade.

Tabela 3 – Número de artigos localizados resultantes da pesquisa dos termos chave

Termo Pesquisado	Local de busca				Sem Delimitação	Base de Dados
	Título do Artigo	Palavras Chaves	Resumo	Todo o Texto		
<b>Strategic Option</b>	-	-	NA	19.783	1.959	Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
<b>Game Theory</b>	75 1.886	32 17.343	719 NA	NA 70.335	74.281 23.505	Science Direct Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
<b>Systems Thinking</b>	442 482	1.634 -	1344 NA	NA 13.923	21.576 1.837	Science Direct Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
<b>Strategic Option AND Game Theory</b>	93 -	83 2	223 NA	NA 22	4.759 3	Science Direct Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
<b>Strategic Option AND Systems Thinking</b>	- -	- -	10 NA	NA 7	3.243 2	Science Direct Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
<b>Strategic Option AND Game Theory AND Systems Thinking</b>	- -	- -	2 NA	NA -	1.137 -	Science Direct Academic Search Complete; Business Source Complete; Academic Search Premier; Academic Search Elite
	-	-	-	NA	56	Science Direct

Fonte: Elaborado pela autora

No primeiro artigo analisado, Madani e Lund (2011) apresentam um método em que os problemas de tomada de decisão multi-criterial (*Multi-Criteria Decision Making*, MCDM) são considerados como jogos de estratégia e solucionados por meio de conceitos da teoria dos jogos não cooperativa. Segundo Madani e Lund (2011), o método sugerido pode ser usado para prescrever soluções não dominantes, bem como para prever os resultados produzidos pelo problema de tomada de decisão. A simulação de Monte Carlo foi a abordagem utilizada para lidar com as incertezas nas alternativas. Embora nas referências seja citado um artigo que aborda o Pensamento Sistêmico, o método proposto em nenhum momento faz uso da referida abordagem.

Geurts, Duke e Vermeulen (2007) interpretam como os *Policy Games* contribuem para o gerenciamento de estratégias por meio da análise de oito casos reais de tomada de decisão em problemas complexos. Embora cite o Pensamento Sistêmico como uma abordagem para

endereçar problemas complexos, o artigo não avança na aplicação do método, nem faz uso da modelagem de dinâmica de sistemas, conforme sugerido no presente projeto.

Por fim, o artigo de Hasani-Marzooni e Hosseini (2011) propõem um modelo para a tomada de decisões de investimento de longo prazo que visa ao aumento de capacidade em um mercado liberalizado de energia, com significativa participação de energia eólica. Os conceitos de dinâmica de sistemas foram utilizados para modelar características do mercado, tais como comportamento das firmas no longo prazo, relações entre variáveis, enlaces e retardos nas reações. Variáveis estocásticas, como o regime de ventos, foram consideradas para avaliar as decisões em diferentes cenários. Embora apresente diferenças metodológicas em relação ao presente projeto, o artigo em pauta é, dentre os pesquisados, o que conceitualmente mais se aproxima da proposta desta pesquisa.

A segunda contribuição desta pesquisa, expressa no segundo objetivo específico, é a definição do conceito de NPV sistêmico e dinâmico, ou seja, do NPV resultante da avaliação da opção estratégica considerando a reação dos atores em diversos cenários futuros. Uma lacuna apontada por Slater, Reddy e Zwirlein (1998) é a de que os métodos tradicionais consideram que o *status quo* será mantido, ou seja, que os retornos das opções estratégicas são calculados considerando o fluxo de caixa adicional proveniente do seu exercício. Tais métodos não ponderam que o não exercício de uma opção estratégica também pode provocar efeitos sobre o resultado da empresa. Por exemplo, a decisão de não realizar uma opção estratégica pode aumentar a possibilidade de que um concorrente exerça suas opções, com consequências para o resultado futuro da empresa. Assim, a proposta do NPV sistêmico e dinâmico é que ele seja calculado com base no fluxo de caixa descontado incremental entre a situação base e aquela com a opção estratégica exercida. Esse fluxo de caixa seria, então, a diferença entre o fluxo de caixa descontado simulado mantida a situação atual da empresa, sem o exercício de qualquer opção estratégica, e o fluxo de caixa descontado simulado com o exercício da opção estratégica. Pretende-se, com esta Tese, suprir a lacuna apontada por Slater, Reddy e Zwirlein (1998).

Novamente a fim de verificar o caráter de originalidade do conceito proposto, foi realizada uma terceira busca na literatura a partir dos seguintes termos agrupados: “*Systemic and Dynamic NPV*” OR “*Dynamic Systemic NPV*” OR “*Systemic Dynamic NPV*” OR “*Dynamic Systemic NPV*”. Em um primeiro momento, não foram pesquisados os termos de forma individual, uma vez que se pretendia verificar a existência ou não do conceito. Essa

busca foi realizada em todas as bases sugeridas por Morandi e Camargo (2015)<sup>8</sup>, a partir dos títulos e abstracts, sem qualquer limitação de datas. Como não foi encontrado nenhum trabalho, realizou-se uma segunda pesquisa com os termos isolados (*systemic AND dynamic AND NPV*), nas mesmas bases e com os mesmos critérios. Nessa segunda busca, foram localizados 33 artigos, todos da área médica, sendo o termo NPV referente a “*negative predict value*” ou “*negative pressure ventilation*”.

A fim de ampliar a pesquisa, utilizou-se a ferramenta de busca na internet Google, conforme sugerido por Morandi e Camargo (2015). Inicialmente, foram consultados os termos agrupados, sem qualquer restrição, não retornando qualquer resultado. Posteriormente, os termos isolados foram consultados no Google Acadêmico. Dessa busca resultaram 950 estudos, dos quais 9 se mostraram de algum interesse, sendo dois livros, três artigos publicados em periódicos, um relatório técnico, dois artigos publicados em congressos e dois *working papers*. Embora não abordem especificamente o conceito que está sendo proposto, esses estudos podem contribuir para a sustentação teórica e, por isso, foram analisados em profundidade.

Os resultados dessas buscas estão sintetizados na Tabela 4 e evidenciam o caráter de originalidade desta pesquisa, uma vez que não foram localizados, até então, estudos que propõem ou utilizam os conceitos que ela pretende abordar.

Tabela 4 – Resultado da Revisão Sistemática para NPV Sistêmico e Dinâmico

<b>Termos Pesquisados</b>	<b>Base de Dados</b>	<b>Estudos Localizados</b>	<b>Estudos de Interesse</b>
“Systemic and Dynamic NPV” OR “Dynamic Systemic NPV” OR “Systemic Dynamic NPV” OR “Dynamic Systemic NPV”	Periódicos Capes	-	-
	EBSCO	-	-
	Web of Science	-	-
	Scopus	-	-
	Scielo	-	-
	ProQuest	-	-
	Emerald Insight	-	-
	Google	-	-
Systemic AND Dynamic AND NPV	Periódicos Capes	3	-
	EBSCO	1	-
	Web of Science	27	-
	Scopus	2	-
	Scielo	-	-
	ProQuest	-	-
	Emerald Insight	-	-
	Google Acadêmico	950	9

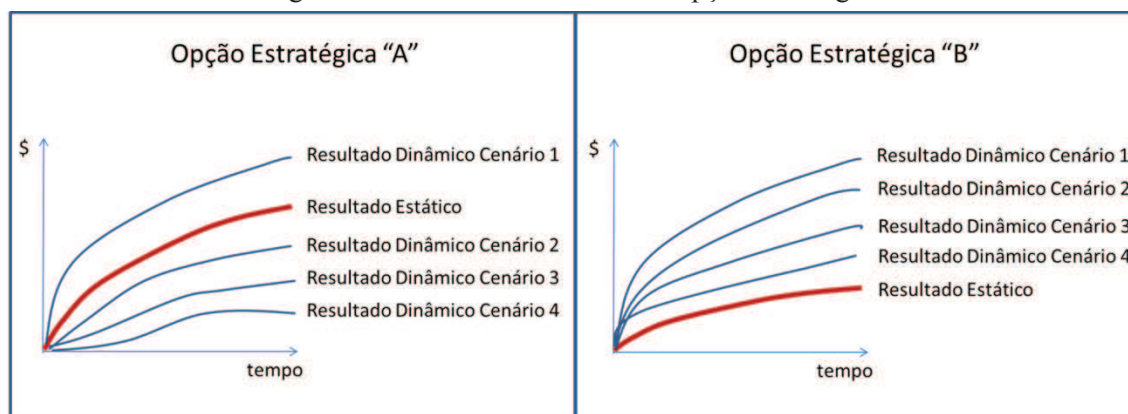
Fonte: Elaborado pela autora

<sup>8</sup> A base de dados ProQuest foi acessada a partir da base Periódicos Capes disponível no site da UNISINOS, por não haver acesso direto à base.



A terceira contribuição desta pesquisa diz respeito aos critérios de seleção de uma opção estratégica. Entende-se que uma opção estratégica, para ser considerada atrativa, deveria mostrar-se viável nos diferentes cenários plausíveis. Essa característica denomina-se robustez<sup>9</sup>, que é a capacidade de gerar resultados em diferentes cenários, e deve ser considerada como critério de avaliação e seleção das opções estratégicas. Uma opção estratégica é considerada robusta na medida em que apresenta resultados simulados dinâmicos superiores ao resultado estático, em diferentes cenários. Se apenas em alguns cenários o resultado dinâmico for superior ao estático, a opção é considerada pouco robusta. A Figura 6 ilustra esse conceito.

Figura 6 - Análise de Robustez da Opção Estratégica



Fonte: Elaborado pela autora

No exemplo apresentado na Figura 6, a opção estratégica "B" seria mais robusta, uma vez que apresentaria resultados dinâmicos superiores ao resultado estático em todos os cenários, enquanto a opção "A" apresentaria resultado dinâmico superior ao estático somente no cenário 1. Isso significa que a opção "A" seria menos robusta e apresentaria maior risco. Entretanto, ao afirmar que a opção "B" é mais robusta do que a opção "A", não se pode inferir que a opção "B" seja melhor em termos de retorno financeiro. Essa informação é obtida pela comparação dos NPV resultantes.

A avaliação dinâmica e sistêmica dos resultados de uma opção estratégica, bem como o conceito do NPV sistêmico e dinâmico e a análise de sua robustez em diferentes cenários

<sup>9</sup> Estratégias robustas são aquelas que performam bem nos diversos cenários, segundo Heijden (2009) e Schoemaker (1995). Semelhante conceito é utilizado no Pensamento Sistêmico, que é utilizado para designar as ações alavancadoras que se mostram aplicáveis independentemente dos cenários que venham a se configurar. (ANDRADE et al., 2006).

são realidades muito distantes das visualizadas em ferramentas tradicionais de avaliação, como FCD, TIR e NPV. As técnicas de análise de opções reais, embora apresentem caminhos para a consideração dos impactos das incertezas sobre o resultado, não abordam de maneira explícita a natureza complexa dos sistemas. Assim sendo, esta pesquisa avança no sentido de propor um método que calcule sistemicamente (reações) e dinamicamente (cenários) o retorno das opções estratégicas.

### **1.3.2 Justificativa sob o ponto de vista das empresas**

A meta fundamental da estratégia é a criação de valor para os acionistas e a maximização do valor de mercado da empresa. (BURGER-HELMCHEN, 2007; KAYALI, 2006; SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998). Considerando a complexidade do processo de tomada de decisão estratégica, é importante para as empresas terem acesso a ferramentas que auxiliem a tornar esse processo mais assertivo. O artefato a ser desenvolvido nesta pesquisa propõe-se a subsidiar as empresas no sentido da busca dessa maior assertividade.

A primeira contribuição da pesquisa para a empresa advém do uso do pensamento sistêmico, que auxilia no entendimento da dinâmica do mercado em que a empresa está inserida, permitindo que ela avalie, embora qualitativamente, os impactos do exercício de suas opções estratégicas no tempo e no espaço. (ANDRADE et al., 2006; DAVIS, 2015). Dando continuidade, o estudo de cenários possibilita a visualização de futuros alternativos plausíveis (ANDRADE et al., 2006; HEIJDEN, 2009; SCHOEMAKER, 1995; SCHWARTZ, 2000), nos quais as opções estratégicas poderão ser avaliadas. O estudo de cenários pode ajudar os tomadores de decisão a ampliar o entendimento do impacto das decisões estratégicas, uma vez que desafia os modelos mentais dos tomadores de decisão. (HODGKINSON; HEALEY, 2008). Finalmente, o modelo de dinâmica de sistemas serve como um ambiente de simulação para avaliar a validade das opções estratégicas em diferentes cenários, considerando as reações de competidores e clientes.

Como produtos da aplicação do método proposto, o cálculo do NPV sistêmico e dinâmico e a avaliação da robustez das opções estratégicas constituem-se, também, em contribuições às empresas, uma vez que auxiliam não apenas na verificação da viabilidade de uma opção isolada, mas também permitem a comparação entre as opções estratégicas. Outro ponto a destacar é a possibilidade de simular o exercício de mais de uma opção estratégica simultaneamente, permitindo verificar se há sinergia entre elas, ou seja, se o NPV sistêmico e

dinâmico das opções combinadas é superior à soma dos NPVs individuais calculados da mesma maneira, ou se, ao contrário, há destruição de valor quando duas ou mais opções são combinadas em um cenário.

Por fim, no tocante às contribuições ao mundo corporativa, o método desenvolvido nesta pesquisa permite simular diferentes cenários sem exercer qualquer uma das opções estratégicas. Nas técnicas de avaliação tradicionais, o paradigma é de que o *status quo* se mantém caso nenhuma opção estratégica seja exercida. No entanto, ao deixar de exercê-las, a empresa cede espaço no mercado para os concorrentes e pode ter seus resultados deteriorados. A capacidade de avaliar os impactos do não exercício das opções estratégicas é mais uma contribuição desta pesquisa.

Discutidas as contribuições, a próxima seção apresenta as delimitações, que determinam os limites de aplicação do estudo.

#### 1.4 DELIMITAÇÕES

As delimitações expõem os aspectos que não serão abordados nesta pesquisa, bem como definem os limites de aplicação dos métodos propostos e, por conseguinte, da aplicabilidade das conclusões. Primeiramente, sob o ponto de vista das etapas do método de trabalho, parte-se do pressuposto de que a empresa possui um conjunto previamente elaborado de opções estratégicas. Assim sendo, o método para criação das opções estratégicas não faz parte desta pesquisa. Nesse sentido, entende-se que as empresas possuem métodos estabelecidos para identificação e desenvolvimento de suas opções estratégicas, e estes não serão discutidos. Por essa razão, não são abordadas as teorias que sustentam a formulação da estratégia empresarial ou o seu desdobramento em iniciativas estratégicas que conduzem às opções estratégicas.

Ainda no escopo da avaliação das opções estratégicas, não se abordam os critérios adotados para definição do custo de capital ou de possíveis limitações de nível de endividamento da empresa. Também não fazem parte desta pesquisa as designações de autoridade para seleção, avaliação e aprovação de projetos de investimento de opções estratégicas.

Uma terceira delimitação, refere-se ao tipo de empresa em que se pretende focar o desenvolvimento do artefato. O método elaborado considera empresas que operem em regime

de oligopólio, em que as ações de um *player* têm efetivo impacto sobre os fundamentos de mercado e podem ser simuladas com base na teoria dos jogos.

O nível de incerteza do ambiente no qual a empresa se insere constitui-se a quarta delimitação desta pesquisa. O método desenvolvido contempla situações enquadradas em um nível de incerteza em que múltiplos futuros podem ser visualizados. Possibilita-se, assim, o uso da abordagem do Planejamento de Cenários.

Na avaliação do método, situa-se a quinta delimitação desta pesquisa. O método proposto é aplicado em uma empresa que atende aos requisitos descritos anteriormente. As opções estratégicas avaliadas são reais, porém a base de dados utilizada é descaracterizada, a fim de não expor as informações da empresa.

Ainda no que tange à avaliação do método, foram selecionadas apenas duas opções estratégicas para a realização e explicitação das análises finais. Tal decisão é a sexta delimitação desta pesquisa.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em sete capítulos. O primeiro, de caráter introdutório, contempla a contextualização do tema da pesquisa, abordando as decisões estratégicas e os impactos das incertezas e das relações sistêmicas e dinâmicas sobre os resultados. Ainda neste capítulo, é apresentado o objeto e o problema de estudo, discutindo-se as principais críticas aos métodos tradicionais de avaliação de opções estratégicas. Segue-se com a apresentação das contribuições que justificam a pesquisa. Por fim, são contextualizadas as delimitações do estudo.

O segundo capítulo descreve o arcabouço teórico que sustenta a pesquisa. Inicialmente, são abordados conceitos que sustentam o tema desta pesquisa, como avaliação de decisões estratégicas, níveis de incertezas e conceitos básicos de formação de preços. Na sequência, são discutidos os principais conceitos teóricos que sustentam a construção do artefato, a saber, Pensamento Sistêmico, Planejamento de Cenários e Dinâmica de Sistemas.

Os procedimentos metodológicos são descritos no terceiro capítulo. Inicia-se com o delineamento da pesquisa seguido pela definição e apresentação do método de pesquisa utilizado. Após, apresenta-se o método de trabalho, detalhando as técnicas de coleta e análise de dados.

O processo de construção do artefato é o tema central do quarto capítulo, que inicia com a definição da classe de problemas e a apresentação dos artefatos localizados. Na sequência, são explicitados os requisitos e realizada a proposição preliminar do artefato. Posteriormente, são apresentados o projeto do artefato e o seu detalhamento, explicitando como ele pode ser considerado uma solução satisfatória. Encerra-se o capítulo descrevendo os requisitos de uso do artefato.

O quinto capítulo descreve a aplicação do método proposto em uma empresa. Inicia-se apresentando o contexto da aplicação e descrevendo brevemente a empresa e o mercado em que a pesquisa se insere. Na sequência, cada etapa do método é evidenciada. Essa aplicação permite a avaliação crítica do artefato, elemento que é apresentado no capítulo seis. O capítulo seis, pois, apresenta os resultados obtidos com a aplicação do método. Nessa seção são contextualizadas as análises resultantes dos experimentos realizados, a saber, análise do NPV Sistêmico e Dinâmico, análise da robustez das opções estratégicas, análise do efeito sinérgico, análise comparativa nos cenários e análise das incertezas críticas. Com base nesses resultados, apresenta-se a avaliação do artefato, segundo os métodos selecionados. Conclui-se o capítulo com a síntese das sugestões de melhoria do método. Por fim, no capítulo sete, são apresentadas as contribuições da pesquisa, as limitações e as sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O arcabouço teórico que sustenta esta pesquisa é brevemente apresentado neste capítulo, que é organizado em dois conjuntos. O primeiro aborda conceitos que sustentam o tema desta pesquisa, tratando o conceito de avaliação de decisões estratégicas e o impacto das incertezas neste processo. A seção segue apresentando conceitos básicos de formação de preços, em especial em mercados de oligopólio, contemplando uma das delimitações deste trabalho. Essa discussão é relevante, uma vez que o preço, nesse tipo de mercado, é afetado pelas decisões estratégicas dos atores.

O segundo conjunto discute as principais teorias que sustentam a construção do artefato. Nesse sentido, contextualiza o Pensamento Sistêmico, utilizado para entender e formalizar as relações qualitativas que há entre as diversas variáveis endógenas e exógenas à empresa, o Planejamento de Cenários, adequado ao tratamento de incertezas no processo de avaliação das opções estratégicas, e a Dinâmica de Sistemas, base para a construção do modelo usado para avaliar as diversas opções estratégicas.

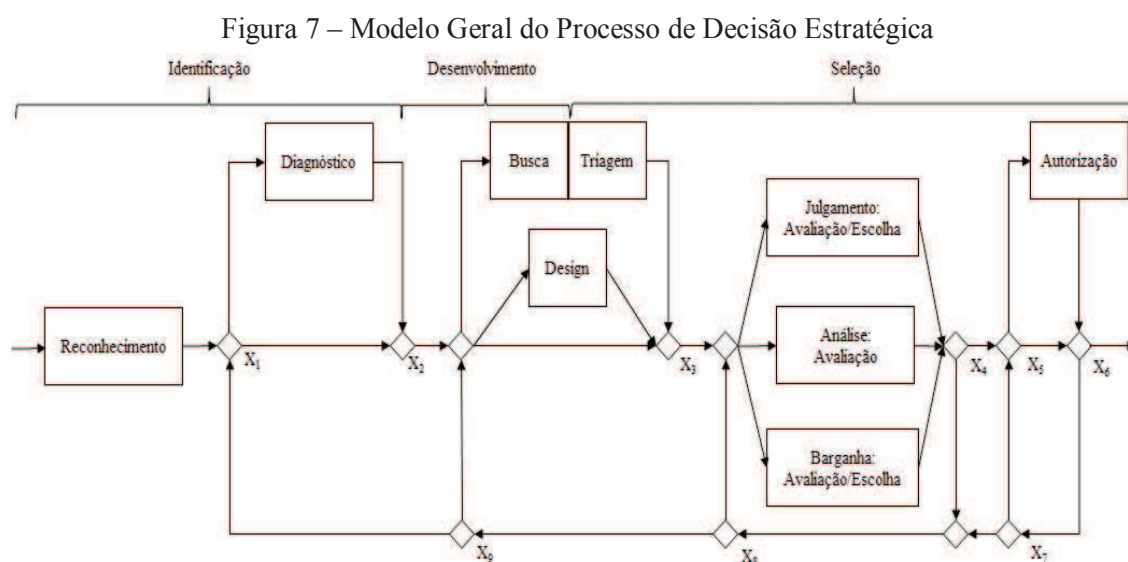
### 2.1 AVALIAÇÃO DE DECISÕES ESTRATÉGICAS E INCERTEZAS

Estratégia é um termo para o qual não existe uma única definição. (MINTZBERG; QUINN, 2001). Um dos conceitos apresentados por Mintzberg e Quinn (2001, p. 20) refere que “estratégia é o padrão ou plano que integra as principais metas, políticas e sequência de ações de uma organização em um todo coerente”. Trata-se de ações deliberadas formuladas e implementadas para formatar o futuro das organizações. (DYSON et al., 2007). As estratégias têm como meta maximizar o valor da empresa (KAYALI, 2006), a fim de criar e explorar novas oportunidades. (BURGER-HELMCHEN, 2007). A estratégia é concretizada pela formulação e implementação de decisões estratégicas. (DYSON et al., 2007).

Decisões estratégicas são o foco do desenvolvimento da estratégia (DYSON et al., 2007) e apresentam as seguintes características: i) representam novidade (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976); ii) desafiam o status quo da organização (DYSON et al., 2007); iii) envolvem compromisso significativo de recursos financeiros, físicos e humanos (MOENAERT et al., 2010); iv) envolvem várias organizações funcionais; v) têm impacto amplo e duradouro sobre o desempenho futuro da empresa (BESANKO et al., 2006); vi) exibem elevada complexidade (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976); vii)

evidenciam impactos que demandam tempo para serem percebidos (DYSON et al., 2007); viii) envolvem incertezas (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976); ix) usualmente não são um consenso (DYSON et al., 2007). A fim de sustentar o sucesso das decisões estratégicas, Mintzberg, Raisinghani e Théorêt (1976) apresentam um modelo para tal processo. Por sua vez, Dyson et al. (2007) ampliam o conceito para um processo de desenvolvimento da estratégia, que contemplaria não só a formulação, mas também a implementação de decisões estratégicas.

O processo de decisão estratégica proposto por Mintzberg, Raisinghani e Théorêt (1976) é dividido em três subprocessos: identificação, desenvolvimento e seleção das decisões estratégicas. A avaliação das decisões estratégicas é uma das etapas da seleção, conforme ilustrado na Figura 7.



Fonte: Mintzberg, Raisinghani e Théorêt (1976)

Uma vez que as decisões estratégicas envolvem o compromisso de capital e visam a um retorno futuro, o processo de seleção das decisões estratégicas é o objeto de estudo do processo de orçamento de capital. (FABOZZI; DRAKE, 2009). Esse processo engloba, além das etapas sugeridas por Mintzberg, Raisinghani e Théorêt (1976), o acompanhamento e o pós-audit dos projetos. (FABOZZI; DRAKE, 2009; MUKHERJEE; HENDERSON, 1987). O processo de orçamento de capital ocupa-se, também, do detalhamento da etapa de análise e avaliação das decisões estratégicas. (FABOZZI; DRAKE, 2009). Esse detalhamento inclui a seleção das técnicas de avaliação de projetos a serem utilizadas, a determinação do custo de capital da empresa e a averiguação das técnicas de avaliação de risco. (MUKHERJEE; HENDERSON, 1987). A discussão das técnicas de avaliação de projetos e de risco utilizadas

no processo de orçamento de capital é feita na seção 4.1, onde é configurada a classe de problemas e são apresentados os artefatos existentes.


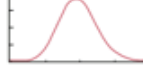


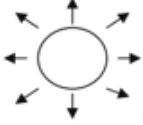
Para que sejam bem sucedidas, as decisões estratégicas devem considerar as competências e as vulnerabilidades da empresa (ambiente interno) e promover a alocação de recursos a fim de criar uma postura para enfrentar as mudanças do ambiente externo, de modo que a organização possa fazer face às estratégias de seus oponentes. (MINTZBERG; QUINN, 2001). Há que se considerar que o ambiente interno, e especialmente o ambiente externo, estão sujeitos a riscos e incertezas. Estes termos, embora sejam algumas vezes usados como sinônimos, são diferenciados por Knight (1921). Para o autor, riscos podem ser mensuráveis, seja por um cálculo, a priori, seja pelo uso de estatísticas baseadas em dados históricos. Portanto, permitem estimar a distribuição dos dados de saída. Quanto às incertezas, não podem ser mensuradas, pela total falta de conhecimento sobre elas. (KNIGHT, 1921). Esclarecida essa diferença, utiliza-se, a partir de agora, o termo incerteza para denotar tanto riscos como incertezas.

Uma vez que incertezas estão presentes no processo de decisão estratégica, é importante que elas sejam corretamente consideradas. (WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013). Mais do que simplesmente considerá-las, é importante reconhecer o tipo de incerteza presente no processo de decisão estratégica, a fim de selecionar corretamente as ferramentas a serem utilizadas. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997). Os processos tradicionais de estratégia assumem que é possível prever o futuro com uma precisão suficiente para projetar o fluxo de caixa descontado a ser utilizado no processo de avaliação. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000). No entanto, em processos sujeitos a alto nível de incerteza, essa abordagem pode conduzir a decisões estratégicas equivocadas.

De acordo com Walker, Lempert e Kwakkel (2013), as situações que as decisões estratégicas devem considerar podem variar em um espectro que vai da certeza completa à total ignorância. Considerando esses dois extremos teóricos, são configurados cinco níveis de incerteza, conforme ilustra a Figura 8.



Figura 8 – Níveis de Incerteza

Localização	Nível de Incerteza					
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	
Contexto Futuro	Um futuro claro 	Futuros Alternativos com probabilidades 	Futuros alternativos ranqueados 	Diversos futuros plausíveis 	Um futuro desconhecido 	
Modelo	Um único modelo determinístico	Um único modelo estocástico	Diversos modelos, um deles é o mais provável	Diversos modelos com diferentes estruturas	Modelo desconhecido; sabe-se que não se sabe	Ignorância Completa
Outcomes do Sistema	Uma estimativa para cada outcome	Um intervalo de confiança para cada outcome	Diversos conjuntos de estimativas ranqueados pela sua probabilidade percebida	Um range conhecido de outcomes	Outcomes desconhecidos	
Pesos de Outcomes	Um único conjunto de pesos	Diversos conjuntos de pesos, com uma probabilidade relacionada a cada um deles	Diversos conjuntos de pesos, ranqueados de acordo com a sua probabilidade percebida	Um range conhecido de pesos	Pesos desconhecidos	

Fonte: Waker, Lempert e Kwakkel (2013)

O primeiro nível considera um futuro suficientemente claro, em que é possível traçar previsões confiáveis para a avaliação da decisão estratégica. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000; WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013). Ferramentas como pesquisas de mercado, análise dos recursos dos competidores, análise da cadeia de valor e cinco forças de Porter são adequadas para esse nível. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000).

O segundo nível, chamado de futuros alternativos por Courtney, Kirkland e Viguerie (2000), foi desdobrado por Walker, Lempert e Kwakkel (2013) em dois níveis. Assim, o nível 2, denominado futuros alternativos com probabilidades, engloba situações em que a incerteza pode ser descrita em termos estatísticos, sendo possível descrever as previsões em intervalos de confiança. As ferramentas já citadas no nível 1 também podem ser úteis neste nível. O terceiro nível, futuros alternativos ranqueados, pode ser descrito por meio de poucos cenários discretos, que podem ser ranqueados em termos da probabilidade atribuída a eles. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000; WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013). Nesse caso, cada cenário é modelado, e o resultado pode ser capturado pelo uso da árvore de decisão. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000).

O quarto nível proposto por Walker, Lempert e Kwakkel (2013) corresponde ao terceiro nível de Courtney, Kirkland e Viguerie (2000), e representa as situações em que há múltiplos cenários plausíveis. Embora seja possível enumerar futuros, não há uma clara

fronteira entre os cenários, nem é possível estabelecer um ranqueamento entre eles. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000). Para esse nível de incerteza, o planejamento de cenários é a ferramenta sugerida. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000). Definir que cenários configurar não é uma atividade simples, uma vez que eles são um espectro, e não discretos como no nível anterior; no entanto, algumas regras sugeridas por Courtney, Kirkland e Viguierie (2000) podem auxiliar. A primeira, é que sejam configurados poucos cenários, uma vez que a complexidade de julgar muitos cenários pode inviabilizar a tomada de decisão. A segunda, é evitar cenários redundantes, uma vez que não trariam contribuições adicionais ao processo de tomada de decisão. Por fim, o conjunto de cenários deve ser capaz de representar coletivamente o espectro de possíveis futuros. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000). Os métodos de planejamento de cenários, abordados ainda neste capítulo, apresentam o ferramental para realizar essa atividade.

Por fim, o quinto e último nível é chamado por Walker, Lempert e Kwakkel (2013) de futuro desconhecido, e por Courtney, Kirkland e Viguierie (2000) de verdadeira ambiguidade. Nesse nível, o mais profundo de incerteza, há uma série de dimensões que interagem de forma a criar um ambiente em que é virtualmente impossível fazer qualquer tipo de previsão. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000; WALKER; LEMPERT; KWAKKEL, 2013). Os níveis 4 e 5 são objeto de estudo da chamada incerteza profunda, para a qual são sugeridas algumas abordagens, como a modelagem exploratória e a tomada de decisões robustas (*Robust Decision Making*, RDM). As incertezas discutidas anteriormente impactam nas projeções de futuro, que são a base para a avaliação da decisão estratégica.

## 2.2 O MERCADO DE OLIGOPÓLIOS E A FORMAÇÃO DE PREÇOS

Conhecer o preço de venda futuro dos produtos ou serviços é uma informação básica para avaliar opções estratégicas. (HE, 2007). Equívocos na determinação do preço futuro podem levar à aprovação de opções que, na verdade, não seriam atrativas ou, ao contrário, à reprovação de opções que, se corretamente avaliadas, teriam sido escolhidas.

O preço de um produto ou serviço deve medir o valor de um bem (LEFTWICH, 1997); são os consumidores que realizam o processo de avaliação quando gastam sua renda. De acordo com o autor em questão, o valor monetário que os consumidores atribuem a cada bem depende da urgência de obtenção do bem, da disposição e capacidade de sustentar o desejo com dinheiro e da oferta efetiva do bem. Quanto maior a urgência em obter o bem e

quanto maior a capacidade de sustentação do desejo com dinheiro, maior será o valor atribuído e, portanto, maior pode ser o preço. Com relação à oferta, quanto maior ela for, menor será o preço. (LEFTWICH, 1997).

As estruturas de mercado, definidas pelo número de empresas que competem entre si, pela facilidade de entrada e saída do mercado e pelo grau de diferenciação<sup>10</sup> existente entre os produtos, afetam, segundo Besanko e Braeutigam (2004), as relações entre preço, oferta e demanda. No Quadro 1, são apresentados os tipos de estruturas de mercado, de acordo com o número de empresas e a diferenciação dos produtos.

Quadro 1 - Tipos e Estruturas de Mercado

Diferenciação de Produtos	Número de Empresas			
	Muitas	Poucas	Uma Dominante	Uma
Empresas produzem produtos idênticos	Concorrência perfeita	Oligopólio de produtos homogêneos	Empresa dominante	Monopólio
Empresas produzem produtos diferenciados	Concorrência monopolística	Oligopólio de produtos diferenciados	Não há teoria aplicável	

Fonte: Besanko e Braeutigam (2004).

No oligopólio, o número reduzido de firmas faz com que ocorra interferência entre elas no tocante a preços e quantidades de venda. De acordo com Besanko e Braeutigam (2004), pode haver oligopólios de produtos homogêneos e oligopólios de produtos diferenciados. No primeiro caso, poucas firmas vendem produtos cujos atributos, características de performance e imagem são percebidos como idênticos pelos consumidores o que, conseqüentemente, leva a preços similares. O mercado de chips semicondutores é citado pelo autor como um exemplo de oligopólio de produto homogêneo. Já nos oligopólios de produtos diferenciados, embora os produtos sejam substitutos uns dos outros, significativas diferenças de atributos, performance, embalagem ou imagem são identificadas pelos consumidores. Como exemplos, o autor cita os mercados americanos de refrigerantes, disputado pela Coca-Cola e pela Pepsi, e de cereais, do qual Kellogg, General Mill e Quaker detêm mais de 85% de participação.

<sup>10</sup> Diferenciação: a diferenciação entre produtos ocorre quando estes possuem características que os tornam diferentes perante o consumidor. Quando não há diferenciação entre os produtos, diz-se que eles são substitutos perfeitos; nesse caso, o consumidor estaria sempre disposto a trocar a mesma quantidade de um bem por outro bem. (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004).

Cada um desses modelos apresenta características diferentes de formação de preços. Aborda-se, a seguir, o modelo de Oligopólios de Produtos Homogêneos, assunto no qual se enquadra esta pesquisa, conforme descrito na seção de delimitação.

Nos mercados de monopólio e de concorrência perfeita não há interferência entre empresas concorrentes. Na concorrência perfeita, isso se deve ao fato de que cada firma é tão pequena frente ao mercado que seu impacto sobre as demais é imperceptível. Já no monopólio, simplesmente não há concorrentes. Nos oligopólios, no entanto, uma das principais características é a interdependência competitiva entre as firmas, de modo que as decisões de uma afetam significativamente as demais. (BESANKO et al., 2006).

Essa interdependência é ainda maior quando se considera que nos oligopólios apenas algumas empresas são responsáveis pela maior parte ou pela totalidade da produção. Isso acontece em função de barreiras à entrada, que surgem naturalmente, no caso de economia de escala, patentes e acesso à tecnologia, ou devido a medidas estratégicas de empresas já estabelecidas, como aumento substancial da oferta, que provoca queda de preços. (PINDYCK; RUBINFELD, 2002). Assim, nos processos de tomada de decisões de oferta e preço, cada empresa deve considerar as reações dos concorrentes, sabendo que estes também agirão da mesma maneira. Isso significa que os concorrentes são igualmente racionais e inteligentes, e que as ações e reações são dinâmicas e evoluem ao longo do tempo. (PINDYCK; RUBINFELD, 2002).

Segundo Besanko et al. (2006), vários são os modelos de oligopólio existentes na microeconomia, sendo que a primeira teoria foi desenvolvida por Auguste Cournot, considerando a situação de um duopólio<sup>11</sup>. Como o preço de mercado depende da relação entre a produção total das duas empresas e a demanda total, no modelo de Cournot cada empresa age como monopolista, buscando definir a quantidade de produção que maximiza seu lucro em função da expectativa sobre a produção do concorrente. Assim, para cada nível de produção possível do concorrente, a empresa determina o nível de produção que maximiza o seu lucro. A essa projeção é dado o nome de função de reação. (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004). O equilíbrio de Cournot é o ponto comum às curvas de reação das duas empresas, ou seja, é a combinação de produção em que cada empresa está simultaneamente fazendo o melhor para a maximização de seu lucro, consideradas as decisões de seu concorrente. (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004).

---

<sup>11</sup> Duopólio: mercado em que existem apenas duas empresas. (BESANKO; BRAEUTIGAM, 2004).

O modelo de Cournot se aplica, segundo Pindyck e Rubinfeld (2002), a setores compostos por empresas razoavelmente semelhantes, e a casos em que nenhuma delas possui vantagem operacional significativa sobre as demais. Porém, quando há um líder no lançamento de produtos ou na determinação de preço, os autores sugerem que o modelo de Stackelberg é o mais adequado. Nesse modelo, uma empresa determina seu nível de produção antes das demais, criando um fato consumado. Considerando que os concorrentes agem coerentemente, buscando a maximização do lucro em vez de uma guerra de preços, estabelecem um nível inferior de produção, beneficiando a empresa que determinou primeiro sua estratégia<sup>12</sup>.

Outro modelo para oligopólios de produtos homogêneos foi apresentado por Joseph Bertrand. Segundo ele, as empresas não definem as quantidades a serem produzidas, mas sim o preço a ser praticado, considerando o preço dos concorrentes. Assim, se todas as empresas praticarem o mesmo preço, a demanda de mercado será igualmente dividida entre os competidores, uma vez que os produtos são homogêneos. Se uma empresa, porém, reduz seu preço, captura toda a demanda de mercado. Logicamente os concorrentes farão movimento semelhante e o equilíbrio ocorrerá no ponto em que o preço praticado por cada um for equivalente ao custo marginal, exatamente como ocorre no mercado de concorrência perfeita<sup>13</sup>.

Para além desses modelos teóricos, há que se considerar modelos específicos para o mercado em estudo, o de minério de ferro. O aumento do preço do minério no período de 2003 a 2012 é explicado por quatro fatores do mercado: i) crescimento da demanda, em especial da China; ii) restrições de oferta; iii) inclinação e crescimento dos custos do produtor de custo marginal; e iv) alto nível de consolidação da indústria. (PUSTOV; MALANICHEV; KHOBOTILOV, 2013). Dentre esses fatores, cabe uma análise mais profunda do impacto da curva de custo marginal sobre a formação do preço no longo prazo.

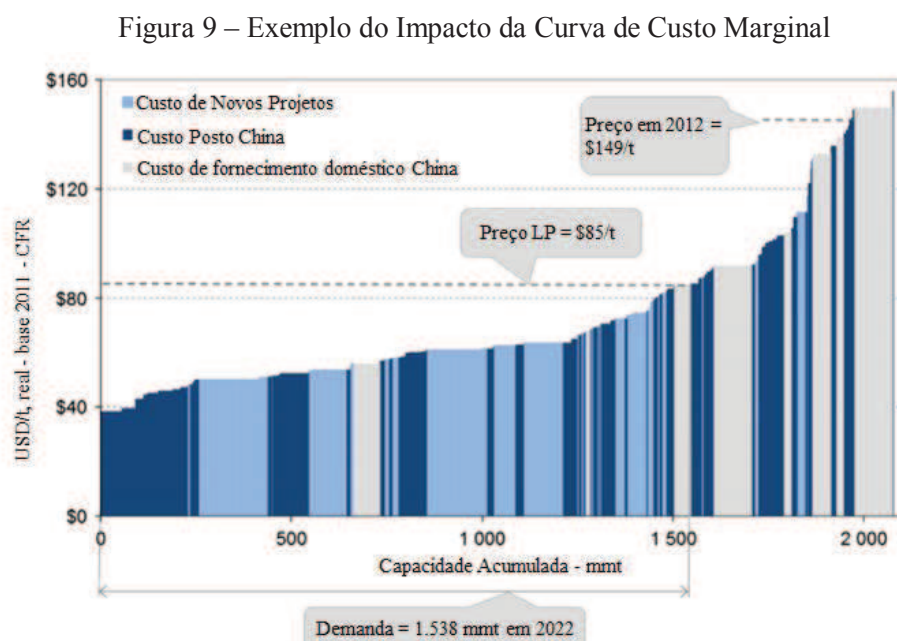
A abordagem da curva de custo marginal assume que a última porção da demanda é atendida pelo produtor de maior custo. Para tanto, o preço a ser pago tem que ser suficiente para cobrir esses custos. Assim, à medida que a demanda aumenta, capacidades de custo de produção mais elevados são ativadas para atendê-la, causando impacto no preço. (PUSTOV; MALANICHEV; KHOBOTILOV, 2013). Esse aumento do preço torna os investimentos de

---

<sup>12</sup> Maiores detalhes sobre o modelo de Stackelber podem ser encontrados em Pindyck e Rubinfeld (2002, p. 434).

<sup>13</sup> Exemplos da aplicação do modelo de Bertrand podem ser encontrados em Besanko e Braeutigam (2004, p. 392).

expansão atrativos. Porém, é importante verificar que quando a opção de expansão é exercida por um produtor de menor custo, os produtores de maior custo são deslocados da curva de atendimento de demanda, acarretando em redução do preço. (PUSTOV; MALANICHEV; KHOBOTILOV, 2013). A Figura 9 exemplifica uma simulação na qual a entrada de projetos de aumento de capacidade de produtores de menor custo desloca os produtores chineses de maior custo, causando redução de preço. (PUSTOV; MALANICHEV; KHOBOTILOV, 2013).



Fonte: Pustov, Malanichev e Khobotilov (2013)

Combinado ao conceito da curva de custo marginal, há que se considerar o impacto do chamado preço de incentivo. Esse conceito baseia-se na noção de que os produtores somente se dispõem a investir se acreditam que os preços serão altos o suficiente para cobrir todos os custos operacionais e de capital e para oferecer retorno em capital durante a vida do projeto, no caso, da mina. Dessa forma, as opções estratégicas de expansão só ocorreriam até o limite do preço de incentivo. (PUSTOV; MALANICHEV; KHOBOTILOV, 2013).

### 2.3 PENSAMENTO SISTÊMICO

Pensamento Sistêmico é, segundo Lane (2016, p. 527), uma “poderosa ferramenta” que permite compreender que comportamentos observáveis podem ser explicados por longas cadeias de consequências, não facilmente previsíveis, e pelas circularidades (ou efeitos de

feedback) encontrados nessas relações. O uso do pensamento sistêmico estimula a mudança de modelos mentais que conduzem ao estabelecimento de políticas e ações mais eficazes. (LANE, 2016).

Os conceitos fundamentais do pensamento sistêmico foram desenvolvidos no início do século XX em disciplinas como biologia, ecologia, psicologia e cibernética. (CAPRA, 1997). Segundo Flood (2010), o pensamento sistêmico surgiu como uma crítica ao reducionismo, teoria que postula que o conhecimento é gerado quando um fenômeno é dividido em partes, sendo que cada parte ou elemento simples é estudado em termos de causa e efeito. Entretanto, há uma sinergia entre os elementos que compõem o sistema, de modo que o todo é maior do que as partes, sendo, portanto, fundamental entender e interpretar as relações dentro dos sistemas. (BELLINGER, 2006). Nesse sentido, o pensamento sistêmico apresenta como pilares: i) ver a situação de forma holística; ii) reconhecer que, para entender o comportamento do sistema, as relações ou interações entre elementos são mais importantes do que os próprios elementos; iii) reconhecer a existência de níveis de sistemas e de causalidade mútua dentro e entre níveis; e iv) aceitar, especialmente nos sistemas sociais, que as pessoas atuem de acordo com diferentes propósitos ou racionalidades. (MINGERS; WHITE; 2010). Com isso, postula-se que o pensamento sistêmico é baseado na ideia de compreender o todo (CABRERA et al., 2008; CEZARINO et al., 2012), o que significa que os fenômenos devem ser entendidos como uma propriedade emergente de um todo inter-relacionado. (FLOOD; 2010). Por conseguinte, o pensamento sistêmico fornece meios para conceituar a interação dos vários componentes que integram sistemas complexos. (DYEHOUSE et al. 2009).

Do ponto de vista do Pensamento Sistêmico, um sistema pode ser definido como uma entidade que mantém sua existência pela mútua interação entre as partes que a compõe. (BELLINGER, 2004). Um modelo para entender o funcionamento do pensamento sistêmico é o de níveis de percepção da realidade proposto por Kemeny, Goodman e Karash (1997). Esse modelo sustenta que, particularmente em ambientes organizacionais, há quatro níveis atuando simultaneamente: eventos, padrões de comportamento, sistemas e modelos mentais. (KEMENY et al., 1997). Os níveis da realidade fazem analogia a um *iceberg*, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Níveis da realidade ilustrados pela metáfora do iceberg



Fonte: Andrade et al. (2006, p. 94).

Na compreensão humana, os eventos são o primeiro nível de percepção da realidade. Estes, por proporcionarem uma visão fragmentada, conduzem a ações reativas aos acontecimentos. (SENGE, 2006). No entanto, eventos são manifestações de mudanças em padrões de comportamento mais submersos na percepção humana. (KEMENY et al., 1997). A análise de padrões de comportamento, de tendências de longo prazo e de implicações ajuda a compreender que eventos aparentemente novos podem ser mais antigos do que se poderia pensar. (SENGE et al., 2008). Evita-se, com o uso dessas análises, ações reativas, que além de não conduzirem ao efeito desejado, introduzem mais perturbação no sistema. (SENGE, 2006).

As estruturas sistêmicas são percebidas apenas no terceiro nível, quando é possível correlacionar os elementos do sistema por meio de relações de causa e efeito. (SENGE, 2006). Tais inter-relações são responsáveis pela forma como os sistemas funcionam, resultando nos padrões de comportamento e nos eventos que se percebe. (BELLINGER, 2006)). Esse é considerado o nível mais rico de percepção da realidade, devido à possibilidade de intervenções em termos de alavancagem para mudança. (SENGE, 2006).

Finalmente, os Modelos Mentais são ideias profundamente arraigadas, generalizações ou mesmo imagens que influenciam as atitudes das pessoas e a forma como elas enfrentam o mundo. (SENGE, 2006). Considerando que a estrutura gera comportamento, infere-se que esse nível influencia os demais na medida em que os modelos mentais dos atores repercutem em comportamentos, gerando as estruturas sistêmicas da realidade. (ANDRADE et al., 2006). Assim, é preciso entender como os modelos mentais geram ou influenciam as estruturas em jogo para que seja possível compreendê-las. (ANDRADE et al., 2006). Essa conscientização



sobre os modelos mentais ajuda a repensar mais profundamente o sistema em estudo. (SENGE, 2006).

Assim o pensamento sistêmico é uma disciplina que possibilita a visualização do todo. É um quadro referencial que permite identificar inter-relacionamentos em vez de eventos, e padrões de mudança em vez de fotos instantâneas. (SENGE, 2006). Oferece uma linguagem para mapear as estruturas sistêmicas da realidade e os modelos mentais, permitindo avaliar as ações de alta alavancagem em direção a mudanças duradouras e efetivas. (SENGE, 2006).

O método sistêmico proposto por Andrade (1997) sugere os passos necessários para gerar, a partir do entendimento desses níveis da realidade, a aprendizagem necessária para promover mudanças profundas no sistema. Esse método resulta de um aprimoramento do método originalmente proposto por Goodman e Karash (1995). Posteriormente, a lógica de planejamento de cenários foi associada ao método sistêmico, resultando no método do Pensamento Sistêmico e Planejamento de Cenários (PSPC). (ANDRADE et al., 2006; MOREIRA, 2005). Segundo Andrade et al. (2006), o uso sinérgico do planejamento de cenários e do pensamento sistêmico tem sido útil como apoio ao processo estratégico das organizações. O pensamento sistêmico possibilita o entendimento das forças estruturais que moldam a realidade atual, enquanto o planejamento de cenários promove o aprendizado organizacional, o desafio dos modelos mentais e a visualização dos futuros possíveis. (ANDRADE et al., 2006).

O PSPC tem início com a identificação da questão central de interesse, ou seja, com a definição clara da situação complexa que direciona o estudo. (ANDRADE et al., 2006). Esse tema central é, então, desdobrado em questões norteadoras, que procuram definir o escopo do trabalho, proporcionando foco e servindo como medida de sucesso do estudo. (MOREIRA, 2005). Na sequência, adentra-se no primeiro nível de percepção da realidade, identificando os principais eventos relacionados ao tema selecionado. (ANDRADE et al., 2006). A partir desses eventos, são desdobradas variáveis-chave, cujos padrões de comportamento são analisados com o propósito de apoiar o raciocínio e o aprendizado da equipe, reconhecendo como as variáveis se inter-relacionam. (ANDRADE et al., 2006).

A partir desse passo, penetra-se no terceiro nível da realidade, com a identificação das relações causais que se estabelecem entre os fatores. Isso é feito a partir da comparação das curvas, das hipóteses preliminares e das intuições a respeito das influências recíprocas. O objetivo é construir estruturas sistêmicas que determinam os padrões de comportamento dos elementos da realidade. (MOREIRA, 2005). A construção da estrutura sistêmica apoia-se na linguagem sistêmica; pode utilizar, dentre outras ferramentas, análises de correlações oriundas

de padrões de comportamento, de uso de arquétipos ou de transcrições sistêmicas. (ANDRADE et al., 2006).

Na linguagem sistêmica, as variáveis são os elementos do sistema, que se relacionam entre si e se influenciam direta ou indiretamente. (ANDRADE et al., 2006). Essas influências são representadas por setas que ligam a variável independente à variável dependente, sendo que linhas contínuas denotam ligações diretas e linhas pontilhadas representam as inversas. (MORANDI et al., 2014). Além do tipo de relacionamento (direto ou inverso) há, ainda, a questão de temporalidade nas influências entre as variáveis. Isso significa que as relações de causa e efeito podem ocorrer de forma instantânea ou com atrasos. Relações do tipo imediatas são representadas por setas contínuas, enquanto que os atrasos são representados por uma interrupção na seta. (MOREIRA, 2005). Por fim, a linguagem sistêmica foca-se na representação de enlaces, relações circulares ou *feedbacks*, que podem ser reforçadores ou balanceadores. (ANDRADE et al., 2006).

Arquétipos, por sua vez, são ferramentas acessíveis, cuja aplicação permite, de forma rápida, construir hipóteses críveis e coerentes sobre as forças que regem seus sistemas. Constituem-se, igualmente, em um meio para esclarecer e testar modelos mentais acerca desses sistemas. (SENGE et al., 1994). Vários arquétipos foram estabelecidos, sendo que cada um serve a um propósito específico. Por exemplo, o “Quebra-galhos que não dão Certo” ilustra como uma ação tomada para solucionar um problema pode, na verdade, após certo tempo, agravar o problema. O arquétipo “Limites ao Crescimento”, por sua vez, visa a identificar os fatores que alavancam o crescimento de uma variável de interesse, bem como aqueles que o limitam. Como último exemplo, cita-se o arquétipo da “Tragédia da Propriedade Comum”, pelo qual se visualiza que quando um recurso comum é explorado por diversos atores, o que seria um benefício individual se transforma em uma restrição para todo o sistema. (SENGE, 2006).

Retornando ao método PSPC, uma vez construída a estrutura sistêmica, o passo seguinte é identificar os modelos mentais e entender como eles influenciam as relações sistêmicas. (ANDRADE et al., 2006). Após, seguem-se os passos de planejamento de cenários e construção do modelo de dinâmica de sistemas, elementos que são detalhados nas próximas seções. Essas etapas facilitam a explicitação das aprendizagens e a formulação das ações de reprojeto do sistema, uma vez que proporcionam um ambiente de reflexão e simulação. (ANDRADE et al., 2006).

O uso conjunto das abordagens pensamento sistêmico, planejamento de cenários e dinâmica de sistemas foi encontrado em outras pesquisas. Em um desses estudos foi

desenvolvido um modelo de simulação, a partir da abordagem de Dinâmica de Sistemas em combinação com o Planejamento de Cenários. Especialistas foram consultados para avaliar os possíveis impactos da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na sustentabilidade ambiental. (HILTY et al., 2006) Esses impactos foram categorizados pelos autores em três diferentes níveis: efeitos de primeira ordem, como aumento de fluxos de resíduos eletrônicos; efeitos de segunda ordem, como a melhoria da eficiência energética da produção; e efeitos de terceira ordem, como uma mudança de serviço do produto para o consumo. O estudo prospectivo para a União Europeia, que contemplou um horizonte temporal até 2020, revelou grande potencial para a gestão da energia com base nas TIC e para uma mudança estrutural no sentido de uma economia menos intensiva em materiais. A pesquisa também aponta fortes efeitos no setor dos transportes, uma vez que a aplicação das TIC reduz o tempo ou o custo de transporte.

Uma segunda aplicação considerou a dinâmica de sistemas para melhorar o processo de introdução de notas e moedas de euros em um banco, no final de 2001. (STROHHECKER, 2005) Em um terceiro trabalho analisado, o Pensamento Sistêmico e o Planejamento de Cenários e quadros de avaliação de riscos foram utilizados para projetar um processo de planejamento empresarial focado em alcançar o engajamento e a comunicação com os executivos sêniores do setor público. (CLEMENS, 2009). A pesquisa citada contribuiu para o desenvolvimento de uma boa governança para a sustentabilidade nas organizações a partir da melhoria da viabilidade sistêmica. O estudo resultou no projeto de uma rede descentralizada para ajudar a coordenar a política de desenvolvimento do Estado.

Embora esses estudos descrevam aplicações conjuntas do planejamento de cenários com outras metodologias, nenhum deles explicita um método a ser seguido em pesquisas posteriores. Sobre esse aspecto, o método PSPC de Andrade et al. (2006) propõe os passos para combinar o método sistêmico e o planejamento de cenários. Essa proposta tem como pressuposto básico o fato de que o método de cenário pode usar uma abordagem sistêmica para gerar avaliações mais ricas, bem como utilizar modelos de dinâmica de sistemas para testar e experimentar diferentes cenários. Além disso, o planejamento de cenários adiciona capacidade de visualizar o futuro e de criar melhores estratégias, o que desafia os modelos mentais atuais. Os principais produtos desse método são: o crescimento da aprendizagem com abordagem de questões críticas, a construção do planejamento estratégico, o planejamento de mudanças profundas, o desenvolvimento de uma visão de futuro para a organização, a identificação de oportunidades de mercado e a abordagem de projetos complexos. (ANDRADE et al., 2006).

## 2.4 PLANEJAMENTO DE CENÁRIOS

O planejamento de cenários tem origem ligada aos jogos de guerra militares, tendo migrado para a área civil durante a II Guerra Mundial, a partir da *Rand Corporation*. Posteriormente, foi desenvolvido pelo *Instituto Hudson* (HEIJDEN, 2009). Na área de negócios, a Royal Dutch/Shell é apontada como pioneira no desenvolvimento do planejamento de cenários entre o final década de 1960 e início dos anos 70. (WACK, 1985). De acordo com Schwartz (2000), planejamento de cenários é uma ferramenta que permite explicitar as percepções de uma pessoa sobre ambientes futuros alternativos, em que as consequências decisórias irão se desenrolar.

O planejamento de cenários surge como uma alternativa ao planejamento tradicional baseado em previsões. (WACK, 1985). As previsões são úteis em ambientes de baixa incerteza (WACK, 1985; WALKER et al., 2013), porém, em ambientes de maior turbulência, não permitem antecipar mudanças no ambiente de negócios, tornando obsoletas estratégias inteiras. (WACK, 1985).

Planejamento de cenários é, portanto, uma ferramenta fundamental para equilibrar a capacidade de “ver” novas oportunidades enquanto se mantém foco em vantagens competitivas atuais. (BODWELL; CHERMACK, 2010). De acordo com Wright, Cairns e Goodwin (2009), o planejamento de cenários apresenta as seguintes características: i) auxilia a compreender uma situação; ii) aumenta a criatividade; iii) é focado no processo; iv) requer a contribuição de vários atores; v) é focado em percepções e opiniões; e vi) contém um componente analítico qualitativo.

Para ser eficaz, segundo Wack (1985), o planejamento de cenários deve envolver a alta e média administração, para que esses atores compreendam como as incertezas influenciam o ambiente de negócios e para que seja possível mudar pressupostos e reorganizar modelos mentais. Esse processo de transformação é tão importante quanto o desenvolvimento dos próprios cenários. (WACK, 1985).

Autores como Heijden (2009), Schoemaker (1995) e Schwartz (2000) propuseram métodos para planejamento de cenários. O Quadro 2 apresenta um comparativo entre esses métodos. Nota-se que alguns passos, como definir estratégia e prazo, são citados explicitamente por apenas um autor, enquanto outros, como identificar forças motrizes, estão presentes em todas as metodologias. Heijden (2009) detalha mais o início do processo, enquanto Schoemaker (1995) enfatiza as etapas finais, selecionando e detalhando cada cenário. Embora sejam nítidas as diferenças entre as metodologias propostas, é possível

verificar que há unanimidade quanto à necessidade de: i) identificar as forças que moldarão os possíveis futuros; ii) analisar essas forças quanto ao grau de incerteza e relevância; iii) compor os cenários a partir das forças mais relevantes; e iv) desenvolver os cenários, compondo seu enredo.

Quadro 2 - Comparação dos Métodos de Planejamento de Cenários

<b>Passo</b>	<b>Schwartz (2000)</b>	<b>Schoemaker (1995)</b>	<b>Heijden (2009)</b>
Formação da equipe de cenários			X
Coleta e desenvolvimento do conhecimento			X
Definição da estratégia e prazo		X	
Identificação do tema inicial	X		X
Identificação das forças motrizes	X	X	X
Classificação em incertezas e tendências	X		X
Hierarquização das incertezas críticas	X	X	X
Configuração dos cenários	X	X	X
Elaboração dos enredos dos cenários	X	X	X
Verificação da consistência dos cenários		X	
Desenvolvimento da aprendizagem dos cenários		X	
Identificação dos recursos		X	
Seleção de indicadores	X	X	
Realização de testes estratégicos	X	X	X
Finalização e comparação com o negócio			X

Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que a composição do enredo dos cenários, embora citada por todos os autores, não é apresentada sob forma de um roteiro detalhado. Nesse sentido, Andrade et al. (2006) propõem um conjunto de perguntas que colaboram com a elaboração de cenários. Dentre elas estão questões como o nome que melhor designa cada cenário, a origem do cenário, as características do cenário, as consequências desse cenário para o negócio, bem como as estratégias a serem adotadas para ele. (ANDRADE et al., 2006).

## 2.5 DINÂMICA DE SISTEMAS

A dinâmica do sistema é uma abordagem que usa mapas informais e modelos computacionais formais para descobrir e entender as fontes endógenas de comportamento do sistema. A partir desse entendimento, é possível formular hipóteses, testar e refinar

explicações endógenas de mudança de sistema e usar essas explicações para orientar a política e a tomada de decisões. A dinâmica de sistemas é aplicada a problemas dinâmicos que surgem em sistemas complexos, sejam eles sociais, gerenciais, econômicos ou ecológicos. Tais sistemas se caracterizam pela interdependência entre seus elementos, pela interação mútua, pelo feedback de informações e por causalidades circulares. (RICHARDSON, 2011).

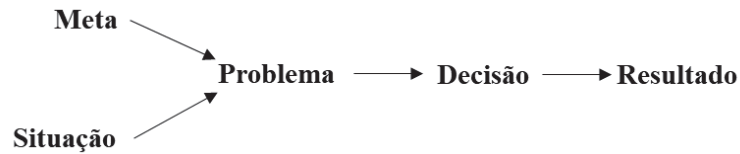
Os fundamentos da dinâmica de sistemas, segundo Forrester (1971), surgiram na década de 1930, em estudos de Vannevar Bush, que desenvolveu um analisador diferencial para resolver equações de problemas simples de engenharia. No mesmo período, o conceito de retroalimentação foi proposto por Norbert Wiener, lançando as bases do que viria a ser a cibernética. Ainda naquela época, Harold L. Hazen escreveu os primeiros artigos sobre servomecanismos. Na década seguinte, foi criado o laboratório de servomecanismo, por Gordon S. Brown, o que permitiu a expansão da teoria. (FORRESTER, 1971).

Nos anos 50, Jay Forrester se tornou diretor do *Lincoln Laboratory*, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), iniciando os trabalhos que conduziram à criação da dinâmica de sistemas na década de 1960. Ele estava interessado em modelar o comportamento dinâmico de sistemas como populações de cidades e cadeias de abastecimento industrial. (FORRESTER, 1961, 1969). Na época, Jay Forrester contatou profissionais de eletricidade geral que enfrentavam problema com flutuações na demanda por razões não completamente compreendidas. Forrester, então, simulou o problema usando apenas lápis e papel, mostrando como as variáveis inventário, funcionários, aplicativos e políticas de decisão estão inter-relacionadas. A partir dessa simulação, surgiu a dinâmica de sistemas. (FORRESTER, 1989).

A dinâmica de sistemas é uma abordagem que permite a aprendizagem em sistemas complexos. (STERMAN, 2000). Pode ser entendida como um método de investigação que se preocupa com o comportamento do sistema ao longo do tempo, bem como com as relações de causa e efeito e as retroalimentações que causam esse comportamento. (LANE, 2016). O uso da dinâmica de sistemas permite, dessa forma, entender porque muitas políticas e estratégias não geram os resultados esperados e, a partir desse entendimento, formular políticas mais efetivas. (STERMAN, 2000).

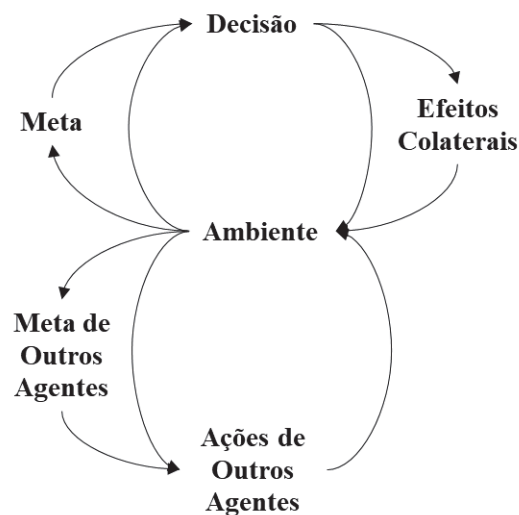
De acordo com Sterman (2000), há duas principais causas que fazem com que os sistemas sejam resistentes às políticas formuladas. A primeira é a tendência de formular tais políticas como uma reação a eventos, imaginado que a ação tomada solucione o problema enfrentado, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 – Visão de Mundo Orientada por Eventos



Fonte: Sterman (2000).

No entanto, as decisões tomadas provocam mudanças no ambiente que demandam, por sua vez, novas decisões. Da mesma forma, as alterações provocadas no ambiente geram decisões dos demais agentes que também provocam alterações no ambiente. (STERMAN, 2000). Essa nova visão é representada na Figura 12. O não entendimento da existência desses enlaces é apontado por Sterman (2000) como a segunda causa da baixa efetividade das políticas implementadas.

Figura 12 – Visão com *Feedbacks*

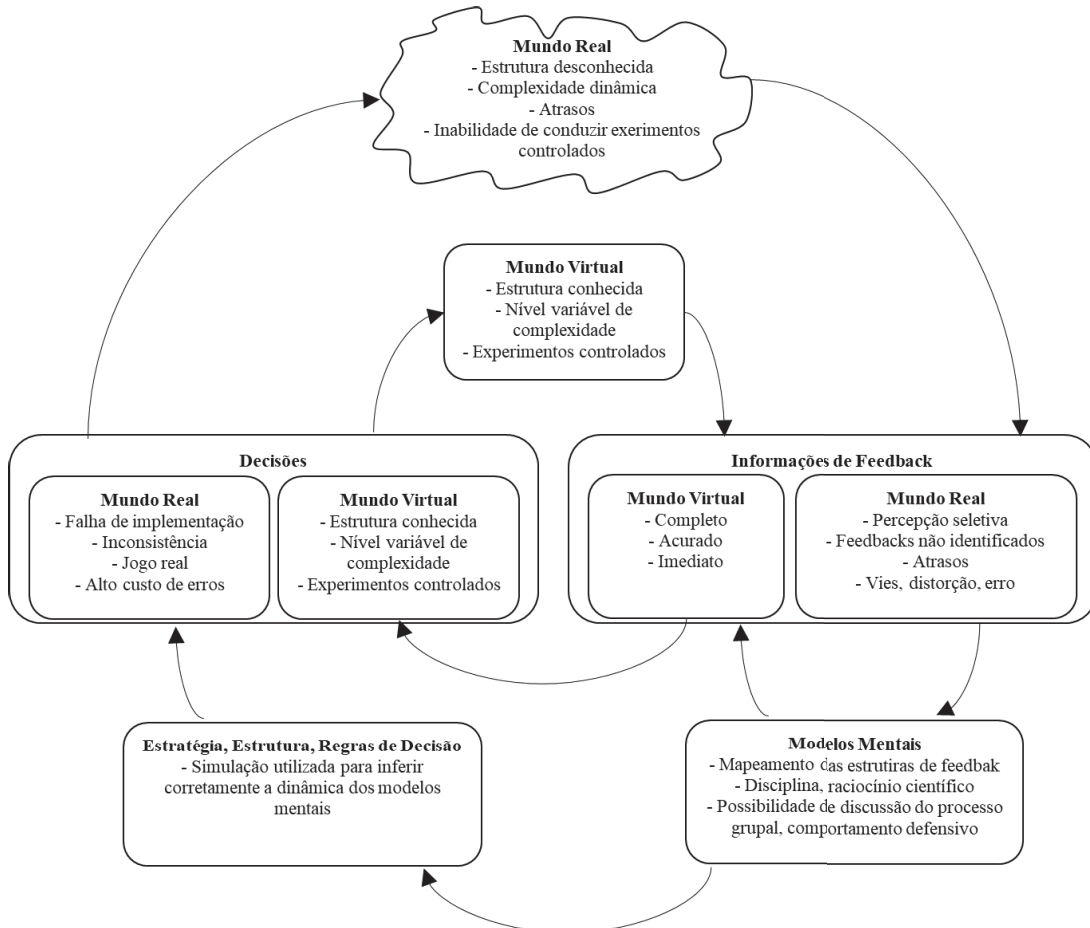
Fonte: Sterman (2000).

Assim, a dinâmica de sistemas possibilita a criação de um mundo virtual em que experimentos controlados podem ser conduzidos. Esses experimentos produzem resultados acurados, de maneira praticamente imediata, com menores custos e riscos em comparação com o mundo real. Nesse ambiente, modelos mentais podem ser discutidos e estratégias podem ser testadas, para só depois serem implementadas no mundo real, conforme ilustra a Figura 13. (STERMAN, 2000).

A mente humana tem boa capacidade de desenvolver modelos que usam objetos no espaço, como mapas ou maquetes. No entanto, quando confrontada com modelos sociais e tecnológicos, a mente humana, na maioria dos casos, não tem capacidade de criar e interpretar

a dinâmica de tais modelos. (FORRESTER, 1969). Quando a cognição humana não é capaz de representar, de forma significativa, a complexidade do sistema a ser estudado, esse mundo virtual deve ser representado por um modelo de dinâmica de sistemas. (STERMAN, 2000).

Figura 13 – Processo Idealizado de Aprendizagem



Fonte: Sterman (2000).

Pidd (1998, p. 24) conceitua modelo como “uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”. Andrade et al. (2006) respaldam essa definição ao afirmar que “modelo computacional é uma redução simplificada da realidade, construída em computador, [com] o objetivo primordial de desenvolver aprendizagem”. Assim, a modelagem computacional é uma das ferramentas do pensamento sistêmico que adiciona aprendizagem ao processo a partir da avaliação das consequências das ações no tempo e no espaço.

A modelagem computacional de dinâmica de sistemas parte de um modelo qualitativo para criar um modelo quantitativo, usando, para tanto, os Diagramas de Estoque e Fluxo.



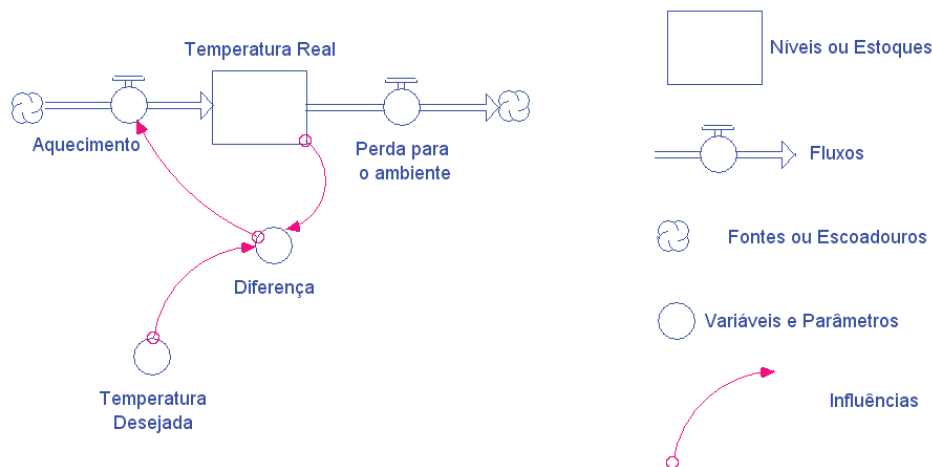
(PIDD, 1998). Sterman (2000) apresenta um processo para realizar essa tradução, iniciando pela articulação do problema, que contempla a seleção do tema, a identificação das principais variáveis, a definição de horizontes de tempo futuro e passado e a reflexão sobre o comportamento das variáveis. Percebe-se, aqui, a sinergia existente com o método PSPC proposto por Andrade et al. (2006), uma vez que as etapas que vão da definição da situação de interesse à análise dos padrões de comportamento têm os mesmos objetivos.

O método segue com a chamada formulação da hipótese dinâmica, ou seja, da teoria que sustenta o comportamento problemático. Para essa formulação, Sterman (2000) sugere a construção de mapas causais, dentre os quais cita a estrutura sistêmica como uma das ferramentas possíveis. A próxima etapa é a construção do modelo de simulação propriamente dito, a partir dos diagramas de estoque e fluxo. (PIDD, 1998).

Em um diagrama de estoque e fluxo, a estrutura do sistema é representada matematicamente por equações diferenciais que permitem quantificar as relações de causa e efeito entre os elementos do sistema. (PIDD, 1998). A linguagem utilizada é composta pelos seguintes elementos: i) níveis ou estoques, que são acumulações dentro do sistema; ii) fluxos ou válvulas, que representam o movimento de materiais e informações dentro do sistema; iii) funções de decisão, que regulam os fluxos e são usualmente definidos como políticas de gerenciamento; iv) atrasos, que representam o tempo necessário para a manifestação dos efeitos da influência de um elemento sobre outro; v) fontes e escoadouros, que são o início e o fim de um fluxo; vi) variáveis auxiliares, que são usadas para realizar operações algébricas; vii) parâmetros, que são constantes de ajuste para estabelecer, por exemplo, os objetivos de um sistema. (PIDD, 1998). A Figura 14 exemplifica esses elementos.

Uma vez concluído o modelo, ele deve ser testado. Quando possível, deve-se comparar o comportamento obtido com um modelo de referência ou com um comportamento observado. (STERMAN, 2000). Trata-se da validação do modelo. (LAW; KELTON, 1991). No entanto, há casos em que não há modelo de referência ou comportamento previamente observado que sirva para comparação. (BANKES, 1993). Nesses casos em que não há os chamados “valores verdadeiros” como referência, é inviável validar o modelo. (WALKER et al., 2003). Complementando, Sterman (2000) afirma que, por se tratar de uma representação simplificada da realidade, todo modelo é errado. Portanto, na visão do autor, não se pode falar em validação, uma vez que validar significa provar que o modelo está correto.

Figura 14 - Exemplo de Diagrama de Estoque e Fluxo



Fonte: Andrade (1998).

Situações futuras, ainda não experimentadas, nas quais o nível de conhecimento é insuficiente e o nível de incerteza é elevado, são exemplos de casos em que a validação não é possível. (BANKES, 1993). Nesses casos, há uma tendência em adicionar maior detalhamento ao modelo, em uma tentativa de compensar com complexidade a impossibilidade de validação. (BANKES, 1993). Um modelo não perde sua utilidade, pois, pelo fato de não poder ser validado. (STERMAN, 2000). O modelo, nessas situações, permite visualizar como seria o comportamento do sistema se os pressupostos adotados fossem corretos, o que se configura na análise de modelagem exploratória (EMA). (BANKES, 1993). Com entendimento semelhante, Sterman (2000) e Forrester (1961) afirmam que um modelo válido é o que se apresenta útil a quem vai utilizá-lo, permitindo a tomada de melhores decisões.

Mesmo nos casos em que não é possível a validação, a etapa de testes deve englobar pelo menos alguns testes de verificação, tais como comportamento em condições extremas, testes de sensibilidade e consistência dimensional. (STERMAN, 2000). Uma vez concluídos os testes do modelo, a última etapa do processo de modelagem consiste na formulação e avaliação das políticas a serem implementadas. (STERMAN, 2000).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

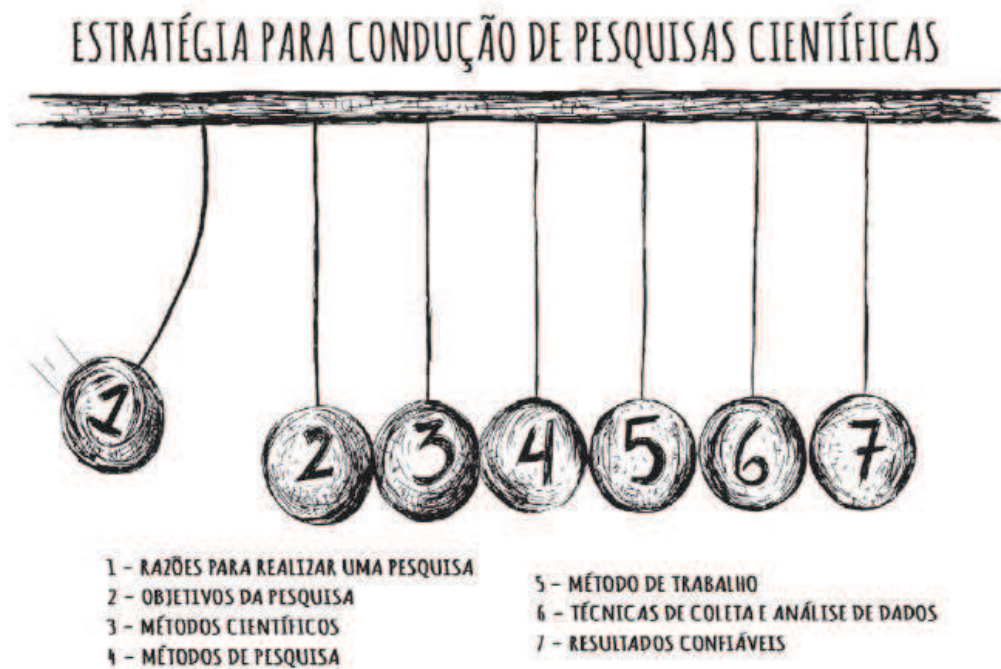
Este capítulo apresenta o método de pesquisa e o método de trabalho propostos para a condução deste estudo. Na primeira seção é apresentado o delineamento da pesquisa em relação à filosofia, ao método científico e ao método de pesquisa. A segunda seção aborda os métodos de pesquisa *Design Science Research* e modelagem, e a terceira e última seção apresenta o método de trabalho a ser seguido.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Pesquisa é um processo sistemático e formalizado, que tem como objetivo encontrar respostas a uma indagação que ainda não foi completamente elucidada devido à falta de informação adequada. (DRESCH et al., 2015; SILVA; MENEZES, 2001). Uma pesquisa pode ser classificada, segundo Silva e Menezes (2001), em pesquisa básica e pesquisa aplicada; embora esses tipos apresentem características distintas, não são necessariamente excludentes, de acordo com Dresch et al. (2015). A pesquisa básica ou pesquisa pura tem como objetivo principal gerar conhecimento para o avanço da ciência, sem o compromisso de aplicar esse conhecimento na prática. Tem, portanto, um caráter mais teórico e envolve temas de interesse geral de uma comunidade científica. A pesquisa aplicada tem por objetivo gerar conhecimento que permita solucionar problemas enfrentados pelos profissionais nas suas atividades. Apresenta, assim, um caráter prático e envolve geralmente temas de interesse mais locais. (DRESCH et al., 2015; SILVA; MENEZES, 2001).

Uma vez que a pesquisa tem como pressupostos a sistematização e a formalização para a geração de conhecimento, é necessário que seja conduzida por meio de procedimentos que sustentem esses pressupostos e que garantam a confiabilidade dos resultados a serem apresentados. (DRESCH et al., 2015). A metáfora do pêndulo de Newton, apresentada na Figura 15, é proposta por Dresch et al. (2015, p. 15) para “ilustrar as relações de dependência e a necessidade de alinhamento entre cada uma das etapas consideradas na condução de uma pesquisa científica”.

Figura 15 - Pêndulo representativo da condução de pesquisas científicas



Fonte: Dresch et al. (2015, p. 16).

Uma pesquisa se inicia com a definição das razões de sua realização, que podem ser, de acordo com Booth et al. (2008): i) o compartilhamento de uma nova e interessante informação; ii) a busca de respostas para uma questão importante; iii) a compreensão em profundidade de um fenômeno. No caso da presente pesquisa, a motivação principal é a busca de resposta para a questão formulada na seção 1.1, qual seja, **como considerar os impactos das reações dos atores e os cenários futuros sobre o resultado de uma opção estratégica?**

O passo seguinte é definir os objetivos da pesquisa, que estão intimamente relacionados com o tipo de ciência conforme a qual a pesquisa está sendo conduzida. Segundo Dresch et al. (2015), as ciências naturais, que incluem disciplinas como física, química e biologia, têm como propósito entender fenômenos complexos, descobrindo como eles ocorrem. Ainda segundo os autores, as ciências sociais, que englobam sociologia, política, economia, antropologia e história buscam “descrever, entender e refletir sobre o ser humano e suas ações”. (ROMME, 2003, apud DRESCH et al, 2015 p. 14). Isto posto, os objetivos das pesquisas nas ciências naturais e sociais podem ser: descrever, explorar, explicar ou, ainda, prever. Fica claro que nenhum dos dois tipos de ciência tem como propósito a busca de resposta para a solução de problemas, o que é um anseio comum a profissionais de gestão, engenharia, entre outros. As pesquisas que têm como objetivo projetar ou prescrever são as que seguem o paradigma da *Design Science* (DRESCH, 2013), cujo propósito é “projetar e

produzir sistemas que ainda não existem e modificar situações existentes para alcançar melhores resultados com foco na solução de problemas”. (DRESCH et al., 2015, p. 15).

Essa definição das motivações da *Design Science* alinha-se aos objetivos desta pesquisa, conforme ilustrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Adequação do propósito da *Design Science* aos Objetivos da Pesquisa

<b>Propósito da <i>Design Science</i> segundo Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015)</b>	<b>Problematização e Objetivo desta Pesquisa</b>
Projetar e produzir sistemas que ainda não existem...	Proposição de um método de avaliação de opções estratégicas de investimento...
... e modificar situações existentes...	... diferente dos métodos tradicionais hoje utilizados pelas empresas, tendo em vista suas limitações...
... para alcançar melhores resultados...	... a fim de proporcionar maior assertividade na escolha das opções estratégicas...
... com foco na solução de problemas	... que considere como as reações dos atores impactam no resultado da opção escolhida, bem como permita verificar a robustez da opção em diferentes cenários.

Fonte: Elaborado pela autora

Uma vez definido o objetivo da pesquisa, é preciso selecionar o método científico que orienta o estudo. Porém, segundo Saunders, Lewis e Thornhill (2009), antes de definir o método científico e o método de pesquisa, é importante que o pesquisador esteja consciente da filosofia que sustenta o trabalho. Segundo os autores, a filosofia de pesquisa adotada contém as premissas sobre a forma como o pesquisador vê o mundo, e seus pressupostos apoiam a seleção da estratégia e dos métodos a serem seguidos. Saunders, Lewis e Thornhill (2009) apresentam a ontologia e a epistemologia como as duas principais formas de discutir a filosofia de pesquisa. A ontologia trata da natureza da realidade, enquanto o objetivismo sustenta que a realidade independe dos atores sociais envolvidos; o subjetivismo sustenta que os fenômenos sociais são criados a partir das percepções e consequentes ações dos atores sociais envolvidos com a existência dos fenômenos. (SAUNDERS et al., 2009). A epistemologia, por sua vez, trata do que é considerado conhecimento válido em um determinado campo de estudo.

Complementarmente, os autores discutem também a axiologia, a saber, a relevância que o pesquisador atribui ao papel dos valores na discussão da filosofia de pesquisa. (SAUNDERS et al., 2009). A partir dessa discussão, apresentam um resumo, parcialmente reproduzido no Quadro 4, no qual comparam as quatro filosofias de pesquisa sugeridas: o

positivismo, o realismo, o interpretativismo e o pragmatismo. Quanto ao realismo, este ainda é subdividido em realismo direto e realismo crítico.

Quadro 4 - Comparação das Filosofias de Pesquisa

	<b>Positivismo</b>	<b>Realismo Direto</b>	<b>Realismo Crítico</b>	<b>Interpretativismo</b>	<b>Pragmatismo</b>
<b>Ontologia</b>	Externo, objetivo e independente dos atores sociais	Objetivo. Existe independente de pensamentos humanos e crenças ou conhecimento da existência dos fenômenos	Concorda com o realismo, mas admite que são interpretados a partir do condicionamento social	Socialmente construído, subjetivo, mutável, múltiplo	Externo, múltiplo. Visão é escolhida de acordo com a melhor forma de responder à questão de pesquisa
<b>Epistemologia</b>	Apenas fenômenos observáveis podem gerar dados confiáveis	Fenômenos observáveis fornecem dados confiáveis. Insuficiência de dados resulta de inacuracidade dos sentidos.	Fenômenos observáveis fornecem dados confiáveis. Mas criam sensações que são abertas à má interpretação.	Significados subjetivos motivam ações. Fenômenos sociais	Tanto fenômenos observáveis quanto significados subjetivos podem gerar conhecimento aceitável
<b>Axiologia</b>	Pesquisa é realizada em um ambiente “livre” de valores. Pesquisador é independente dos dados.	A pesquisa é sujeita a valores. O pesquisador é conduzido pela sua visão de mundo, suas experiências culturais e educacionais. Esses elementos impactam na pesquisa.		A pesquisa é carregada de valores. O pesquisador é parte do que está sendo pesquisado, não pode ser separado e, portanto, a pesquisa é transpassada pela subjetividade.	Valores têm papel relevante na interpretação dos resultados. O pesquisador adota tanto o ponto de vista objetivo como o subjetivo.

Fonte: Adaptado de Saunders et al. (2009, p. 119).

Segundo Saunders, Lewis e Thornhill (2009), a filosofia do Pragmatismo é seguida pelos pesquisadores que entendem que o mais importante é responder à questão de pesquisa e que não é necessário adotar uma posição única. Para esses pesquisadores, pode haver flexibilidade na ontologia, epistemologia e axiologia adotadas, de acordo com o que se busca responder na pesquisa. (SAUNDERS et al., 2009). Tal flexibilidade é explicitada no Quadro 4, que mostra que o pragmatismo admite múltiplas visões.

Esta pesquisa adota, como filosofia, o pragmatismo. Embora boa parte da pesquisa seja sustentada pelo realismo crítico, aceita-se que, para responder à questão de pesquisa, possa ser necessário, em alguns momentos, recorrer aos significados subjetivos que conduzem às ações. De maneira geral, entende-se que há uma realidade na qual o processo de avaliação de opções estratégicas está inserido, sendo que este pode ser estudado a partir de fenômenos observáveis, que devem ser interpretados à luz do contexto, a saber, da dinâmica do mercado oligopolista.

Do ponto de vista dos métodos científicos, Dresch (2013) discute que, enquanto nas ciências tradicionais – naturais e sociais – os métodos científicos normalmente utilizados são o indutivo, o dedutivo e o hipotético-dedutivo, nas pesquisas fundamentadas na *Design Science* se utiliza o método abduutivo. A abdução, segundo Dresch (2013, p. 91) é “um processo de criar hipóteses explicativas para determinado fenômeno/situação”, sendo, portanto, indicada quando se pretende entender uma situação, propor teorias para explicá-la e sugerir soluções para o problema em estudo. No entanto, Dresch (2013) complementa que, dependendo da etapa da pesquisa, outros métodos científicos podem ser utilizados.

Na presente pesquisa, o método abduutivo é utilizado para propor uma avaliação e seleção de opções estratégicas. Porém, salienta-se que também os métodos indutivos e dedutivos estão presentes. O método indutivo pressupõe que é possível ao pesquisador, a partir de observações e dados previamente coletados, inferir uma verdade geral. (MARCONI; LAKATOS, 2000). Os autores postulam que o processo indutivo ocorre em três fases, que são: a observação dos fenômenos, a descoberta da relação entre eles e a generalização dessa relação. Essa sequência de etapas pode ser igualmente encontrada no método sistêmico que subsidia a construção do modelo conceitual base do modelo de dinâmica de sistemas. No método sistêmico, a partir de uma lista de eventos observados, são desdobradas variáveis, para as quais são levantados padrões de comportamento. (ANDRADE et al., 2006). A partir desses padrões, é possível proceder uma análise de correlação que, segundo Andrade et al. (2006), é uma das formas de construção da estrutura sistêmica.

No método dedutivo, o pesquisador utiliza leis e teorias para explicar ou prever fenômenos. (CHALMERS 1993 apud DRESCH, 2013). Nesta pesquisa, as teorias microeconômicas, que descrevem, por exemplo, o comportamento do preço em função da relação entre oferta e demanda em ambientes oligopolistas, e a teoria dos jogos, que busca prever o comportamento de um *player* frente às opções de seus concorrentes, subsidiam a construção das relações do modelo de dinâmica de sistemas a ser desenvolvido.

Estabelecidos os métodos científicos, o próximo passo é definir o método de pesquisa mais adequado à condução da investigação. Este subsidia a elaboração do método de trabalho, sendo elemento essencial à execução da pesquisa. (DRESCH et al., 2015). Não há, no entanto, um consenso sobre uma classificação única para os métodos de pesquisa existentes. Nakano (2012) apresenta uma série de estudos publicados em periódicos e congressos nacionais e internacionais, com o intuito de identificar os métodos de pesquisa utilizados em trabalhos de engenharia de produção e gestão de operações. O estudo de caso e o levantamento do tipo *survey* aparecem na maioria dos estudos apresentados, porém outros métodos também são

identificados, como modelagem, simulação, estudo de campo e experimento. Há, ainda, trabalhos cujos métodos foram classificados como teórico-conceituais; estes incluem revisões de literatura e artigos conceituais. (NAKANO, 2012). Complementarmente, cita-se, também, a pesquisa-ação como um método de pesquisa aplicável às pesquisas na área de negócios. (DRESCH et al., 2015; MIGUEL, 2012; SAUNDERS et al., 2009).

Esses métodos de pesquisa, embora diferentes entre si, aplicam-se a estudos que têm como objetivos “explicar, descrever, explorar ou prever fenômenos e suas relações”. (DRESCH et al., 2015, p. 49). Os autores apresentam o método da *Design Science Research* como o mais adequado às pesquisas que têm como objetivo “projetar e construir artefatos, prescrever soluções, estudar, pesquisar e investigar o artificial e seu comportamento”. (DRESCH et al., 2015, p. 71). Com base nesses argumentos, a *Design Science Research* é o método de pesquisa que mais se adequa aos objetivos desta pesquisa, conforme abordado em maior profundidade na próxima seção.

### 3.2 MÉTODO DE PESQUISA: *DESIGN SCIENCE RESEARCH*

A *Design Science Research* é o método de pesquisa que sustenta os estudos realizados no paradigma da *Design Science*. (DRESCH et al., 2015). Segundo os autores, vários métodos têm sido propostos ao longo do tempo para sistematizar os passos a serem seguidos nos estudos fundamentados na *Design Science*. Bunge (1980), Takeda et al. (1990) e Eekels et al. (apud DRESCH et al., 2015) propõem métodos diferentes, mas que guardam semelhanças entre si. (DRESCH et al., 2015). De acordo com a comparação feita por Dresch et al. (2015), há unanimidade entre os autores quanto a três fases, a saber, a definição do problema, as sugestões de possíveis soluções e o desenvolvimento das soluções propostas. As demais etapas, revisão da literatura, avaliação das soluções propostas, decisão sobre a melhor solução, reflexão e aprendizagem e comunicação dos resultados, aparecem de maneira heterogênea nos métodos avaliados. (DRESCH et al., 2015).

Independentemente do método a ser seguido, Hevner et al. (2004) propõem sete diretrizes que devem ser observadas na condução de uma *Design Science Research*. Essas diretrizes, ilustradas no Quadro 5, baseiam-se no fato de que a *Design Science Research* é um processo de resolução de problemas, no qual o conhecimento, a compreensão e a solução de um problema de projeto são adquiridos na construção e aplicação de um artefato. (HEVNER



et al., 2004). Tais diretrizes, segundo os autores, devem ser seguidas para que a *Design Science Research* esteja completa.

Quadro 5 - Diretrizes para a condução de *Design Science Research*

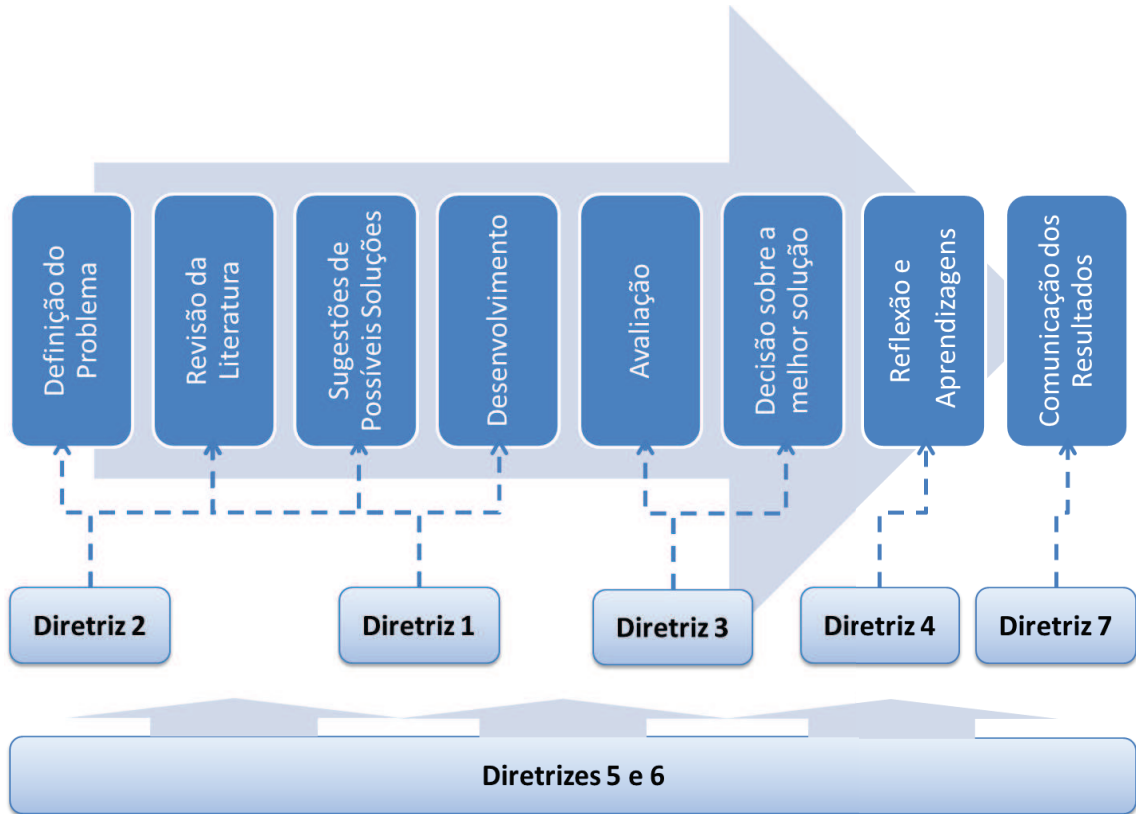
<b>Diretriz</b>	<b>Descrição</b>
Diretriz 1: <i>design</i> como um artefato de pesquisa	A <i>Design Science Research</i> deve produzir um artefato viável sob a forma de um construto, um modelo, um método ou uma instanciação.
Diretriz 2: Relevância do Problema	Diretriz 2: O objetivo da pesquisa em <i>Design Science</i> é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para importantes e relevantes problemas de negócios.
Diretriz 3: Avaliação do <i>Design</i>	A utilidade, a qualidade e a eficácia de um artefato devem ser rigorosamente demonstradas com o uso de métodos de avaliação bem executados
Diretriz 4: Contribuição da Pesquisa	Pesquisas fundamentadas na <i>Design Science</i> devem fornecer contribuições claras e verificáveis, seja pela criação do próprio artefato ou pela ampliação e melhoria dos fundamentos da <i>Design Science</i> e/ou das metodologias de <i>design</i> .
Diretriz 5: Rigor da Pesquisa	A <i>Design Science Research</i> baseia-se na aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação do artefato.
Diretriz 6: <i>Design</i> como um processo de pesquisa	A busca por um artefato eficaz requer a utilização dos meios disponíveis para alcançar os fins desejados, desde que sejam consideradas as leis que regem o ambiente em que o problema em estudo está inserido.
Diretriz 7: Comunicação da Pesquisa	Os resultados da <i>Design Science Research</i> devem ser adequadamente comunicados, tanto para o público mais orientado à tecnologia, quanto ao mais orientado à gestão.

Fonte: Hevner et al. (2004).

Comparando as diretrizes propostas por Hevner et al. (2004) e os principais elementos que compõem a *Design Science Research*, elencados por Dresch et al. (2015), é possível fazer algumas inferências, que estão ilustradas na Figura 16. As diretrizes 1 e 2 devem sustentar as etapas compreendidas entre a definição de problema, que deve ser relevante (Diretriz 2), e a sugestão e desenvolvimento das soluções, os artefatos (Diretriz 1). Por sua vez, a Diretriz 3 – avaliação – sustenta a etapa de mesmo nome, bem como a seleção da melhor solução. A etapa de reflexões e aprendizagens deve explicitar as contribuições da pesquisa – Diretriz 4 – enquanto a Diretriz 7 – comunicação da pesquisa – deve nortear a última etapa da *Design Science Research*, a saber, a comunicação dos resultados. Embora a Diretriz 5 – rigor da pesquisa – faça referência específica às atividades de desenvolvimento e avaliação dos artefatos, acredita-se que, juntamente com a Diretriz 6 – *design* como um processo de pesquisa – deve sustentar toda a realização da *Design Science Research*, desde os critérios que consideram um problema como relevante, passando pela revisão sistemática da literatura, pelas etapas de sugestão, de desenvolvimento, de avaliação e de escolha do artefato, pelo

processo de reflexão e de explicitação das aprendizagens, finalizando com a comunicação dos resultados.

Figura 16 - Relação entre as etapas do método e as diretrizes



Fonte: Elaborado pela autora com base em Dresch et al. (2015) e Hevner et al. (2004).

Após discutidas as etapas e diretrizes da *Design Science Research*, cabe aprofundar o conceito de artefato, uma vez que, segundo Hevner et al. (2004), é na construção e aplicação do artefato que se efetiva o conhecimento e que se compreende um problema de projeto e sua solução. Dresch et al. (2015) ampliam o debate quando abordam que a construção de um artefato contribui para o fortalecimento da base de conhecimento, uma vez que o pesquisador busca, por meio da revisão da literatura, identificar teorias e artefatos anteriormente desenvolvidos e encontrar lacunas que justificam a construção de novos artefatos. Os artefatos podem ser desenvolvidos sob a forma de um constructo, um modelo, um método ou uma instânciação. (HEVNER et al., 2004; DRESCH et al., 2015). Essa classificação foi originalmente proposta por March e Smith (1995 apud DRESCH et al., 2015), porém os autores trazem um quinto tipo de artefato, que são as regras tecnológicas ou *design propositions*.

Os constructos podem ser entendidos como conceitos que formam o vocabulário de um domínio; são utilizados para descrever os problemas e especificar as respectivas soluções. (MARCH; SMITH, 1995). Dresch et al. (2015) complementam que os constructos formam a linguagem especializada e o conhecimento compartilhado de uma disciplina ou subdisciplina, podendo variar em termos da formalidade. Como exemplos de constructos, apresentam a própria linguagem e os números.

Um modelo é, segundo March e Smith (1995), um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os construtos. Ainda de acordo com esses autores, um modelo é uma representação de como as coisas são. Essa definição está alinhada à proposta por Pidd (1998), que conceitua modelo como uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar aquela parte da realidade. Dresch et al. (2015) complementam que, para a *Design Science Research*, a preocupação não é necessariamente validar o modelo verificando sua aderência à realidade, mas verificar se ele é capaz de capturar os elementos essenciais da realidade representada, a fim de assegurar a sua utilidade.

Um método, por sua vez, é definido como um conjunto de passos, baseado em um conjunto de constructos, usado para executar uma tarefa. (MARCH; SMITH, 1995). Dresch et al. (2015) acrescentam que os métodos podem estar atrelados a modelos, sendo, muitas vezes, utilizados para converter um modelo ou representação em outro no curso da resolução de um problema ou na proposição de uma melhoria

Por fim, March e Smith (1995) consideram instanciações como a realização de um artefato no seu ambiente, demonstrando a viabilidade e a eficácia dos modelos e dos métodos que eles contêm. Dresch et al. (2015), por sua vez, adendam que as instanciações contemplam um conjunto de regras para a utilização de outros artefatos – constructos, modelos e métodos – em um ambiente real, levando em consideração o contexto econômico e cultural desse ambiente.

Quanto ao quinto tipo de artefato, as *design propositions*, são definidas por Van Aken (2004 apud DRESCH et al., 2015, p. 113) como “um *template* genérico que pode ser utilizado para o desenvolvimento de soluções para uma determinada classe de problemas”. Trata-se, portanto, de uma contribuição teórica da *Design Science Research* que pode ser aplicada em situações semelhantes. Van Aken e Romme (2009) detalham essa definição salientando que o termo “genérico” significa que uma *design proposition* não se trata de uma solução específica para um problema específico, mas sim para uma classe de problemas. No entanto, os autores salientam que a validade de uma *design proposition* se limita a certo domínio de aplicação,

podendo ser considerada uma *mid-range theory*. Mais genericamente, Van Aken e Romme (2009, p. 8) descrevem a lógica da *design proposition* da seguinte maneira: “se você quer obter Y em uma situação Z, então aplique a intervenção X”, onde Y é a solução para o problema ou situação em estudo, Z é o contexto em que a situação está inserida e X é a *design proposition*.

Apresentados os tipos de artefatos e seus conceitos, explicita-se que a presente pesquisa pretende construir os seguintes artefatos: um método de avaliação de opções estratégicas, que como etapas terá a construção de modelos, sendo um conceitual, na forma de uma estrutura sistêmica, e outro computacional, na forma de um modelo de dinâmica de sistemas, e a posterior avaliação do método no contexto empresarial foco de análise da pesquisa. A construção desses artefatos e das demais etapas desta pesquisa é descrita na próxima seção.

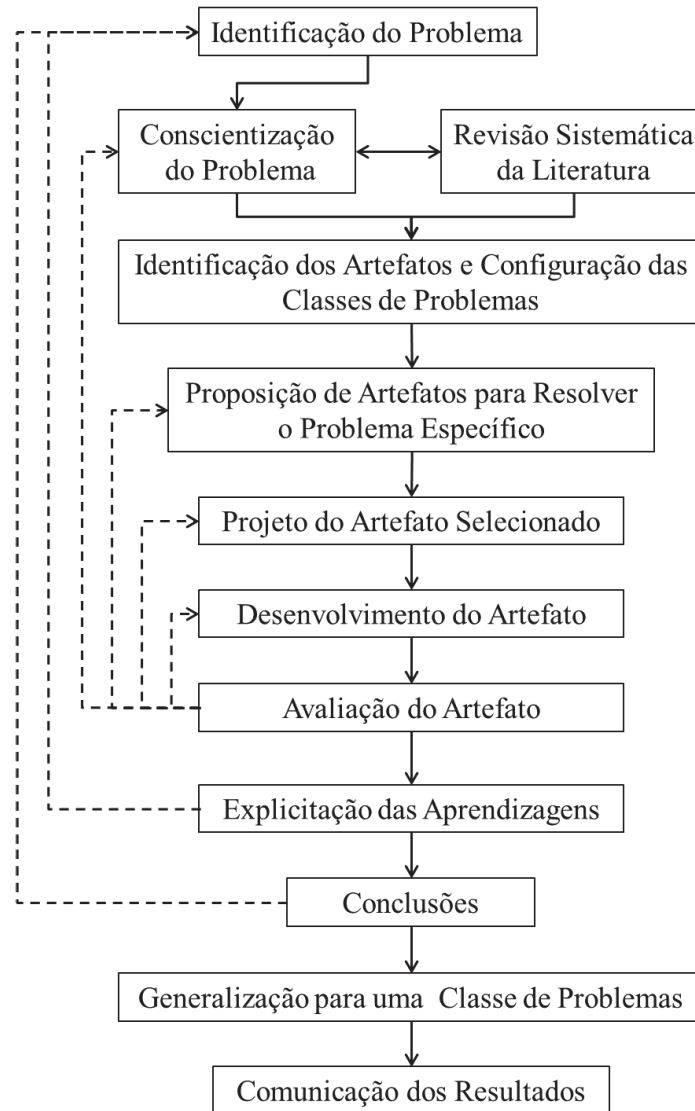
Antes, no entanto, cabe apresentar os passos do método de pesquisa que sustenta este trabalho. Conforme abordado, vários métodos foram anteriormente propostos para condução de *Design Science Research*. Na presente pesquisa, optou-se por utilizar o método proposto por Dresch et al (2015). O método desses autores considera os métodos anteriormente formulados e as diretrizes de Hevner et al. (2004), tratadas como critérios que servem para “apoiar a condução de uma pesquisa capaz de gerar resultados confiáveis e relevantes”. (DRESCH et al., 2015, p. 124).

A Figura 17 apresenta os 12 passos principais e as relações de dependência entre eles, representadas pelas setas contínuas; quanto às setas tracejadas, representam possíveis feedbacks. (DRESCH et al., 2015). A primeira etapa do método é a identificação do problema a ser estudado, que deve ser relevante, de acordo com a Diretriz 2 proposta por Hevner et al. (2004). Essa relevância deve ser justificada pelo pesquisador, segundo Dresch et al. (2015). A questão de pesquisa adequadamente formulada é o produto esperado dessa etapa. (DRESCH et al., 2015).

Definido o problema a ser estudado, as etapas seguintes se ocupam da conscientização desse problema. Trata-se de entender o contexto em que o problema está inserido, bem como seus diferentes aspectos e causas. (DRESCH et al., 2015). Os autores afirmam que, ao final dessa fase, espera-se que os requisitos para os artefatos que serão desenvolvidos estejam formalizados. Uma das abordagens que possibilita essa conscientização é a estrutura sistêmica (ROMME 2003 apud DRESCH et al., 2015) que, segundo Andrade et al. (2006), é um mapa que representa as relações existentes entre as variáveis, permitindo o entendimento dos padrões de comportamento e a identificação dos pontos de alavancagem.

A revisão sistemática da literatura subsidia o pesquisador tanto no que diz respeito às teorias das ciências tradicionais a serem consideradas na construção dos artefatos quanto na identificação de possíveis artefatos que tenham sido desenvolvidos para a classe de problemas em estudo. (DRESCH et al., 2015).

Figura 17 - Método para Condução da *Design Science Research*



Fonte: Dresch et al. (2015, p. 125).

A etapa seguinte, subsidiada pela revisão sistemática da literatura, permite ao pesquisador identificar os artefatos existentes e assegurar-se de que a sua pesquisa trará contribuições efetivas. (DRESCH et al., 2015). Esse passo possibilita também que o pesquisador seja “mais assertivo em suas proposições de desenvolvimento de novos artefatos” (DRESCH et al., 2015, p. 129), à medida que pode fazer uso “das boas práticas e lições

adquiridas e construídas por outros estudiosos” (DRESCH et al., 2015, p. 129) e identificar lacunas e críticas acerca dos artefatos desenvolvidos. É ainda nessa fase que o pesquisador deve configurar a classe de problemas a qual pertence a sua situação de estudo, uma vez que é esperado que a solução proposta não seja específica da situação estudada, mas que possa ser generalizável a uma classe de problemas. (DRESCH et al., 2015).

Formalizada a classe de problemas e concluída a identificação dos artefatos previamente desenvolvidos, o pesquisador passa, então, a propor os artefatos para a solução do problema em estudo. (DRESCH et al., 2015). Por se tratar de um processo criativo, é nessa fase que o método científico abduutivo se faz presente. (DRESCH et al., 2015).

Dentre os artefatos propostos, um deve ser selecionado e projetado. Projetar o artefato pressupõe que o pesquisador “descreva os procedimentos de construção e avaliação do artefato” (DRESCH et al., 2015, p. 131), bem como estabeleça o desempenho esperado. Esses passos, segundo os autores, são necessários para garantir o rigor da pesquisa, e estão de acordo com a diretriz 5 proposta por Hevner et al. (2004).

O próximo passo é o desenvolvimento do artefato, que pode se valer de uma série de abordagens como “algoritmos computacionais, representações gráficas, protótipos, maquetes, etc.” (DRESCH et al., 2015, p. 131). Como produto dessa etapa, espera-se a formalização das heurísticas de construção que, segundo Dresch (2013), são os requisitos necessários para o funcionamento adequado do ambiente interno do artefato, com vistas ao ambiente externo.

Na etapa de avaliação do artefato deve-se verificar se os requisitos definidos na conscientização foram atendidos pelo artefato desenvolvido. (DRESCH et al., 2015). Os autores salientam que, com exceção do artefato instanciação, que obrigatoriamente precisa ser avaliado em um ambiente real, a avaliação pode ocorrer tanto em um ambiente real como em um ambiente experimental. Caso os resultados encontrados não satisfaçam os requisitos, as causas de insucessos devem ser investigadas, e a pesquisa retomada a partir da etapa em que as falhas ocorreram. (DRESCH et al., 2015). Como saída dessa etapa, os autores apontam que devem ser explicitadas as heurísticas contingenciais, definidas por Dresch (2013) como os limites e o contexto em que o artefato pode ser utilizado de maneira válida.

Com a avaliação do artefato, passa-se a explicitar as aprendizagens obtidas ao longo da pesquisa, a fim de que ela possa servir como referência a estudos futuros. (DRESCH et al., 2015). É importante, segundo os autores, que o pesquisador relate também os pontos de insucesso com os quais se deparou no decorrer da pesquisa. Embora relevante, esse ponto raramente é realizado pelos pesquisadores, de modo que muitas lições não são compartilhadas com outros estudiosos. (LITTELL et al., 2008). À explicitação das aprendizagens segue-se a

formalização das conclusões da pesquisa, que deve incluir o relato das limitações encontradas. (DRESCH et al., 2015).

Como mencionado, o avanço do conhecimento em *Design Science* só ocorre se a aprendizagem gerada na pesquisa for generalizada a uma classe de problemas. (VAN AKEN, 2004). Sendo assim, ao final da pesquisa, espera-se que o artefato e suas heurísticas – tanto as de construção quanto as contingenciais – sejam generalizados à classe de problemas configurada na etapa de conscientização. (DRESCH et al., 2015). Segundo os autores, ao fazer essa generalização, o pesquisador lança mão do método indutivo. Por fim, os resultados devem ser comunicados, seja por meio de publicação em revistas especializadas, seja em congressos de interesse da área em estudo. (DRESCH et al., 2015).

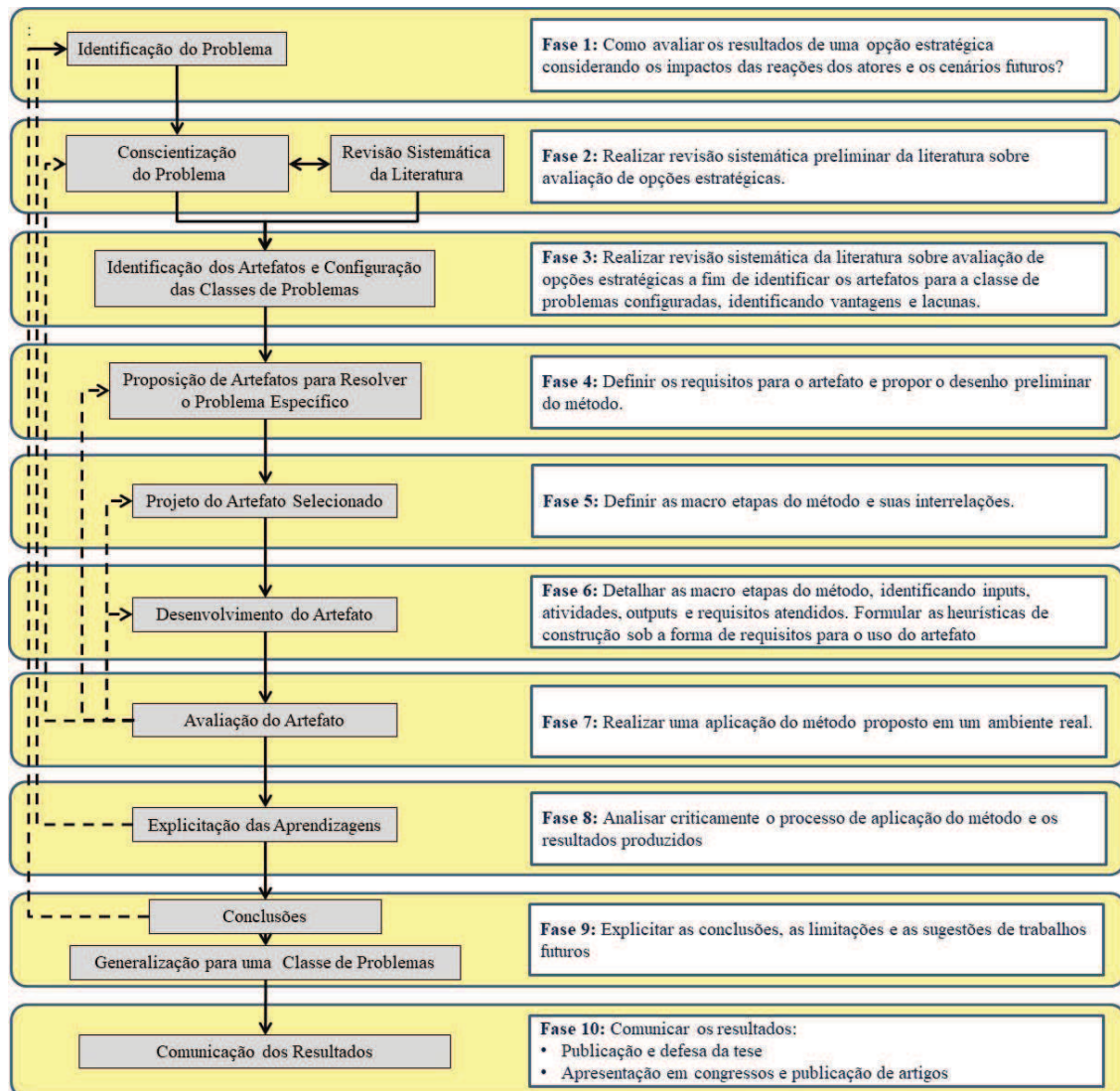
Findada a descrição do método de pesquisa, a próxima seção relata como cada uma dessas etapas será conduzida na presente pesquisa. Apresenta, ainda, as técnicas de coleta e análise de dados a serem empregadas.

### 3.3 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho consiste na sequência de passos a serem seguidos pelo pesquisador para atingir os objetivos propostos, que se desdobram, por sua vez, a partir do método de pesquisa selecionado. O método de trabalho deve conter a descrição das etapas e as técnicas de coleta e análise de dados, explicitando as razões que motivam tais escolhas. (DRESCH et al., 2015).

Uma vez definido o método de pesquisa, a saber, a *Design Science Research*, as etapas do método de trabalho são apresentadas. A Figura 18 ilustra uma visão geral do método de trabalho, vinculando cada uma das fases aos doze passos principais da DSR descritos anteriormente.

Figura 18 - Visão Geral do Método de Trabalho



Fonte: Elaborado pela autora

O método de trabalho é iniciado com a explicitação do problema de pesquisa. No caso desta tese, o problema advém da necessidade de um artefato que avalie opções estratégicas considerando o impacto das ações dos demais *players* e a incerteza dos cenários futuros. Uma vez identificado o problema, a Fase 2 tem como objetivo conscientizar sobre o problema. Para tanto, realiza-se uma revisão sistemática preliminar da literatura, cujos resultados subsidiam a justificativa da pesquisa apresentada na seção 1.3, bem como permitem identificar os tópicos aprofundados no referencial teórico.

Os conhecimentos obtidos na Fase 2 embasam a configuração das classes de problemas e a condução de uma segunda revisão sistemática da literatura, focada na identificação dos artefatos para avaliação de opções estratégicas existentes. Como produto dessa revisão, é possível identificar os artefatos anteriormente utilizados, suas vantagens e as



lacunas a serem sanadas pelo novo artefato a ser projetado. Essas atividades, descritas na seção 1.3, configuram a Fase 3 do método de trabalho.

A partir das vantagens, críticas e principalmente das lacunas das técnicas atualmente em uso, a Fase 4 consiste em definir os requisitos do artefato desenvolvido e em propor uma versão preliminar do artefato que atenda essas condições. A Fase 5 – Projeto do Artefato – trata de descrever as macroetapas do método proposto e suas interpelações, enquanto a Fase 6 – Desenvolvimento do Artefato – detalha cada uma dessas etapas, identificando *inputs*, atividades, *outputs* e requisitos atendidos. Ao final dessa fase, são definidas as heurísticas de construção, sob a forma de requisitos a serem considerados no uso do artefato, e explicitadas as condições e situações nas quais o artefato será útil – heurísticas contingenciais.

A Fase 7 do método de trabalho é a avaliação do artefato. Vários são os métodos propostos na literatura para avaliar um artefato gerado em uma *Design Science Research*. (HEVNER et al., 2004; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015). Embora as discussões sejam realizadas no campo de sistemas de informação, Dresch et al. (2015) indicam que os métodos podem ser utilizados para avaliar outros artefatos. Hevner et al. (2004) salientam que a escolha do método deve levar em conta o tipo de artefato e as métricas que se deseja avaliar. Essa visão é compartilhada por Prat, Comyn-Wattiau e Akoka (2015), que apresentam os métodos de avaliação sob as perspectivas de “o que” (métricas) e “como” (técnicas) avaliar um artefato. Dentre as diversas métricas apresentadas por Prat, Comyn-Wattiau e Akoka (2015), a Fase 7 do método pretende avaliar a viabilidade técnica e operacional, a facilidade de uso, a performance e a utilidade do método proposto. Para tanto, utiliza os métodos experimental, de teste funcional (*black box*) e de análise dinâmica a partir da aplicação do método proposto em um caso real com observação participante. (HEVNER et al., 2004; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015).

A análise crítica dos resultados dessa avaliação é explorada na Fase 8 do método de trabalho, a saber, explicitação das aprendizagens. A proposta final do artefato culmina com a incorporação de sugestões para melhoria do método. Na sequência, a Fase 9 explicita as conclusões obtidas com a pesquisa, bem como as limitações encontradas ao longo da execução e as sugestões de trabalhos futuros. A última fase do método consiste na comunicação dos resultados da pesquisa. Resultados parciais foram apresentados na conferência anual da *Production and Operation Management Society* (POMS) em 2016, enquanto os resultados finais são apresentados neste documento e, posteriormente, serão publicados em artigos de periódicos científicos.

Quadro 6 – Detalhamento dos Métodos de Avaliação do Artefato

<b>Método</b>	<b>Tipo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>O que avaliar?</b>
Experimental	Experimento Controlado	Estudar o artefato em um ambiente controlado para avaliação qualitativa	As etapas do método podem ser seguidas na ordem proposta?
			As etapas geram os produtos parciais indicados?
			Esses produtos servem de input para a etapa subsequente?
			Alguma etapa/atividade foi considerada desnecessária?
			Alguma etapa/atividade deveria ser incluída?
			O método permite produzir os resultados necessários para a realização das análises propostas?
			O método atende os requisitos identificados?
Teste	Teste Funcional (Black Box)	Executar as interfaces para descobrir falhas e identificar erros	Avaliar a funcionalidade da interface entre Excel e iThink
Analítica	Dinâmica	Estudar o artefato em uso para avaliar qualidades dinâmicas – performance, por exemplo	Avaliar a performance do modelo gerado em termos de tempo de simulação.

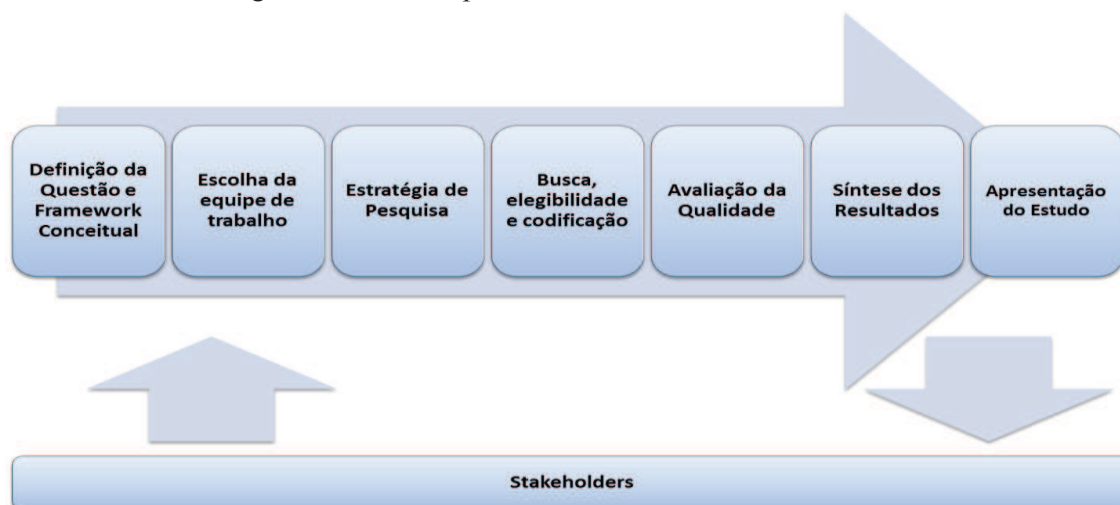
Fonte: Adaptado de Hevner et al. (2004).

Apresentado o método de trabalho e detalhadas as suas etapas, a próxima seção discute as técnicas de coleta de dados que serão aplicadas.

### 3.4 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados é a fase da pesquisa em que são aplicadas as técnicas que visam a operacionalizar as etapas definidas no método de trabalho. (DRESCH et al., 2015; LAKATOS; MARCONI, 2008). A primeira técnica de coleta de dados, que subsidia as fases 2 e 3 do método de trabalho, é a revisão sistemática da literatura. É conduzida conforme metodologia proposta por Morandi e Camargo (2015), como pode ser visualizado na Figura 19. Segundo esse método, as etapas que vão da definição da questão e do framework conceitual até a busca, elegibilidade e codificação, podem ser consideradas como técnicas de coleta de dados, enquanto a avaliação da qualidade e a síntese dos resultados são técnicas de análise de dados, discutidas na próxima seção.

Figura 19 - Método para Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Morandi e Camargo (2015, p. 146).

A revisão sistemática preliminar que sustenta a conscientização do problema é realizada de acordo com o protocolo apresentado no Apêndice A. Os resultados estão relatados na justificativa deste trabalho, na seção 1.3. A segunda revisão sistemática, realizada na fase 3, é conduzida para a configuração das classes de problemas e identificação dos artefatos. Os resultados dessa revisão, orientados pelo protocolo do Apêndice D, são apresentados e discutidos na seção 4.1.

A Fase 7 do método de trabalho – Avaliação do Artefato – é realizada com a aplicação do método proposto em um ambiente real. A aplicação, descrita no Capítulo 5 desta tese, é conduzida por um grupo que conta com a participação da pesquisadora. Sendo assim, a técnica de coleta de dados utilizada é a observação participante, o que está alinhado com o descrito por Prat, Comyn-Wattiau e Akoka (2015) em relação aos métodos de avaliação selecionados. Descritas as técnicas de coleta de dados utilizadas ao longo da pesquisa, a próxima seção aborda as técnicas de análise de dados previstas.

### 3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS

As técnicas de análise de dados permitem dar sentido às informações levantadas durante a etapa de coleta. (DRESCH et al., 2015). Esta seção apresenta e discute, pois, as técnicas de análise de dados utilizadas nesta pesquisa. Conforme detalhado na seção 3.4, que aborda as técnicas de coleta de dados, as etapas de avaliação da qualidade e de síntese dos resultados podem ser consideradas como técnicas de análise de dados dentro do processo de revisão sistemática de literatura. O processo de síntese pressupõe a combinação dos resultados

de maneira conectada, a fim de gerar um conhecimento que inexistia nos estudos primários, havendo uma série de técnicas qualitativas e quantitativas a serem utilizadas para esse fim. (MORANDI; CAMARGO, 2015).

A primeira revisão sistemática da literatura realizada nesta pesquisa objetiva conscientizar sobre o problema. Busca identificar as vantagens, as críticas e as lacunas dos métodos de avaliação de opções estratégicas, bem como verificar as heurísticas construtivas e contingenciais aplicáveis.

Quadro 7 - Técnicas de Síntese para Revisões Qualitativas

		Métodos								
		Meta Narrativa	Síntese Crítica Interpretativa	Meta Estudo	Meta Etnografia	Teoria Fundamentada	Síntese Temática	Síntese Narrativa Textual	Framework Síntese	Triangulação Ecológica
Dimensões	Epistemologia	Idealismo Subjetivo			Idealismo Objetivo		Realismo Crítico			Realismo Científico
	Tipo de questão	Explorar					Responder			
	Avaliação da Qualidade dos Estudos Primários	Processo menos claramente especificado; avaliação realizada menor a priori; foco maior na qualidade do conteúdo do que do método					Processo altamente especificado, com critérios bem definidos			Método adaptado de pesquisas quantitativas. Exclui estudos de baixa qualidade
		Avaliação da validade e robustez do método; tamanho da amostra e validade das conclusões	Foco maior no conteúdo do que no método		Avalia a relevância dos estudos	Avaliação do contexto, qualidade e utilidade				
	Similaridade dos Estudos Primários	Heterogêneos	Heterogêneos	Heterogêneos	Homogêneos	Homogêneos	Heterogêneos	Heterogêneos	Heterogêneos	Não está claro
	Extensão da Iteração	Em todas as etapas	Durante o processo de busca – não está claro se ocorre nos demais processos	Durante a coleta de dados	Durante o processo de síntese		Durante os processos de codificação e de síntese	Não está claro	Durante o processo de busca	Não está claro
Produto	Mais complexo, requerendo posterior interpretação para sua aplicação.					Diretamente aplicável na elaboração de políticas e design de intervenções				

Fonte: Morandi e Camargo (2015, p. 164 e 165)

Segundo os autores, a síntese temática apresenta as seguintes características: i) tem como base epistemológica o realismo crítico; ii) é adequada para revisões sistemáticas que tenham como objetivo responder quais são as técnicas de avaliação de opções estratégicas atualmente utilizadas, suas vantagens, desvantagens e lacunas; iii) deve ser utilizada para síntese de estudos primários heterogêneos, o que tem se mostrado a realidade até o presente momento; iv) a iteração ocorre durante o processo de codificação e síntese; e, v) é aplicável no *design* de intervenções, o que está totalmente alinhado com esta pesquisa.

Para identificar as heurísticas construtivas e contingências, utiliza-se a triangulação ecológica, que é um método sugerido por Morandi e Camargo (2015) para revisões sistemáticas que procuram responder “que tipo de artefato provoca que resultado para que tipo de problema sob que heurísticas”. (MORANDI; CAMARGO, 2015, p. 168). Para a segunda revisão sistemática da literatura seleciona-se a técnica de *framework* síntese. Essa técnica busca, com base em um quadro referencial construído a priori, extrair, organizar e analisar os dados encontrados. (MORANDI; CAMARGO, 2015). Segundo os autores, os resultados podem ser expressos graficamente. No caso desta pesquisa, são organizados em uma tabela de ocorrência.

Na avaliação do método proposto, são realizadas análises com base em dados gerados pelo modelo. Dada a característica estocástica do modelo construído, são feitas replicações para a geração dos resultados. Posteriormente, esses dados são tratados em planilhas Excel para o cálculo das estatísticas descritivas (média, desvio padrão e intervalo de confiança). Por fim, quando aplicável, técnicas de análise multivariada são utilizadas para a análise dos resultados produzidos.

A análise multivariada contempla, segundo Hair et al. (2005), um conjunto de técnicas em permanente expansão. A escolha da técnica a ser utilizada depende, de acordo com os autores, da natureza dos dados e do objetivo da pesquisa. Neste estudo, o objetivo é comparar séries de dados (por exemplo, fluxos de caixa gerados em diferentes experimentos). Para tanto, a técnica selecionada é a análise de variância (ANOVA), que permite avaliar se existe ou não diferença entre as médias de duas séries de dados. (HAIR et al., 2005). Os pressupostos de normalidade e homogeneidade que sustentam o uso da ANOVA são testados utilizando, respectivamente, os testes de Shapiro Wilk e Levine. (HAIR et al., 2005). Descritos os procedimentos metodológicos utilizados, o próximo capítulo dedica-se a descrever o processo de construção do artefato.

## 4 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO ARTEFATO

Este capítulo descreve o processo de construção do artefato proposto para a avaliação sistêmica e dinâmica das opções estratégicas da empresa. A primeira seção inicia configurando as classes de problema e apresentando os artefatos existentes na literatura para a classe de problemas em estudo. Na sequência, busca explicitar as vantagens dos artefatos e as lacunas detectadas, itens que subsidiam a proposição dos requisitos e do próprio artefato. A segunda parte discute os requisitos que suportam a proposição do artefato e apresenta uma proposição preliminar para o artefato, a fim de atender ao objetivo proposto nesta pesquisa. A terceira seção detalha o processo de construção do artefato, ou seja, o projeto do artefato, e é seguida pela seção que apresenta os argumentos que o classificam como solução satisfatória ao preenchimento das lacunas encontradas nos artefatos previamente estudados. Por fim, a quinta e última seção apresenta os condicionantes externos e internos para a adequada aplicação do artefato proposto.

### 4.1 CLASSE DE PROBLEMA

A conscientização do problema, descrita como a primeira etapa do método de trabalho, pressupõe, dentre outras técnicas de coleta de dados, a realização de uma revisão sistemática da literatura a fim de identificar os artefatos disponíveis e caracterizar a classe de problemas em estudo. (DRESCH, 2013). O estudo dos artefatos desenvolvidos permite ao pesquisador aproveitar as contribuições propostas e identificar lacunas a serem preenchidas pelo novo artefato, aumentando as chances de contribuição efetiva da pesquisa. (DRESCH et al., 2015). Para que a identificação de artefatos seja assertiva, é importante que a classe de problemas esteja bem caracterizada. Uma classe de problemas é definida como “a organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos, que [contêm] artefatos úteis para a ação nas organizações”. (DRESCH, 2013, p. 143). Assim, a presente seção propõe-se a: i) caracterizar a classe de problemas na qual a pesquisa se insere; ii) apresentar os artefatos localizados na revisão sistemática da literatura; iii) discutir as contribuições e as lacunas desses artefatos.

Esta pesquisa objetiva propor um método que permita avaliar opções estratégicas de investimento de maneira sistêmica e dinâmica, ou seja, considerando os impactos dessas opções no tempo e no espaço. Cabe salientar que a proposta considera algumas heurísticas contingenciais que delimitam seu campo de aplicação, a saber: i) decisões de caráter

estratégico; ii) decisões estratégicas em organizações que operam em setores caracterizados como oligopólios, nos quais as decisões de um *player* impactam consideravelmente a dinâmica do mercado como um todo; iii) decisões em ambientes de incerteza, cujo futuro a ser enfrentado pela organização não é claro.

O processo de tomada de decisão consiste na seleção de uma ação dentre um rol de opções, a partir da avaliação de suas consequências. (KING, 1975). O orçamento de capital (*Capital Budgeting Process*) é um processo de decisão específico, que envolve o compromisso a longo prazo de recursos escassos da empresa em investimentos de capital. (FABOZZI; DRAKE, 2009). Esse processo engloba a pré-seleção de projetos, o estabelecimento de limitação de capital, as técnicas de avaliação de projeto e de análise de riscos, a definição de custo de capital da empresa a ser considerado e a designação de autoridade para pré-seleção, avaliação e seleção de projetos. (MUKHERJEE; HENDERSON, 1987).

Assim, elege-se o subprocesso de avaliação e seleção de projetos, parte do processo de orçamento de capital que engloba as atividades de avaliação de projeto e de análise de riscos, como a classe de problemas em que esta pesquisa se insere. De acordo com a delimitação apresentada na seção 1.4, não se pretende discutir a formulação da estratégia da empresa nem o processo utilizado para definir o conjunto de opções estratégicas a serem analisadas. Também não são abordados os critérios adotados para definir o custo de capital ou possíveis limitações de nível de endividamento da empresa. Por fim, também não faz parte do escopo desta pesquisa discutir as designações de autoridade para seleção, avaliação e aprovação de projetos de investimento de opções estratégicas. Foca-se, portanto, nas etapas de avaliação de projeto e análise de risco, passos que subsidiam a seleção das opções estratégicas. A fim de apoiar a proposição do artefato, realiza-se uma revisão sistemática da literatura, seguindo o método proposto por Morandi e Camargo (2015), para identificar os métodos e técnicas que existem e que podem suportar essas duas atividades. A seguir, essa sistemática é descrita.

O tema em questão apresenta vasta literatura disponível. Uma busca inicial, sem qualquer delimitação, na base EBSCO HOST para o termo "*Capital Budgeting Process*", retornou mais de 100.000 publicações. Na pesquisa com o termo exato, ainda sem qualquer delimitação, restaram 1.454 publicações. No entanto, na leitura dos primeiros títulos, foram identificados outros dois termos a ele associados: "*Capital Budgeting Techniques*" e "*Capital Budgeting Methods*". Uma terceira busca com os três termos ["*Capital Budgeting Process*" OR "*Capital Budgeting Techniques*" OR "*Capital Budgeting Methods*"] retornou 2.889 publicações.



A fim de tornar a busca mais efetiva, optou-se por limitá-la a *surveys* e revisões sistemáticas. Para tanto, foram inseridos termos de busca combinados: [“*Capital Budgeting Process*” OR “*Capital Budgeting Techniques*” OR “*Capital Budgeting Methods*”] AND [“*Survey*” OR “*Systematic Review*”]. Em um primeiro momento, não houve limitação de datas ou de índices, porém o retorno permaneceu elevado – 1.456 publicações. Decidiu-se, então, restringir os índices de busca dos termos [“*Capital Budgeting Process*” OR “*Capital Budgeting Techniques*” OR “*Capital Budgeting Methods*”] aos títulos, e dos termos [“*Survey*” OR “*Systematic Review*”] aos *abstracts*. Essa busca mais focada retornou 317 publicações e, após a eliminação dos títulos em duplicidade, restaram 174 publicações. A Tabela 5 apresenta os resultados das buscas para a classe de problemas.

Tabela 5 – Resultado da Revisão Sistemática Literatura para Classe de Problema

<b>Termo de Busca</b>	<b>Delimitações</b>	<b>Número de Publicações</b>
<i>Capital Budgeting Process</i>	Nenhuma	101.506
“ <i>Capital Budgeting Process</i> ”	Nenhuma	1.454
“ <i>Capital Budgeting Process</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Techniques</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Methods</i> ”	Nenhuma	2.889
[“ <i>Capital Budgeting Process</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Techniques</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Methods</i> ”] AND [“ <i>Survey</i> ” OR “ <i>Systematic Review</i> ”]	Nenhuma	1456
[“ <i>Capital Budgeting Process</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Techniques</i> ” OR “ <i>Capital Budgeting Methods</i> ”] AND [“ <i>Survey</i> ” OR “ <i>Systematic Review</i> ”]	Título / <i>Abstracts</i>	317

Fonte: Elaborado pela autora

Durante a leitura dos títulos, foram identificadas mais 9 publicações duplicadas, de modo que restaram 165 publicações. No processo de obtenção dos textos para a leitura, 6 títulos foram descartados devido ao idioma da publicação (turco, vietnamita e chinês), outros 5 foram desconsiderados por se tratarem de resenhas de livros e, finalmente, 43 publicações foram excluídas porque não foi possível obter os textos completos. As 111 publicações restantes foram lidas na íntegra. Após a leitura, verificou-se que 36 publicações não apresentavam artefatos para a análise de projetos ou avaliação de riscos. Dessa forma, ao final, 75 publicações constituíram a base para o levantamento dos artefatos existentes.

A fim de proceder a análise desses documentos, classificou-se as publicações por relevância, de acordo com o critério da base de dados, e procedeu-se a leitura na ordem proposta. Seguindo a classificação de Pike (1988), os artefatos encontrados foram segregados em: técnicas de avaliação de projetos, técnicas de análise de riscos e técnicas de *Management Science*. O Apêndice E apresenta os resultados dessa revisão em formato tabular, conforme sugerido para a estratégia *framework* síntese, a técnica de análise de dados selecionada.

Para avaliação de projetos foram localizadas 17 técnicas, sendo 13 classificadas como técnicas financeiras e 4 como não financeiras. Dentre as técnicas financeiras, as de maior incidência foram o Valor Presente Líquido (VPL ou NPV), com 45 ocorrências, a Taxa Interna de Retorno (TIR ou IRR), com 32 ocorrências e o Tempo de Retorno Simples, com 30 ocorrências. Além destas, destacam-se as taxas ou índices de rentabilidade, com 22 ocorrências, e o fluxo de caixa descontado, com 15 ocorrências. Esses 15 artigos, no entanto, não mencionam as técnicas associadas ao fluxo de caixa que foram utilizadas. As demais técnicas identificadas foram: índice de lucratividade, opções reais, tempo de retorno descontado, taxa interna de retorno modificada, múltiplo de lucros, valor econômico agregado, valor presente ajustado e valor presente líquido ajustado com opções reais.

Todas essas técnicas têm como pressuposto a disponibilidade do fluxo de caixa projetado para o projeto e a qualidade do fluxo de caixa como crítica para a assertividade da avaliação. (AGGARWAL, 1980; BLOCK, 2009; CHEN, 2008; DANIELSON; SCOTT, 2006; FABOZZI; DRAKE, 2009; KERŠYTĖ 2011). O principal problema reside na impossibilidade de projetar de maneira precisa informações como demanda, preços e custos, elementos que são fundamentais para a qualidade do fluxo de caixa descontado. Assim, quanto maior é o nível de incerteza a que está sujeito o projeto, maior é o risco de erro na projeção do fluxo de caixa. (CHEN, 2008; COTTER; MARCUM; MARTIN, 2003; DANIELSON; SCOTT, 2006; KARANOVIC; BARESA; BOGDAN, 2010).

A teoria das opções reais, apontada em 5 publicações (ANDRÉS et al., 2012; ANUAR, 2005; ARMSTRONG, 2015; COTTER et al., 2003; LIMA et al., 2013), tem sido indicada como alternativa para lidar com as incertezas. (GUNTHER; MACMILLAN, 2000). A partir da avaliação de suas opções – postergar, desistir, ampliar ou reduzir – é possível considerar os benefícios e os custos de exercer cada opção, bem como os impactos de cada decisão sobre o fluxo de caixa do projeto. (ANUAR, 2005). Embora elimine a dicotomia simplista entre aceitar ou rejeitar um projeto, o uso das opções reais apresenta, ainda, as mesmas dificuldades de estimar as informações necessárias para o desenvolvimento do fluxo de caixa do projeto. (GUNTHER; MACMILLAN, 2000).

As técnicas não financeiras foram citadas em 8 publicações. A maior ocorrência, 5 publicações, foi dos métodos de análise multicriterial, com destaque para o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). (CHAN, 2004; DOLORES GUERRERO-BAENA et al., 2013; KORHONEN et al., 2004; KWAK et al., 1996; LANSER, 1977; PINON, 2010) Ainda foram citadas a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e a elaboração de planos de negócios. (DANIELSON; SCOTT, 2006). Uma publicação discutiu a importância de considerar avaliações subjetivas, porém sem apresentar nenhuma técnica específica. (MILLS, 1988). Embora não seja o objetivo desta pesquisa, entende-se que não há impedimento para a complementação das análises por métodos subjetivos. Por exemplo, a saída da avaliação sistêmica e dinâmica poderia configurar-se como um dos critérios a ser considerado.

As incertezas inerentes aos projetos configuram-se em riscos, e considerá-los no processo de avaliação e seleção de projetos é fundamental. Na revisão sistemática realizada, foram identificadas 11 diferentes formas de como as empresas consideram o impacto dos riscos nos projetos, sendo que 9 delas podem ser agrupadas em três categorias. A primeira categoria considera a incerteza como sendo de natureza aleatória. As publicações enquadradas nessa categoria sugerem o uso de funções de probabilidade (14 publicações), simulação de Monte Carlo (6 publicações) ou *fuzzy numbers* (2 publicações) para representar a variabilidade de dados que compõem o fluxo de caixa, como preço, demanda ou custos. Na segunda categoria estão incluídas as técnicas de análise de sensibilidade à variação das informações-chave (11 ocorrências), a árvore de decisão (7 ocorrências) e a análise de cenários (7 ocorrências). Nesse caso, o conceito é que existe a possibilidade de antever futuros alternativos para o projeto e de avaliar cada um deles. A decisão de qual grupo utilizar depende do nível de incerteza do ambiente em que o projeto está inserido. (WALKER et al., 2013). Uma discussão mais aprofundada sobre os níveis de incerteza e os artefatos mais adequados a cada nível é apresentada na seção 4.4 deste capítulo.

A terceira e última categoria engloba a redução do tempo de retorno requerido (7 publicações), o aumento da taxa de retorno requerida (7 publicações) e o aumento da taxa de desconto a ser utilizada nas análises financeiras (6 publicações) Trata-se de maneiras relativamente simples de considerar o risco inerente aos projetos. No entanto, com exceção da determinação da taxa de desconto, as publicações citadas não discutem os critérios de definição das diferentes modalidades. Além das técnicas já citadas, ainda são mencionadas, em duas publicações, a análise beta, muito utilizada para avaliar riscos no mercado financeiro, e a avaliação subjetiva, trazida em uma publicação.

Quanto às técnicas de *Management Science* utilizadas no processo de orçamento de capital, foram citadas 13 técnicas. Com exceção do custo ABC (1 publicação) e da análise do caminho crítico (4 publicações), as demais podem ser agrupadas em duas categorias que se complementam: modelagem e teoria da decisão. Na categoria de modelagem constam os modelos de suporte à tomada de decisão (2 publicações), simulação por eventos discretos ou por planilhas de Excel (11 publicações), a modelagem *What-if* (2 publicações) e a programação matemática (11 publicações). A modelagem de dinâmica de sistemas, que permite a avaliação do comportamento de um sistema ao longo do tempo, não foi citada em nenhuma das publicações. Quanto à teoria da decisão, foi citada nominalmente em 5 publicações; a teoria dos jogos apareceu em 2 publicações; e a estatística bayseana foi citada em 1 publicação.

O Quadro 8 apresenta uma compilação dos achados da revisão sistemática da literatura. O quadro apresenta as técnicas encontradas, o número de ocorrências, as vantagens identificadas e as lacunas percebidas, em alinhamento com os objetivos desta pesquisa.

Um processo de decisão estratégica se caracteriza pela novidade, complexidade e múltiplas possibilidades de encaminhamento. (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976). Trata-se de um processo não estático, de modo que reconhecer os fatores dinâmicos que estão presentes é fundamental para que uma decisão final possa ser tomada. (MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976). No início, há pouca compreensão, e é necessária uma abordagem multifuncional e um contínuo monitoramento da qualidade da informação, que pode e deve ser melhorada ao longo do tempo. (KERŠYTĖ, 2011; MINTZBERG; RAISINGHANI; THÉORÊT, 1976). Assim, retoma-se o objetivo desta pesquisa, que é a proposição de um método que permita avaliar opções estratégicas de investimento de maneira sistêmica e dinâmica, ou seja, considerando os impactos dessas opções no tempo e no espaço. Não obstante, várias das ferramentas utilizadas têm potencial para serem inseridas no método a ser proposto. Iniciando pelas técnicas de avaliação de projetos, o cálculo do valor presente líquido é uma medida adequada para o resultado do projeto. No entanto, a forma de elaborar o fluxo de caixa carece de uma abordagem que considere o caráter sistêmico e dinâmico.

Quadro 8 – Síntese dos Artefatos para a Classe de Problemas

(Continua)

Área	Categoria	Técnica	Ocorrências	Vantagens	Lacunas
Técnicas de Análise de Projetos	Financeiras	Fluxo de Caixa Descontado	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de uso</li> <li>• Facilidade de entendimento</li> <li>• Considera o valor do dinheiro no tempo</li> <li>• Riscos do negócio podem ser considerados na definição da taxa de retorno e dos parâmetros de aceitação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em estimar as informações para elaboração do fluxo de caixa</li> <li>• Não considera possíveis flexibilidades existentes no projeto</li> </ul>
		<i>Payback</i> descontado	9		
		Taxa Interna de Retorno (TIR ou IRR)	32		
		Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM ou MIRR)	4		
		Valor Presente Ajustado (APV)	2		
		Valor Presente Líquido (NPV)	45		
		Índice de Lucratividade	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de uso</li> <li>• Facilidade de entendimento</li> <li>• Riscos do negócio podem ser considerados na definição dos parâmetros de aceitação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em estimar as informações para elaboração do fluxo de caixa</li> <li>• Não considera o valor do dinheiro no tempo</li> <li>• Não considera possíveis flexibilidades existentes para o projeto</li> </ul>
		Múltiplo de Lucros	1		
		<i>Payback</i> simples	30		
		Taxa de Retorno ou Índices de Rentabilidade (AAR, ARR, ROA, ROE, ROI)	22		
		Valor econômico agregado (EVA)	4		
		Opções Reais	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera o valor das opções existentes para o projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em estimar as informações para elaboração do fluxo de caixa</li> </ul>
		Valor Presente Líquido (NPV) ajustado com Opções Reais	2		
	Não Financeiras	Análise Multicriterial (MCDM)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São complementares às técnicas financeiras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não identificadas</li> </ul>
		Análise subjetiva	1		
		GUT	1		
		Plano de Negócio	1		

(Continuação)

Área	Categoria	Técnica	Ocorrências	Vantagens	Lacunas
Técnicas de Avaliação de Riscos	Aleatoriedade	Funções de Probabilidade Fuzzy Numbers Simulação de Monte Carlo	14 2 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera a aleatoriedade existente em variáveis chave do fluxo de caixa e seu respectivo impacto no resultado do projeto</li> <li>• Permite a definição de um intervalo de confiança no qual o resultado do projeto deverá estar situado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não considera o caráter sistêmico e dinâmico do projeto, ou seja, que as variações dos valores ao longo do tempo podem não ser simples aleatoriedades, mas sim explicáveis pelas relações sistêmicas presentes</li> </ul>
	Futuros Alternativos	Análise com diferentes premissas (pessimista/otimista) Análise de Cenários Análise de Sensibilidade Árvore de Decisão	1 6 11 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhece que o futuro é incerto e que o resultado do projeto é influenciado por estas incertezas.</li> <li>• Permite avaliar a robustez de um projeto, ou seja, se ele segue sendo viável em diferentes cenários</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É preciso conhecer o nível de incerteza do contexto no qual o projeto está inserido para selecionar as técnicas mais adequadas</li> </ul>
	Análise Financeira	Aumento da Taxa de Desconto Aumento da Taxa de Retorno Requerido Redução do <i>Payback</i> Requerido	6 7 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de uso</li> <li>• Facilidade de entendimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldades atreladas à projeção do FCD</li> </ul>
	Outras	Análise Beta Avaliação Subjetiva	2 3		

(Conclusão)

Área	Categoria	Técnica	Ocorrências	Vantagens	Lacunas
Técnicas de Management Science	Modelagem	Modelo de Suporte a Decisão Programação Matemática Programação Linear Programação Não Linear Simulação Simulação por Eventos Discretos Simulação em Planilhas <i>What-if Modelling</i>	2 3 6 2 10 0 1 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite calcular os efeitos dos riscos sobre os resultados dos projetos</li> <li>• Permite avaliar diferentes pressupostos</li> <li>• Permite simular as decisões dos diversos agentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A modelagem de dinâmica de sistemas não foi citada</li> </ul>
	Teoria de Decisão	Estatística Baysiana Teoria de Decisão Teoria dos Jogos	1 5 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornece as bases para simular as decisões dos diversos agentes</li> <li>• Em especial a teoria dos jogos é especialmente aplicável em ambientes que operam em regime de oligopólio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de cálculo matemático</li> </ul>
	Outras	ABC Costs Análise do Caminho Crítico	1 4	Não identificadas	Não identificadas

Fonte: Elaborado pela autora

Complementarmente, as opções reais são importantes para considerar as flexibilidades existentes em cada projeto. Para avaliação de risco, entende-se que algumas variáveis são de natureza aleatória, e que o uso de funções de probabilidade e da simulação de Monte Carlo é uma alternativa viável.

No entanto, é importante entender que existem variáveis cujo comportamento futuro pode e deve ser explicado por relações sistêmicas e não somente pela aleatoriedade, como é o caso do preço. Também as incertezas das variáveis exógenas devem ser consideradas. Nesse sentido, a análise de cenários é uma forma que considera o nível de incerteza do ambiente em que o projeto está inserido. Por fim, em termos de técnicas de *Management Science*, a modelagem é fundamental para a simulação do resultado do projeto; porém, dado o caráter sistêmico e dinâmico que se pretende representar, a modelagem de dinâmica de sistemas é a ferramenta mais adequada.

#### 4.2 REQUISITOS DO ARTEFATO

O artefato desenvolvido nesta pesquisa pode ser classificado como um método para criação de um modelo de suporte à tomada de decisão. Como principal requisito, deve auxiliar os usuários a responderem qual opção estratégica trará maior retorno à organização. Resumidamente, pode-se dizer que as avaliações são realizadas de maneira estática e fragmentada, não considerando os impactos das decisões sobre o ambiente futuro nem a possibilidade de interação entre as diversas opções do portfólio de uma organização. Assim, identifica-se a necessidade de propor um artefato capaz de suprir essas lacunas, ou seja, de permitir a avaliação sistêmica e dinâmica das opções estratégicas da empresa.

Entende-se por avaliação de opções estratégicas a capacidade de quantificar o impacto do exercício ou do não exercício de uma opção estratégica no resultado da empresa. Dessa forma, o artefato deve ser capaz de avaliar os diferentes resultados obtidos com ou sem o exercício da opção estratégica, nos diferentes cenários. No entanto, essa avaliação deve ser feita de maneira sistêmica e dinâmica.

Por sistêmico entende-se a capacidade de representar as relações entre os diversos elementos do sistema. Como exemplo de relação sistêmica, pode-se citar a influência do *gap* entre oferta e demanda sobre a variação de preço. O *gap* entre oferta e demanda e a consequente evolução do preço influenciam de modo positivo a probabilidade de uma empresa exercer uma opção estratégica de expansão e capacidade produtiva. Quando uma



organização exerce uma opção estratégica de expansão, após algum tempo aumenta a oferta e, conseqüentemente, há redução do *gap* entre oferta e preço, diminuindo, assim, a probabilidade de outro *player* também exercer a opção estratégica de expansão. Assim, o artefato deve representar o comportamento das variáveis do sistema a partir das relações sistêmicas.

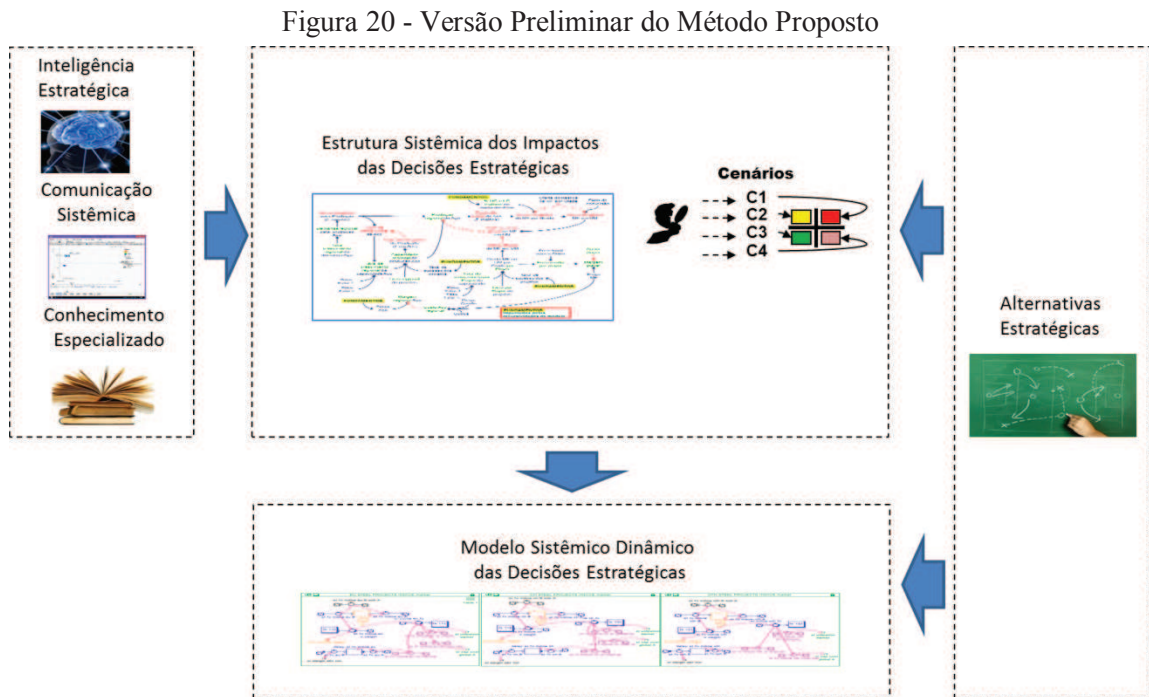
Essas relações sistêmicas possibilitam que as variáveis necessárias ao desenvolvimento do fluxo de caixa sejam projetadas a partir do comportamento do sistema em vez de serem estimadas com base em previsões ou projeções. Mais amplamente, entende-se que uma empresa pode ter mais de uma opção estratégica e que pode haver um efeito sinérgico entre elas. O exercício combinado de mais de uma opção estratégica tem resultado diferente da mera soma dos resultados individuais. A possibilidade de avaliar simultaneamente mais de uma opção estratégica é mais um requisito do artefato.

Considerando o ambiente de incerteza no qual as opções estratégicas se inserem, os resultados dessas opções devem ser avaliados em diferentes cenários. Eventualmente, pode não existir uma opção estratégica que apresente resultados superiores às demais em todos os cenários. O artefato deve, então, apresentar os resultados de maneira a suportar a decisão dos responsáveis pela estratégia da empresa. Nesse sentido, como requisitos, o artefato deve ser capaz de avaliar o resultado em diferentes cenários, permitindo identificar: i) a robustez das opções frente aos cenários; ii) os resultados de cada opção para um dado cenário; iii) os resultados, nos diversos cenários, de uma dada opção estratégica.

Quanto ao caráter dinâmico da avaliação, significa que, para além da relação sistêmica entre duas ou mais variáveis em um dado momento, há também uma relação sistêmica temporal, de modo que as conseqüências de uma decisão podem somente ser percebidas no sistema após certo *delay* de tempo. Ter a capacidade de representar esses *delays* entre causa e efeito é mais um requisito do artefato a ser construído. Essa capacidade é tipicamente fornecida por modelos de dinâmica de sistemas.

Apresentados os principais requisitos de conteúdo, discute-se, a seguir, os requisitos de forma. Estima-se que o volume de informações necessário para realizar a avaliação das opções estratégicas seja elevado. É desejável que o artefato seja usual para os usuários permitindo o pré-processamento e a integração das informações com o modelo de avaliação. A mesma usabilidade deve ser prevista para a análise dos dados de saída do modelo. O artefato deve permitir o pós-processamento dos dados de saída, de modo a conferir flexibilidade de análise aos usuários.

A partir da discussão das vantagens e lacunas dos artefatos trazidas pela literatura e considerando os requisitos detalhados anteriormente, é possível elaborar uma versão preliminar do artefato, que está alinhada aos objetivos desta pesquisa. A Figura 20 ilustra essa versão preliminar, que é descrita na sequência.



Fonte: Elaborado pela autora

Uma primeira fase do método consistiria na aplicação de parte do método sistêmico, com o objetivo de construir uma estrutura sistêmica que facilitasse o entendimento sistêmico das relações entre os atores (empresa, concorrentes e clientes) e a influência dessas relações sobre os fundamentos de mercado. Os conhecimentos disponíveis nas áreas de inteligência estratégica da empresa, os indicadores e os especialistas da empresa e até externos são matéria-prima fundamental para a construção da estrutura sistêmica.

A segunda fase consistiria na definição de cenários plausíveis nos quais as opções estratégicas seriam posteriormente avaliadas. Esses cenários devem considerar a natureza das opções estratégicas da empresa.

Com base nas relações qualitativas expressas na estrutura sistêmica, usando tanto fundamentos teóricos (teoria microeconômica, teoria dos jogos, etc.) como técnicas multivariadas de análise de dados, buscar-se-ia a tradução das relações qualitativas identificadas em relações quantitativas. Para essa etapa, seria necessário acesso a uma ampla base de dados, com variáveis internas da empresa e de mercado.

Concluídas essas etapas, o passo seguinte seria a construção de um modelo conceitual que subsidiaria a construção do modelo de dinâmica de sistemas, permitindo a simulação de diversas opções estratégicas em diferentes cenários e a avaliação do NPV sistêmico e dinâmico. A partir da avaliação do NPV sistêmico e dinâmico, uma série de análises poderiam ser desenvolvidas no sentido de subsidiar o processo de tomada de decisão.

Apresentada a proposta inicial, a seção seguinte detalha o processo de construção do artefato. Quando necessário, as correntes teóricas apresentadas no Capítulo 2 são complementadas a fim de sustentar as escolhas dos métodos e ferramentas selecionados.

### 4.3 CONSTRUÇÃO DO ARTEFATO

Este artefato consiste em um modelo que tem como objetivo suportar a avaliação sistêmica e dinâmica de decisões estratégicas. Para construí-lo, utilizou-se o framework teórico para gerenciamento de incertezas em modelos de suporte à decisão proposto por Walker et al. (2003).

Incerteza é um termo que assume diferentes significados, que dependem do campo de estudo em pauta. (WALKER; LEMPERT; KWAKKEL, 2013). Walker et al. (2003, p. 4), analisando o termo incerteza no contexto das decisões baseadas em modelos, definem-no como “qualquer desvio do ideal inalcançável de determinismo completo”. Os autores distinguem três dimensões para a incerteza: a localização, o nível e a natureza. (WALKER et al., 2003). Quanto à localização, Walker et al. (2003) apontam que a incerteza pode estar presente no contexto da tomada de decisão, no modelo propriamente dito, nos *inputs*, nos parâmetros e nos *outputs*.

O contexto do modelo engloba as circunstâncias e as condições que definem as fronteiras do sistema em que a decisão está inserida. Inclui questões sociais, econômicas, políticas e tecnológicas, bem como as visões dos diversos *stakeholders* envolvidos. (WALKER et al., 2003). Os autores sugerem a metodologia de validação de contexto proposta por Dunn (2001) como uma alternativa para reduzir esse tipo de incerteza. Tal metodologia de validação de contexto busca minimizar, segundo o autor, erros do Tipo III, “resolver o problema errado”. (DUNN, 2001, p. 418). Embora o método proposta por Dunn (2001) enfoque problemas ambientais, o argumento de que problemas complexos devem ser corretamente estruturados antes de serem resolvidos também é válido no contexto desta pesquisa. Sterman (2000) afirma que a principal etapa em uma modelagem é a definição da

situação problema. Ao entender amplamente o problema e não apenas seus sintomas, é possível conceber um modelo que modifique modelos mentais arraigados e que permita elaborar políticas para solucioná-lo. (STERMAN, 2000). Dessa forma, Sterman (2000) propõe, como primeiro passo do processo de modelagem, articular o problema e definir os limites do sistema. Também o método sistêmico pode ser considerado como um artefato que propõe essa estruturação. (ANDRADE et al., 2006). Os passos que vão da definição do tema focal à identificação dos modelos mentais podem ser considerados o “entendimento sistêmico da situação”. (MORANDI, 2008).

As incertezas presentes no modelo podem ser classificadas, segundo Walker et al. (2003), em duas categorias: incertezas na estruturação do modelo e incertezas técnicas. Quanto às incertezas na estruturação do modelo, elas provêm da falta de conhecimento sobre o comportamento do sistema e sobre as relações entre os diversos elementos que o compõem. Embora os autores não sugiram uma forma de minimizar as incertezas, busca-se no conceito de modelagem conceitual essa resposta. A modelagem conceitual é uma descrição não computacional de conteúdo, suposições e simplificações do modelo, que dentre outras vantagens, ajuda a dar credibilidade ao modelo construído. (ROBINSON, 2008). No processo de modelagem de dinâmica de sistemas descrito por Sterman (2000), a etapa de Formulação da Hipótese Dinâmica tem por objetivo descrever o comportamento do sistema e a relação entre os elementos. Dentre as ferramentas sugeridas por Sterman (2000) citam-se os Diagramas de Contorno do Modelo, os Diagramas de Subsistemas e as Estruturas Sistêmicas.

As incertezas técnicas do modelo provêm de erros de software, hardware ou ainda de digitação ou programação. (WALKER et al., 2003). A verificação do modelo consiste em certificar-se de que ele performa de acordo com o planejado. (LAW; KELTON, 1991). Dentre as oito técnicas apresentadas por Law e Kelton (1991) para verificação do modelo, a modularização e a verificação parcial é apontada como a primeira. De maneira análoga, o processo de modelagem proposto por Sterman (2000) prevê a realização de uma série de testes de validação, dentre os quais destaca-se a avaliação da estrutura do modelo, que consiste em realizar verificações parciais do modelo a fim de certificar-se da racionalidade pretendida para as regras de decisão. Outros testes sugeridos incluem os testes de consistência dimensional, avaliação de parâmetros e avaliação em condições extremas. (LAW; KELTON, 1991; STERMAN, 2000).

Os *inputs* do modelo também são fontes de incerteza. De acordo com Walker et al. (2003), tanto os dados básicos que explicam o comportamento do sistema como as forças externas são fontes de incerteza, contribuindo de maneira significativa para as incertezas de

estrutura do modelo. Segundo o autor, as incertezas de maior interesse para os tomadores de decisão são as ligadas às forças motrizes externas que influenciam o comportamento do sistema. As incertezas, nesse caso, englobam questões como quais são as forças motrizes que mais impactam o sistema em estudo, como elas se comportarão no futuro e qual será o impacto desse comportamento para o sistema. (WALKER et al., 2003). Esse tipo de incerteza tem sido amplamente estudado na área de conhecimento de Planejamento de Cenários. (HEIJDEN, 2009; SCHOEMAKER, 1995; SCHWARTZ, 2000). Os diferentes métodos de Planejamento de Cenários são unânimes em apresentar como etapa fundamental a seleção de forças motrizes. No entanto, todos os métodos tratam a escolha de forças motrizes e a análise do impacto destas sobre o sistema de maneira qualitativa, ou seja, de modo dependente das percepções dos participantes dos estudos. Quanto aos dados, a incerteza está associada ao conhecimento existente (ou à falta dele) sobre as propriedades do sistema em estudo. Nesse caso, a qualidade do grupo envolvido na construção do modelo é fundamental para minimizar esse tipo de incerteza.

Parâmetros, que são constantes consideradas supostamente invariáveis em um dado contexto, são a quarta fonte de incerteza apontada por Walker et al. (2003). Nesse grupo, os parâmetros que mais introduzem incerteza para o modelo são aqueles sobre os quais não se tem informação prévia suficiente e que devem ser calibrados para que o modelo reproduza o comportamento do sistema em estudo. (WALKER et al., 2003). Essa calibração pode ser feita comparando os *outputs* do modelo com dados históricos reais, dado um conjunto de parâmetros. (LAW; KELTON, 1991; WALKER et al.; 2003). Assim, há uma clara relação entre a complexidade do modelo e as incertezas presentes nele. Quanto mais simples é o modelo, menos adequadamente ele simula a realidade, no entanto, menor é a incerteza estrutural e de parâmetros que ele apresenta. Ao contrário, modelos mais complexos, que tendem a representar a realidade com mais detalhes, apresentam mais incertezas estruturais e de parâmetros. (HARREMOES; MADSEN, 1999; WALKER et al., 2003; WIERZBICKI, 2007). Diante desse *trade off*, Wierzbicki (2007), citando um conselho de Albert Einstein, afirma que para expressar o conhecimento de maneira relevante, os modelos substantivos devem ser “o mais simples [possíveis], mas não muito simples”. (WIERZBICKI, 2007, p. 624). O autor complementa que a construção de um modelo envolve conhecimento, experiência e intuição, sendo, portanto, “uma arte”. (WIERZBICKI, 2007, p. 624).

Finalmente, os *outputs* do modelo são o último local em que se encontram incertezas. Estas são resultantes da propagação de todos os elementos anteriormente abordados (contexto, modelo, *input* e parâmetros); podem ser expressas pela diferença entre os resultados

fornecidos pelo modelo e os valores verdadeiros. (WALKER et al., 2003). O processo de validação do modelo é apontado como a forma de avaliar e minorar essa incerteza. (LAW; KELTON, 1991; PIDD, 1998; WALKER et al., 2003). Uma crítica a esse processo é que dificilmente os valores verdadeiros são conhecidos (WALKER et al., 2003), sendo, portanto, inviável proceder uma validação de *outputs* do modelo. No mesmo sentido, Sterman (2000) afirma que é impossível validar um modelo provando que ele está correto, pois, em princípio, todo modelo é errado, uma vez que se trata de uma representação simplificada da realidade.

O consenso entre os autores é o de que um modelo válido é aquele que se apresenta útil a quem vai utilizá-lo, permitindo a tomada de melhores decisões. (STERMAN, 2000; FORRESTER, 1961). No entanto, Sterman (2000) sugere uma série de boas práticas, como a documentação do modelo, e testes de avaliação, anteriormente mencionados, podem aumentar a confiança do usuário no modelo. Em consonância com esses argumentos, Bankes (1993) afirma que somente os modelos consolidativos podem vir a ser validados. Na EMA, os modelos não têm pretensão de prever o comportamento dos sistemas. (BANKES, 1993; BANKES et al., 2013). Ao analisar sistemas complexos e incertos, em que não é possível conhecer e representar todos os detalhes, não se pode exigir que um modelo exploratório seja validado no sentido estrito da palavra. (BANKES, 1993). Embora não seja possível validar os modelos exploratórios, eles podem ser válidos, considerando que se constituem em um ambiente de aprendizagem no qual hipóteses podem ser testadas, propriedades inesperadas dos sistemas podem ser explicitadas, cenários indesejados e estratégias podem ser testados. (BANKES, 1993; BANKES et al., 2013).

Discutidas as incertezas relacionadas à dimensão de localização, aborda-se, a seguir, a questão do nível da incerteza associada ao problema que está sendo tratado. Conforme discutido no Capítulo 2, o nível de incerteza do ambiente em que decisões estratégicas são analisadas, influencia as ferramentas que devem suportar a análise e a tomada de decisão estratégica. Embora seja possível supor que incertezas profundas afetem os mercados em estudo, entende-se que, por se tratar de mercados consolidados, pode-se elencar as principais variáveis de incerteza que descrevem os possíveis cenários a serem enfrentados. Assim, a presente classe de problemas não se enquadraria no nível de incerteza profunda. (COURTNEY et al., 1997, 2000; WALKER et al., 2013). Também não se considera que o ambiente seja suficientemente conhecido a fim de permitir a definição de alguns poucos cenários discretos cujos direcionadores e probabilidades poderiam ser relativamente bem estimados.

Dessa forma, a classe de problema em estudo pode ser, em termos de ambiente, classificada como multiplicidade de futuros alternativos. Nesse nível de incerteza, considera-se que um limitado número de variáveis, quando combinados entre si, produzem um conjunto de possíveis cenários futuros. (COURTNEY et al., 1997, 2000; WALKER et al., 2013). No entanto, como não é possível prever o comportamento futuro de cada uma dessas variáveis, esses cenários não são estanques e alternativos (como no nível anterior de incerteza), mas um espectro contínuo no qual o futuro se encontrará. Courtney, Kirkland e Viguerie (2000) propõem algumas regras para a definição desses cenários: i) desenvolver um número limitado de cenários; ii) evitar o desenvolvimento de cenários redundantes; iii) desenvolver um conjunto de cenários que coletivamente expressem o espectro de futuros plausíveis; iv) desenvolver cenários que permitam aos gestores verificar a robustez de suas decisões.

Essas regras estão em consonância com o processo de planejamento por cenários proposto por Schwartz (2000), e foram incorporadas ao método PSPC proposto por Andrade et al. (2006). Idealmente, a principal estratégia a ser adotada nesse nível de incerteza é desenvolver estratégias robustas que são adequadas à maioria dos cenários (SCHWARTZ, 2000), também chamadas de “*no-regrets moves*” (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997). No entanto, isso nem sempre é possível, sendo necessário desenvolver opções/estratégias que serão mais adequadas a um cenário que a outro, sendo efetivadas quando o cenário apropriado se configurar. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997). Essa abordagem está em consonância com o raciocínio de opções reais apresentado por Driouchi e Bennett (2012), que consiste em considerar alternativas estratégicas que serão exercidas quando o ambiente se mostrar favorável. A fim de identificar para qual dos cenários o ambiente está se movendo e decidir pela implementação de uma estratégia, é necessário definir e acompanhar variáveis que sinalizem a direção do mercado. (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997; SCHWARTZ, 2000). A seguir, discute-se a natureza e a forma de abordagem da incerteza.

Quanto à natureza das incertezas, Walker et al. (2003) classificam-nas em incertezas epistêmicas ou epistemológicas e incertezas ontológicas ou de variabilidade. A primeira diz respeito à incerteza derivada da imperfeição do conhecimento existente sobre o sistema em estudo, o que pode ser minimizado com pesquisa. Essa natureza de incerteza está intimamente ligada às incertezas de estrutura e dados discutidas anteriormente. (WALKER et al., 2003). Conforme novos conhecimentos são adquiridos, estes são incorporados ao modelo. A natureza ontológica refere-se às variabilidades relativas ao comportamento humano (comportamento não racional, diferença entre discurso e prática e desvios do comportamento assumido como

normal), às dinâmicas sociais, culturais e econômicas e às variabilidades naturais. Esse nível de incerteza deve ser tratado no modelo com o uso de funções de distribuição de probabilidade e simulação de Monte Carlo. (WALKER et al., 2003).

Apresentado o framework teórico para gerenciamento de incertezas em modelos de suporte à decisão proposto por Walker et al. (2003) e discutidas algumas das ferramentas de endereçamento das incertezas, o Quadro 9 sintetiza essas informações, indicando as ferramentas selecionadas para a construção do artefato. Nos casos em que apenas algumas das ferramentas identificadas tenham sido selecionadas, é apresentada uma justificativa para a seleção.

Tendo como ponto de partida o desenho preliminar do artefato apresentado na Figura 20, as técnicas localizadas e discutidas na seção sobre classe de problemas e as ferramentas apresentadas no Quadro 9, apresenta-se, na próxima seção, a proposta de artefato que se constitui em uma solução satisfatória aos requisitos descritos na primeira seção deste capítulo.



Quadro 9 - Ferramentas para endereçamento de incerteza

(Continua)

Dimensão	Tipo		Ferramentas Identificadas	Ferramentas Seleccionadas	Justificativa
Localização	Contexto		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primeiro Passo do Processo de Modelagem (STERMAN, 2000)</li> <li>• Metodologia de Validação de Contexto (DUNN, 2001)</li> <li>• Método Sistemico (ANDRADE et al., 2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método Sistemico (ANDRADE et al., 2006)</li> </ul>	<p>A metodologia de validação de contexto foi desenvolvida para problemas de caráter ambiental.</p> <p>O método sistemico foi preferido ao primeiro passo do processo de modelagem por ser mais amplo e por ter seus passos mais detalhados.</p>
	Modelo	Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem Conceitual (ROBINSON, 2008)</li> <li>• Formulação da Hipótese Dinâmica (STERMAN, 2000)</li> <li>• Diagramas de Contorno do Modelo</li> <li>• Diagramas de Subsistemas</li> <li>• Estruturas Sistemicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem Conceitual (ROBINSON, 2008)</li> <li>• Formulação da Hipótese Dinâmica (STERMAN, 2000)</li> <li>• Estruturas Sistemicas</li> </ul>	<p>Dentre as ferramentas sugeridas por Sterman (2000), foi seleccionada a Estrutura Sistemica, por ser uma ferramenta comum ao método sistemico.</p>
		Técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularização e verificação parcial (LAW; KELTON, 1991; STERMAN, 2000)</li> <li>• testes de consistência dimensional</li> <li>• avaliação de parâmetros</li> <li>• avaliação em condições extremas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularização e verificação parcial (LAW; KELTON, 1991; STERMAN, 2000)</li> <li>• testes de consistência dimensional</li> <li>• avaliação de parâmetros</li> <li>• avaliação em condições extremas</li> </ul>	
	Inputs	Forças Motrizes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento por Cenários (HEIJDEN, 2009; SCHOEMAKER, 1995; SCHWARTZ, 2000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento por Cenários (HEIJDEN, 2009; SCHOEMAKER, 1995; SCHWARTZ, 2000)</li> </ul>	
		Dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não foram localizadas ferramentas específicas para tratar essa incerteza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção dos participantes do grupo</li> </ul>	<p>O conhecimento explicito e tácito presente no grupo de modelagem é fundamental para a obtenção de dados confiáveis</p>
	Parâmetros		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibração (LAW; KELTON, 1991)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibração (LAW; KELTON, 1991)</li> </ul>	
	Outputs		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validação (LAW; KELTON, 1991; PIDD, 1998; WALKER et al., 2003)</li> <li>• Documentação e avaliação do Modelo (STERMAN, 2000)</li> <li>• EMA (BANKES, 1993)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentação e avaliação do Modelo (STERMAN, 2000)</li> <li>• EMA (BANKES, 1993)</li> </ul>	<p>A natureza do modelo não permite a validação no formato clássico, uma vez que não há dados históricos disponíveis para serem comparados com os outputs do modelo.</p>

(Conclusão)

Dimensão	Tipo	Ferramentas Identificadas	Ferramentas Seleccionadas	Justificativa
Nível	Nível 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DCF (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997)</li> <li>• Análise de Sensibilidade (WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013)</li> <li>• Pesquisa de Mercado (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997)</li> <li>• Análise das 5 forças de Porter (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento de Cenários (Courtney et al. (1997, 2000; Walker et al., 2013)</li> <li>• DCF (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997) com parâmetros que variam de acordo com funções de distribuição de probabilidade (WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013)</li> <li>• Teoria dos Jogos (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997)</li> <li>• Estratégias robustas (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997); (SCHWARTZ, 2000)</li> <li>• Raciocínio de opções reais (DRIOUCHI; BENNETT, 2012)</li> </ul>	<p>Tipicamente, o artefato é utilizado para a tomada de decisão em ambientes de incerteza de nível 4, portanto o Planejamento de Cenários será utilizado.</p> <p>No entanto, ferramentas dos demais níveis também fazem parte do artefato.</p> <p>O modelo procura emular os movimentos dos players ao longo da simulação, considerando a lógica da teoria dos jogos.</p> <p>Outro uso esperado para o modelo é a capacidade de avaliar os impactos da postergação ou não da decisão de investimento, o que se baseia no conceito de raciocínio de opções reais.</p> <p>O cálculo do NPV baseado no fluxo de caixa descontado calculado nas diversas rodadas de simulação é o principal indicador de avaliação da qualidade da estratégia em estudo.</p> <p>A capacidade de a estratégia gerar NPV nos mais diversos cenários é uma característica esperada, logo o artefato permite identificar as estratégias mais robustas</p>
	Nível 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DCF (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997) com parâmetros que variam de acordo com funções de distribuição de probabilidade (WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013)</li> </ul>		
	Nível 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árvore de Decisão (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997)</li> <li>• Teoria dos Jogos (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 2000, 1997)</li> </ul>		
	Nível 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento de Cenários (COURTNEY et al., 1997, 2000; WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013)</li> <li>• Estratégias robustas (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997); SCHWARTZ, 2000)</li> <li>• Raciocínio de opções reais (DRIOUCHI; BENNETT, 2012)</li> </ul>		
	Nível 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robust Decision Making (WALKER; LEMPert; KWAKKEL, 2013)</li> </ul>		
Natureza	Epistêmica	Não foram localizadas ferramentas específicas para tratar essa incerteza.		As premissas que sustentam a construção do modelo, as regras de negócio e as forças motrizes que configuram os cenários devem ser constantemente avaliadas e alteradas à medida que novos conhecimentos são obtidos.
	Variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funções de distribuição de probabilidade e simulação de Monte Carlo (WALKER et al., 2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funções de distribuição de probabilidade e simulação de Monte Carlo (WALKER et al., 2003)</li> </ul>	

Fonte: Elaborado pela autora

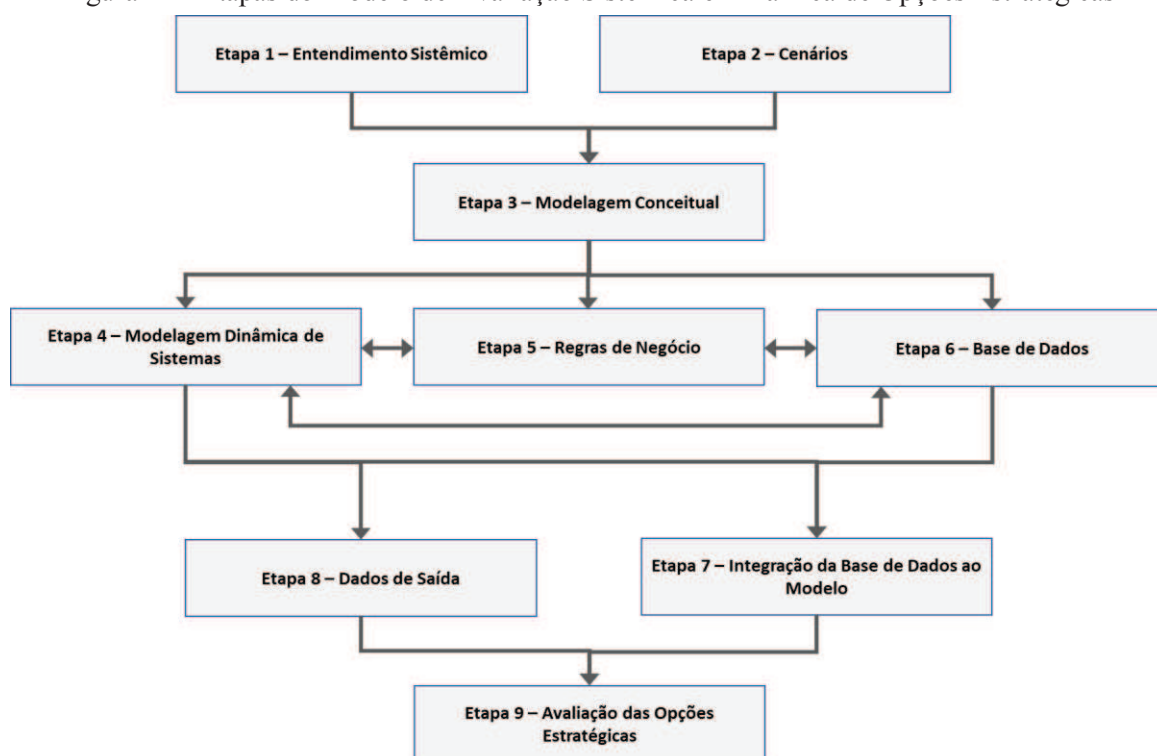
#### 4.4 SOLUÇÃO SATISFATÓRIA

“O orçamento de capital é a arte de encontrar ativos que valem mais do que custaram. Nada é mais fácil no conceito ou mais difícil na aplicação”. (MYERS, 1976, p. 372).

O objetivo desta seção é apresentar a proposta de um artefato que permita uma avaliação mais assertiva das opções estratégicas. Por ser complexo, dinâmico e sujeito a incertezas, esse processo deve ser sequencial, com múltiplas decisões e integrar informações necessárias à geração do fluxo de caixa que permita análise posterior. (KERŠYTĖ, 2011; MINTZBERG et al., 1976). Assim, o artefato proposto apresenta uma série de etapas interligadas que visam a coletar o conhecimento tácito e explícito da empresa e organizá-lo de modo a subsidiar a tomada de decisão quanto às opções estratégicas.

A Figura 21 apresenta as etapas do método proposto explicitando as relações de dependências que há entre elas. A seguir, cada etapa é detalhada, com especificação dos objetivos, dos passos a serem seguidos, dos métodos e das ferramentas a serem utilizadas e dos *outputs*. Identifica-se, também, quais requisitos são atendidos pela etapa.

Figura 21 - Etapas do Modelo de Avaliação Sistêmica e Dinâmica de Opções Estratégicas



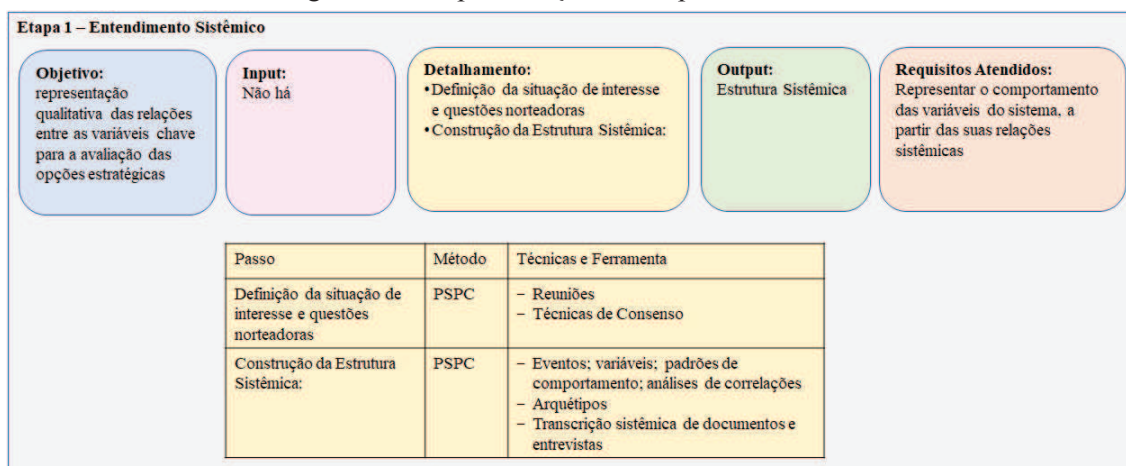
Fonte: Elaborado pela autora

A primeira etapa é denominada de Entendimento Sistêmico. Tem como objetivo principal representar qualitativamente as relações entre as variáveis que permitam a avaliação das opções estratégicas. Dentre essas relações, é importante constar: i) os impactos/custos, receitas, restrições, etc. das opções estratégicas sobre o resultado da empresa; ii) os impactos para o mercado e as possíveis reações dos demais *players* (clientes, fornecedores); e iii) os impactos de uma opção estratégica sobre a outra, como compartilhamento de recursos, por exemplo. Para o atender a esse objetivo, propõe-se utilizar a Fase I do método sistêmico – entendimento da situação. Essa fase inicia-se com a definição da situação de interesse e das questões norteadoras, tendo como sustentação o foco estratégico da empresa. Esse passo do método é importante para garantir o alinhamento do grupo de trabalho, bem como para minimizar as incertezas de contexto, conforme discutido na seção 4.3. Nesse passo, busca-se o consenso entre os participantes, o que, dependendo da maturidade do grupo, pode ser obtido em um diálogo aberto ou por meio de técnicas como Diagrama de Afinidades, NGT (*Nominal Group Technique*), Delphi, etc.

Definida a situação de interesse, o próximo passo é elaborar a estrutura sistêmica. Para tanto, a forma mais tradicional é seguir os passos previstos no PSPC: lista de eventos, desdobramento de variáveis, elaboração de padrões de comportamento, análise de correlação e identificação das relações sistêmicas. Outra alternativa é usar arquétipos, identificando os mais adequados à situação de interesse. As transcrições sistêmicas são outra ferramenta passível de ser utilizada. Ela pode ser empregada para construir relações sistêmicas a partir da leitura de documentos ou de entrevistas com especialistas que por algum motivo não estejam participando do grupo de trabalho. É importante salientar que essas ferramentas podem ser utilizadas de maneira isolada ou combinadas, de acordo com a definição do grupo condutor e da realidade dos participantes.

A estrutura sistêmica constitui-se a base para elaborar o modelo conceitual e contribui para reduzir a incerteza de estrutura. O entendimento das relações sistêmicas é fundamental para que posteriormente possam ser projetadas as variáveis necessárias ao desenvolvimento do fluxo de caixa, o que permite a avaliação sistêmica das opções estratégicas. A Figura 22 apresenta resumidamente a etapa de entendimento sistêmico.

Figura 22 – Representação da Etapa 1 do Método



Fonte: Elaborado pela autora

Concluído o entendimento sistêmico da situação, a etapa seguinte objetiva definir e caracterizar os cenários. Para tanto, segue-se os passos previstos no PSPC que, por sua vez, são embasados no método proposto por Schwartz (2000). Inicia-se pela identificação das forças motrizes que podem atuar no sistema em estudo. Na sequência, as forças motrizes são classificadas em incertezas críticas e em tendências predeterminadas, de acordo com o grau de incerteza associado a elas. Dentre as incertezas críticas, seleciona-se as que têm maior impacto sobre o sistema em estudo, certificando-se para que sejam independentes entre si, e define-se valores de referência mínimo e máximo para cada uma delas. Sugere-se a seleção de 2 ou 3 incertezas críticas, a fim de limitar o número de cenários a serem estudados. A partir da combinação dessas incertezas críticas, é possível configurar os cenários, que são, então, caracterizados com base na ferramenta de “tele transporte para o futuro”. Nessa caracterização, é fundamental que sejam descritos os impactos de cada cenário para o mercado como um todo e para a empresa em específico.

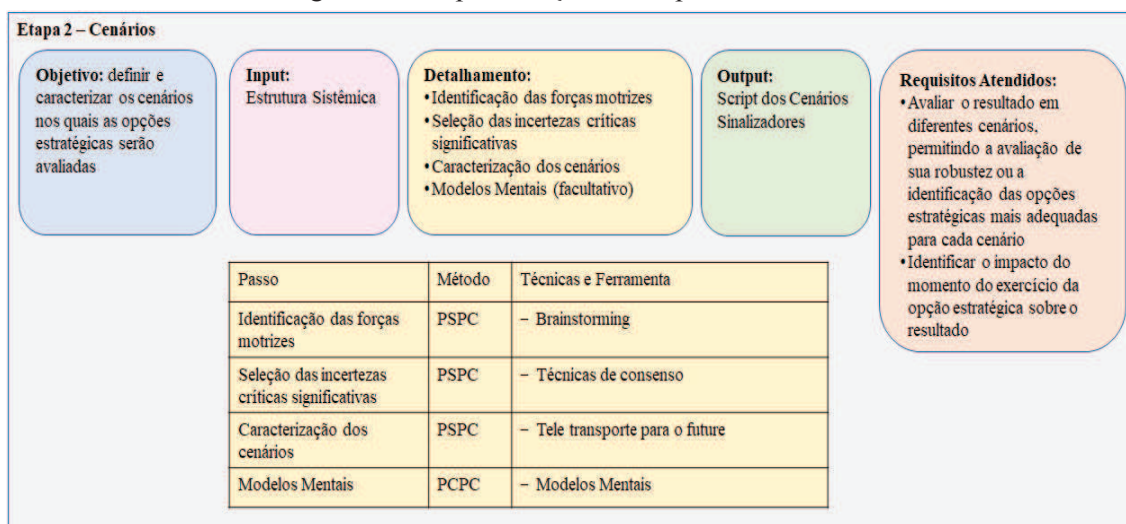
Os cenários caracterizados subsidiam a construção do modelo conceitual, permitindo que ele seja elaborado de modo a atender o requisito de avaliar as opções estratégicas em diferentes cenários. Possibilitam, ainda, identificar a robustez do modelo frente às incertezas ou reconhecer as opções mais adequadas a cada cenário. O uso do planejamento de cenários é indicado para o nível de incerteza presente no sistema em estudo.

Esse modelo de avaliação de opções estratégicas se insere em um processo mais amplo de formulação, execução e acompanhamento da estratégia. O momento de exercer a opção estratégica pode alterar o resultado, e o modelo analisa essa dimensão. No entanto, é importante que a organização acompanhe os movimentos do mercado a fim de monitorar que cenário está se configurando, para então tomar a decisão sobre qual opção exercer. A fim de

instrumentalizar esse monitoramento, são definidos os sinalizadores, que são variáveis que em conjunto demonstram a tendência de configuração de um cenário.

Ainda nessa etapa, pode ser realizada a identificação e discussão dos modelos mentais dos principais atores do sistema. Os modelos mentais são o nível mais profundo de percepção da realidade (SENGE, 2006), sendo que auxiliam no entendimento das relações sistêmicas. No entanto, em empresas que têm prática consolidada de uso do Pensamento Sistêmico, essa etapa pode se tornar repetitiva e burocrática (MORANDI, 2008), ficando a cargo do grupo condutor decidir se será executada. A Figura 23 esquematiza a etapa de cenários.

Figura 23 - Representação da Etapa 2 do Método



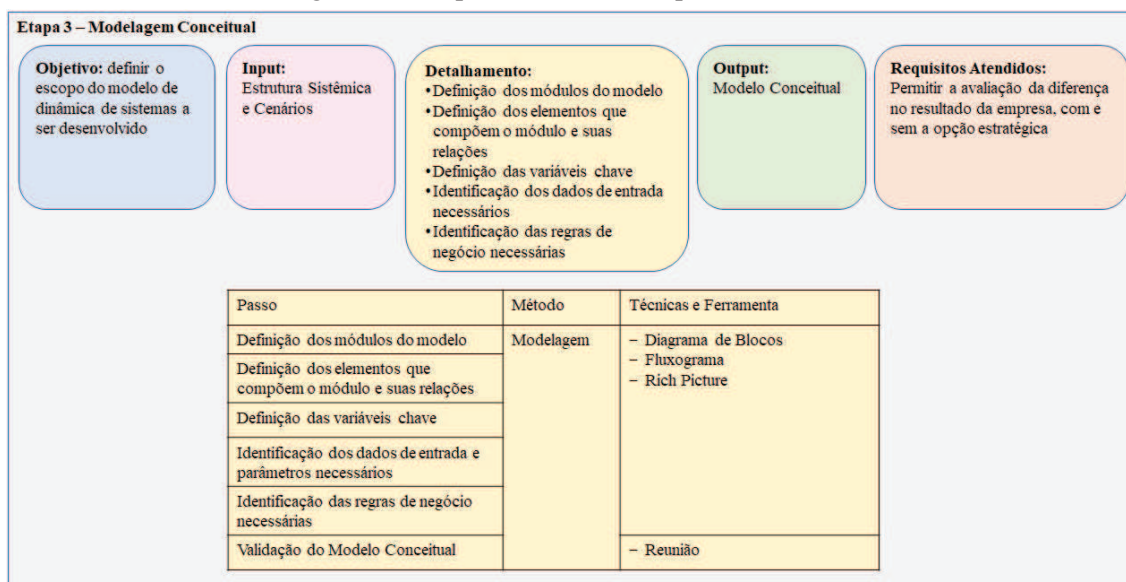
Fonte: Elaborado pela autora

A partir da estrutura sistêmica e da caracterização dos cenários, é possível elaborar o modelo conceitual, que tem por objetivo definir o escopo do modelo de dinâmica de sistemas a ser construído, especificando os módulos do modelo, os elementos de cada módulo e suas relações. As ferramentas mais usuais para a modelagem conceitual são os diagramas de blocos, os fluxogramas e as *rich-pictures*. Também faz parte da modelagem conceitual a definição de variáveis-chave de cada módulo, de dados de entrada e de parâmetros necessários à construção do modelo de dinâmica de sistemas, bem como de regras de negócio que permitam reproduzir os comportamentos das decisões dos *players* no modelo.

O modelo conceitual deve ser validado com o grupo de trabalho. Essa validação tem por objetivo certificar-se de que a estrutura sistêmica foi corretamente traduzida para o modelo e de que o escopo definido atende às expectativas dos participantes. Dessa forma, as

incertezas na estrutura do modelo são minimizadas. A Figura 24 apresenta, de modo esquemático, a etapa de modelagem conceitual.

Figura 24 - Representação da Etapa 3 do Método



Fonte: Elaborado pela autora

Validado o modelo conceitual, as três próximas etapas do método podem e devem ocorrer simultaneamente, uma vez que há interdependência entre elas. A Etapa 4 consiste na construção do modelo de dinâmica de sistemas propriamente dito. O modelo conceitual é traduzido para a linguagem de ‘estoque e fluxo’ a fim de representar as relações entre as variáveis. Utiliza-se, para esse fim, softwares de dinâmica de sistemas como AnyLogic, DYNAMO, Exposé, Forio, iThink, MyStrategy, Powersim, Simile, Stella, True e Vensim. (AZAR, 2012).

Durante a construção do modelo, é importante realizar verificações parciais que incluem testes de consistência dimensional, avaliação de parâmetros e avaliação do modelo em condições extremas, porém a análise não deve se limitar-se a essas ferramentas. A frequência e a granularidade de realização dessas verificações dependem do estilo da equipe responsável pela modelagem. No entanto, sugere-se que sejam realizados, no mínimo, por ocasião da conclusão de cada módulo. Essas verificações parciais têm por objetivo reduzir incertezas técnicas do modelo, que são potenciais erros aos quais o modelo está sujeito.

A Etapa 5 é a explicitação das regras de negócio, ou a representação matemática das relações sistêmicas entre as variáveis. A elasticidade de preço é um exemplo de uma regra de negócio. As fórmulas matemáticas para a representação das regras de negócio podem ser

conhecidas previamente, como por exemplo o custo da energia elétrica (demanda contratada, consumo, custo do kWh, impostos, etc.), o custo variável de produção, etc. Nesses casos, basta que tais regras sejam formalizadas por um especialista para que sejam integradas ao modelo. Há um segundo conjunto de regras sobre as quais há uma percepção de variáveis e de parâmetros, mas não há um consenso sobre elas. Nesse caso, busca-se com especialistas uma primeira formulação da regra que é, então, integrada ao modelo. Testes são feitos para avaliar o comportamento da regra e, caso necessário, ajustes são realizados. O terceiro e último grupo contempla as regras de negócio, sobre cujas variáveis de influência há apenas hipóteses. Nesse caso, com base em dados históricos, usa-se análises de regressão para validar as variáveis explicativas e definir os parâmetros. Novamente, as equações resultantes são integradas ao modelo e são realizados testes para avaliar o comportamento da regra. Muitas regras de negócio podem apresentar parâmetros representados por probabilidades, por exemplo: em uma condição  $z$ , há  $x\%$  de probabilidade de que a decisão  $y$  seja tomada. A fim de considerar a variabilidade presente nessas regras de negócio, o modelo deve valer-se da lógica da Simulação de Monte Carlo na sua construção.

Em princípio, as regras de negócio são identificadas durante a etapa de modelagem conceitual, porém, à medida que a construção do modelo avança, podem ser necessárias novas regras. Por essa razão, a etapa 5 somente pode ser concluída concomitantemente à modelagem. Da mesma forma, a modelagem somente estará completa quando todas as regras de negócio forem definidas e integradas ao modelo.

Paralelamente, a Etapa 6 consiste no processo de coleta de dados e parâmetros para o modelo. Os dados a serem coletados podem ser: séries históricas, que são necessárias ao cálculo das análises de regressão e devem ter coleta priorizada; dados de caracterização da organização, como a capacidade de produção; dados de caracterização do mercado, como número de *player*, capacidade de produção, etc.; dados de opções estratégicas, como valor do investimento, capacidade de produção adicionada, etc.; e projeções, como por exemplo taxa de crescimento econômico e demanda de produto. No caso das projeções, devem obrigatoriamente incluir as incertezas críticas selecionadas para a caracterização dos cenários, a fim de que estes possam ser simulados.

Como discutido para as regras de negócio, os dados e parâmetros necessários para o modelo são, em princípio, identificados na etapa de modelagem conceitual. No entanto, durante a explicitação das regras de negócio ou mesmo durante a construção do modelo, podem ser identificadas novas necessidades de coleta de dados.



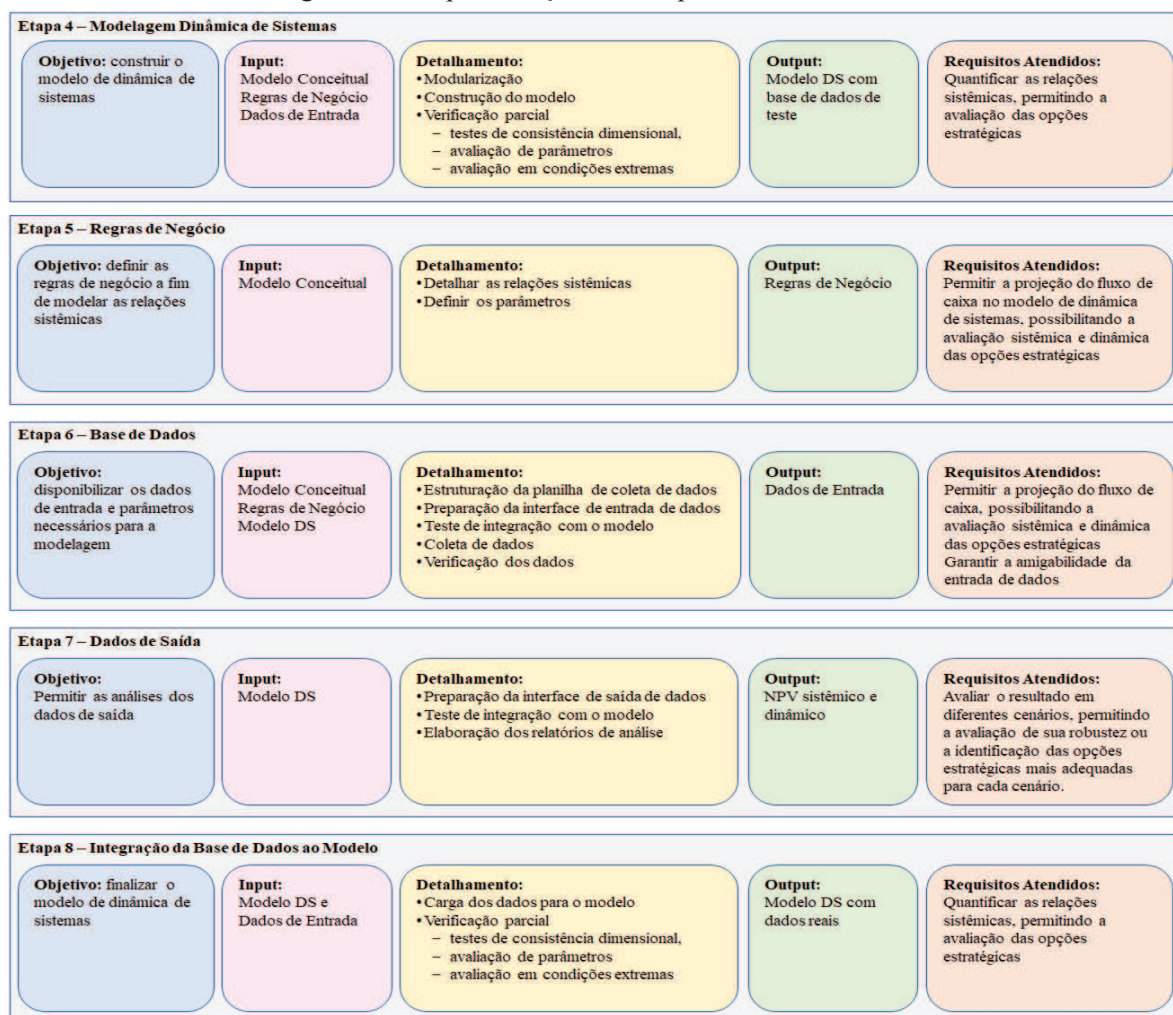
Apesar de os softwares de modelagem de dinâmica de sistemas possuírem recursos para o desenvolvimento de interfaces para entrada de dados, não permitem uso simultâneo por mais de um usuário. Outra restrição é a baixa velocidade do processo. Como alternativa, os softwares permitem a importação de dados a partir de outros arquivos, entre eles planilhas em Excel. Assim, a fim de tornar o processo de coleta de dados e a sua posterior manutenção mais amigável, é importante desenvolver uma interface em Excel para entrada de dados e integrá-la ao modelo construído.

Os recursos presentes nos softwares de modelagem de dinâmica de sistemas permitem a visualização dos dados de saída em formato de tabelas e gráficos, porém com recursos limitados. Considerando o requisito de que o modelo seja amigável e passível de ter dados exportados para arquivos externos, entre eles planilhas em Excel, é importante desenvolver uma interface para a transferência dos dados de saída. Nesse ambiente, com mais flexibilidade e recursos, os dados de saída são pós-processados a fim de gerar as informações necessárias para a análise das opções estratégicas. Essas atividades constituem a etapa 7 do método. O detalhamento dos relatórios de análise é feito durante a discussão da etapa avaliação dos resultados do modelo.

Uma vez concluído o desenvolvimento do modelo e a coleta de dados, a etapa 8 consiste na integração dos dados ao modelo. Após essa integração, é importante que os testes de verificação sejam repetidos. Embora não seja possível a validação do modelo, uma vez que não há dados reais para serem usados como referência, é importante que os resultados produzidos pelo modelo sejam avaliados. Essa avaliação deve ser realizada por especialistas no negócio que sejam capazes de avaliar a qualidade das projeções, questionando alguma lógica que não pareça adequada.

A Figura 25 apresenta as quatro etapas anteriormente descritas, enquanto o Quadro 10 detalha os métodos, técnicas e ferramentas utilizadas.

Figura 25 - Representação das Etapas 4 a 8 do Método



Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 10 – Detalhamento dos Métodos, Técnicas e Ferramentas

Etapa	Passo	Método	Técnicas e Ferramenta
Modelagem Dinâmica de Sistemas	Modularização	Modelagem Dinâmica de Sistemas	Diagramas de Estoque e Fluxo
	Construção do modelo		Testes de consistência dimensional, Avaliação de parâmetros, Avaliação em condições extremas
	Verificação Parcial		
Regras de Negócio	Detalhamento das relações sistêmicas		Conhecimento teórico e prático, Análise de regressão, Funções gráficas
	Definição de parâmetros		Conhecimento teórico e prático
Base de Dados	Estruturação da planilha de coleta de dados		Excel
	Preparação da interface de entrada de dados		VBA
	Teste de integração com o modelo		
	Coleta de dados		
	Verificação dos dados		
Dados de Saída	Preparação da interface de saída de dados		VBA
	Teste de integração com o modelo		
	Elaboração dos relatórios de análise		
Integração da Base de Dados ao Modelo	Carga dos dados para o modelo		
	Verificação Parcial		Testes de consistência dimensional, Avaliação de parâmetros, Avaliação em condições extremas

Fonte: Elaborado pela autora

Finalmente, a última etapa do método consiste na avaliação das opções estratégicas propriamente ditas nos diversos cenários. Adotou-se como estratégia o pós-processamento dos cálculos que não têm impacto sistêmico no resultado, ou seja, dos cálculos cujos resultados não são utilizados no modelo. Assim, os dados de saída do modelo são exportados do software de dinâmica de sistemas para o Excel, onde os relatórios de análise são desenvolvidos. Dessa forma, a principal saída do modelo de dinâmica de sistemas é o fluxo de caixa da empresa em cada período, permitindo que o NPV seja posteriormente calculado.

Considerando a existência de múltiplas opções estratégicas e os requisitos de avaliar cada opção em cada cenário e de avaliar o efeito sinérgico que há entre elas, o primeiro passo da avaliação consiste na elaboração de um projeto de experimento em que são definidas as combinações a serem testadas. A definição das combinações depende da natureza das opções, e o conhecimento especializado dos participantes é fundamental para a realização dessa atividade. Cada experimento contém as informações de quais opções estratégicas serão avaliadas e em que cenários. A fim de facilitar a integração com o modelo, optou-se por utilizar variáveis binárias, significando se a opção ou o cenário serão ou não avaliados naquele experimento. A Tabela 6 apresenta um exemplo teórico contendo 5 opções estratégicas e 4 cenários. Os experimentos de 5 a 8 representados visam à avaliação da primeira opção estratégica em cada um dos cenários, enquanto os experimentos de 9 a 12 permitem a avaliação conjunta das duas primeiras opções estratégicas nos mesmos cenários.

Tabela 6 – Exemplo Teórico do Planejamento de Experimento

Experimento	Opções Estratégicas					Cenários			
	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	C1	C2	C3	C4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	1
9	1	1	0	0	0	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0	1	0	0
11	1	1	0	0	0	0	0	1	0
12	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pela autora

Por sua vez, os experimentos de 1 a 4 têm por objetivo simular o fluxo de caixa da empresa nos cenários selecionados sem que nenhuma opção estratégica tenha sido exercida. Esses fluxos de caixa servem, posteriormente, como base para avaliar as opções estratégicas. Conforme discutido nos requisitos, o que se busca é o cálculo do impacto das opções estratégicas no resultado da empresa. Assim, é necessário calcular o fluxo de caixa adicional resultante do exercício da opção estratégica, conforme ilustra a Equação 1.

$$FCA_{i,j,k,l,c} = FC_{i,j,k,l,c} - FC_{i,c} \quad (1)$$

onde: *i* representa o período, *j*, *k* e *l* representam as opções estratégicas<sup>14</sup> e *c* representa o cenário.

Conforme discutido anteriormente, algumas regras de negócio podem incluir variáveis representadas por probabilidades. Quando for conhecida a função de distribuição de probabilidade que descreve essa aleatoriedade, esta será utilizada no modelo (KLAMER; WALKER, 1984; BLOCK, 2000; CRAVEN; ISLAM, 2009; HODGKINSON, 1987), caso contrário a Simulação de Monte Carlo integrada à modelagem e dinâmica de sistemas será a estratégia selecionada para tratar a incerteza. (KARANOVIC; BARESA; BOGDAN, 2010; KERLER et al., 2014; ABENSUR, 2012; ANUAR, 2005; COTTER, 2003). O fato de existirem variáveis estocásticas revela a necessidade de que o modelo preveja a realização de replicações, de modo que os resultados sejam expressos ao final em forma de intervalo de confiança. Tais cálculos serão pós-processados.

A Equação 1 precisa ser reescrita considerando a existência de replicações no modelo, resultando na Equação 2, a seguir:

$$FCA_{i,j,k,l,c,z} = FC_{i,j,k,l,c,z} - FC_{i,c,z} \quad (2)$$

onde: *i* representa o período, *j*, *k* e *l* representam as opções estratégicas, *c* representa o cenário e *z* representa a replicação.

Sobre a proposição para o cálculo do fluxo de caixa adicional em cada replicação cabe uma reflexão. Uma vez que não é possível assegurar que os números aleatórios gerados em cada replicação do experimento base (sem opção estratégica) sejam os mesmos gerados nas

---

<sup>14</sup> Não há limite para o número de opções estratégicas a serem avaliadas de maneira simultânea, mas as fórmulas consideram até três opções.

replicações dos experimentos de avaliação das opções estratégicas, não parece correto usar para o cálculo o valor exato resultante. Na simulação por eventos discretos, quando é necessário usar simultaneamente duas variáveis estocásticas, estas são sorteadas a partir de suas funções de distribuição, de maneira independente. (LAW; KELTON, 1991). Assim, em vez de usar os valores exatos gerados em cada replicação, considera-se as variáveis como sendo representadas por suas funções de distribuição de probabilidade.

Considerando que as variáveis  $FC_{i,j,k,l,c,z}$  e  $FC_{i,c,z}$  sejam variáveis independentes que podem ser escritas na forma de funções de distribuição normais, a subtração dessas duas variáveis aleatórias seria dada pela subtração das respectivas funções de distribuição e resultaria em uma terceira variável aleatória. A média da função de distribuição resultante é a subtração das médias das funções originais, enquanto a variância é a soma das variâncias originais.

$$FCA_{i,j,k,l,c} = FC_{i,j,k,l,c} - FC_{i,c} \quad (3)$$

$$N(\mu_{FCA_{i,j,k,l,c}}; \sigma_{FCA_{i,j,k,l,c}}^2) = N(\mu_{FC_{i,j,k,l,c}}; \sigma_{FC_{i,j,k,l,c}}^2) - N(\mu_{FC_{i,c}}; \sigma_{FC_{i,c}}^2) \quad (4)$$

$$N(\mu_{FCA_{i,j,k,l,c}}; \sigma_{FCA_{i,j,k,l,c}}^2) = N(\mu_{FC_{i,j,k,l,c}} - \mu_{FC_{i,c}}; \sigma_{FC_{i,j,k,l,c}}^2 + \sigma_{FC_{i,c}}^2) \quad (5)$$

Finalmente, o NPV sistêmico e dinâmico de um experimento é dado pela subtração do investimento necessário para o exercício das opções estratégicas do fluxo de caixa adicionado trazido a valor presente

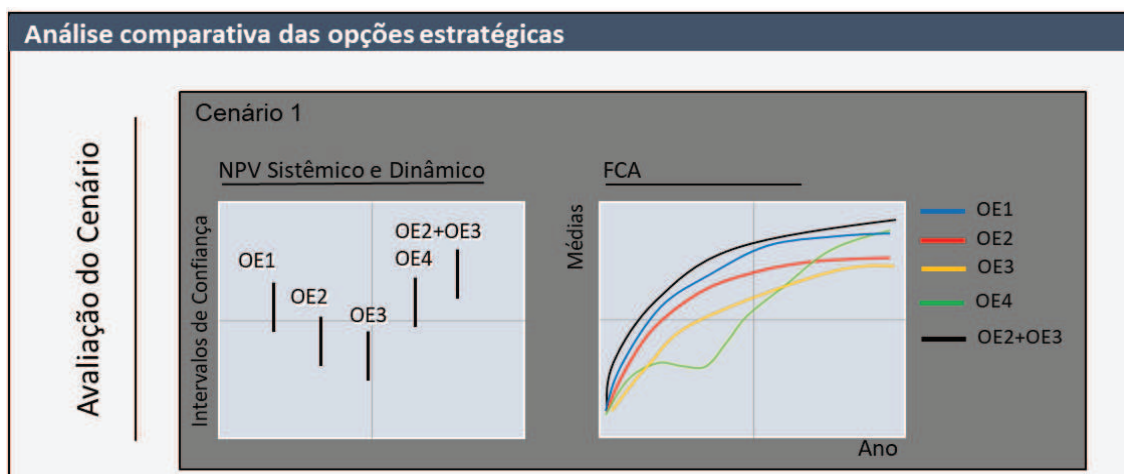
$$NPVSD_{j,k,l,c} = \sum_{i=1}^n \frac{FCA_{i,j,k,l,c}}{(1+r)^i} - I \quad (6)$$

onde:  $r$  é a taxa de retorno e  $I$  é o investimento inicial.

No entanto, como o fluxo de caixa acumulado é uma variável escrita sob a forma de uma função de distribuição, também o NPVSD pode ser descrito por uma média e um intervalo de confiança.

Uma vez calculados os NPV sistêmicos e dinâmicos para cada experimento, é possível proceder as análises, a fim de gerar subsídios para a tomada de decisão. Uma primeira análise permite comparar os resultados das diversas opções estratégicas para um dado cenário. Nessa análise é possível verificar qual opção estratégica apresenta maior NPVSD em um dado cenário. Também é possível observar se há efeito sinérgico entre as opções estratégicas. A Figura 26 exemplifica essa análise para quatro opções estratégicas em um cenário.

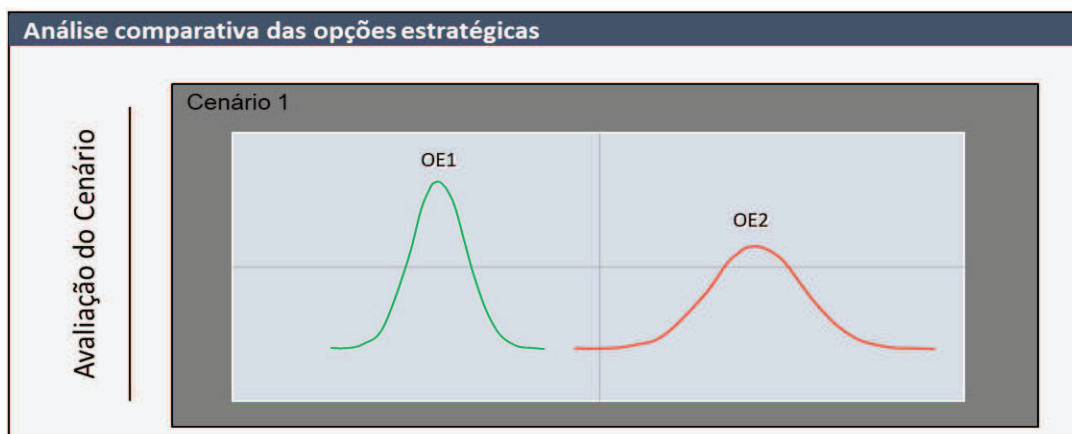
Figura 26 – Exemplo de Análise Comparativa das Opções Estratégicas



Fonte: Elaborado pela autora

Quando não ocorre intersecção entre os intervalos de confiança, é possível afirmar que uma opção estratégica é efetivamente melhor do que outra para um dado cenário. A partir do uso do teste ANOVA, é possível verificar se as opções estratégicas são estatisticamente diferentes para um dado nível de significância. A Figura 27 exemplifica essa situação.

Figura 27 – Exemplo de Opções Estatisticamente Diferentes



Fonte: Elaborado pela autora

Mesmo nos casos em que o teste indica que não há uma diferença estatística entre as opções estratégicas, é possível, com o uso da variável reduzida  $Z$ , que uma análise gerencial indique a probabilidade de uma opção ser melhor do que outra em um dado cenário. A Figura 28 exemplifica um caso em que, por haver sobreposição de resultados, não é possível afirmar que as opções estratégicas apresentem resultados estatisticamente diferentes para um dado cenário. Nesse caso, a área hachurada representa a probabilidade de a opção estratégica 2 apresentar resultado superior à opção estratégica 1 no cenário 1.

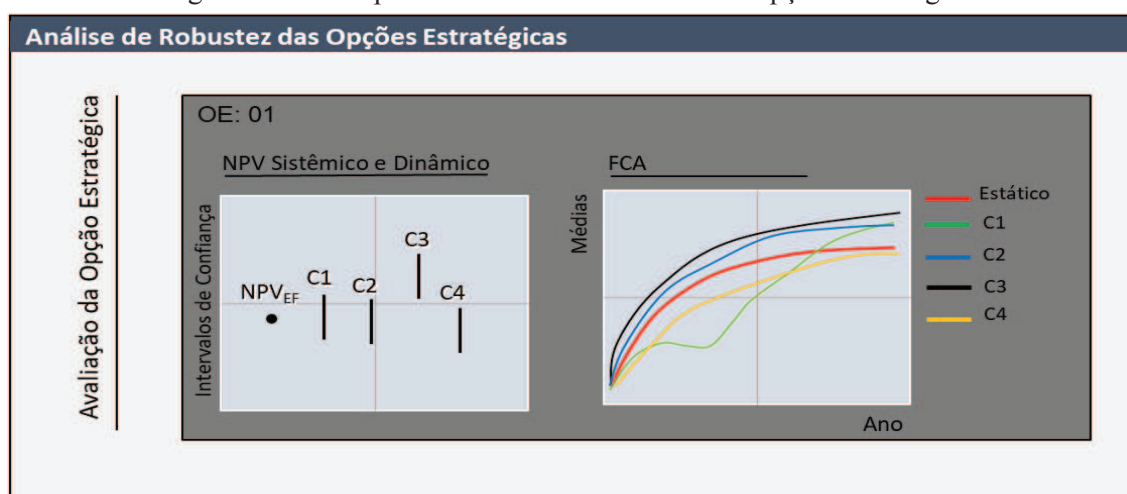
Figura 28 – Exemplo de Opções Não Estatisticamente Diferentes



Fonte: Elaborado pela autora

A segunda análise diz respeito à robustez das opções estratégicas. Uma opção é considerada tão mais robusta quanto maior for o número de cenários em que o NPV sistêmico e dinâmico superar o valor do NPV estático e fragmentado calculado de maneira tradicional pela empresa. A Figura 29 exemplifica os resultados esperados dessa análise para uma opção estratégica OE1 nos cenários de 1 a 4. No gráfico, do lado esquerdo, compara-se os intervalos de confiança dos NPVSD nos diversos cenários com NPV estático e fragmentado. O gráfico do lado direito mostra a comparação dos FCA em cada cenário com o fluxo de caixa original utilizado para o cálculo do NPV estático e fragmentado.

Figura 29 – Exemplo de Análise de Robustez das Opções Estratégicas

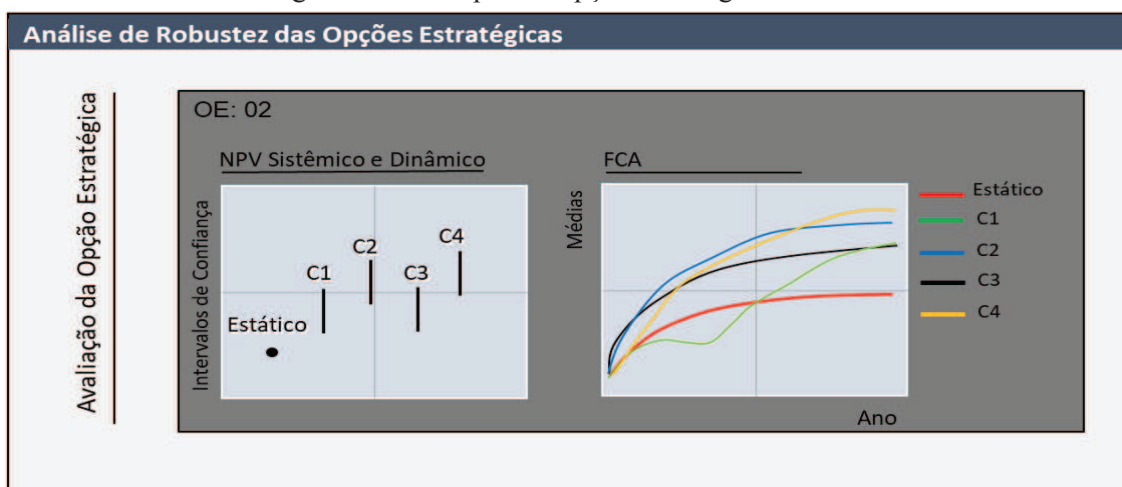


Fonte: Elaborado pela autora

Quanto maior é o número de cenários em que o NPVSD superar o NPV estático e fragmentado, mais robusta é considerada a opção estratégica. A opção estratégica 1, ilustrada

na Figura 29, é uma opção pouco robusta, uma vez que somente no cenário 3 o intervalo de confiança do NPVSD supera o NPV estático e fragmentado. Por sua vez, a Figura 30 exemplifica a análise para a opção estratégica 2, mostrando que os intervalos de confiança dos NPVSD superam o valor do NPV estático em todos os cenários, e que, da mesma forma, os FCA superam o fluxo de caixa estático. Assim, a opção estratégica 2 é mais robusta do que a opção estratégica 1.

Figura 30 - Exemplo de Opção Estratégica Robusta



Fonte: Elaborado pela autora

Uma terceira e última análise permite avaliar se uma dada opção estratégica apresenta resultado diferente nos diversos cenários, ou se o seu NPVSD independe do cenário. Como discutido, o teste ANOVA pode ser utilizado para essa avaliação.

Tais análises não informam de modo inequívoco que opção estratégica deve ser exercida pela empresa. No entanto, como é de sua natureza, os modelos de suporte à tomada de decisão fornecem subsídios para que a decisão seja feita de maneira embasada. Eventualmente, pode ocorrer de uma opção estratégica ser robusta e apresentar resultado superior a todas as demais, em todos os cenários. Nesse caso, não há dúvidas de que a opção deve ser exercida. Porém, também é possível que uma opção, embora robusta, apresente resultados inferiores a outras em alguns ou ainda em todos os cenários. A Tabela 7, por exemplo, apresenta resultados hipotéticos de quatro opções estratégicas em quatro diferentes cenários.



Tabela 7 – Exemplo Resultados Opções Estratégicas

	NPV estático	NPVSD (média)			
		C1	C2	C3	C4
OE1	4.000	-1.000	1.000	1.000	10.000
OE2	1.000	1.500	1.500	1.500	1.500
OE3	2.000	2.100	3.000	-1.200	5.000
OE4	3.000	1.500	-1.200	3.500	4.000

Fonte: Elaborado pela autora

Nesse exemplo, a opção 2 é a mais robusta, uma vez que apresenta NPVSD superior ao NPV estático em todos os cenários. No entanto, o maior resultado é encontrado quando a opção estratégica 1 é exercida no cenário 4. Há outras opções que apresentam resultados superiores aos da opção 2. A decisão de que opção estratégica deve ser exercida depende de outros fatores, como o *timing* para a realização do investimento. Caso o exercício da opção deva ocorrer logo, considerando a incerteza sobre qual cenário futuro se configura, a melhor escolha talvez seja a opção 2, pois ela é a chamada “*no-regrets moves*” (COURTNEY; KIRKLAND; VIGUERIE, 1997). Entretanto, se for possível exercer a opção de postergar o investimento, a empresa pode se valer do uso dos sinalizadores para monitorar qual cenário está se configurando. A partir de uma melhor visualização do futuro seleciona, então, a opção que apresenta melhor resultado para o respectivo cenário. Por exemplo, caso os sinalizadores apontem para o cenário 4, a escolha deve recair sobre a opção 1, enquanto que a opção 3 deve ser selecionada se os sinalizadores apontarem para o cenário 3.

Ainda há que se considerar o volume de investimento requerido por cada iniciativa, bem como os limites de endividamento aceitos pela empresa. Apresentada a proposta de artefato, a próxima seção discute os requisitos de uso.

#### 4.5 REQUISITOS PARA USO DO ARTEFATO

A aplicação do método proposto para a avaliação sistêmica e dinâmica de opções estratégicas requer algumas características da organização. Esta seção propõe discutir esses requisitos e apontar alternativas para minimizar os impactos quando esses requisitos não estão presentes.

O primeiro grupo de requisitos diz respeito ao mercado em que a organização está inserido. O método foi concebido para organizações que operam em ambientes de oligopólio, em que existe um número reduzido de *players*, sendo que a ação de cada um deles tem

impacto significativo sobre o mercado como um todo. Também é importante que o produto tenha características de *commodity*, isto é, que o aspecto principal seja a padronização e não a diferenciação (JANK; NAKAHODO, 2006), o que faz com que os clientes possam facilmente migrar de um fornecedor para outro. O produto pode, ainda, ser mercadoria em estado bruto ou produto primário de importância comercial, mas não é preciso que seja restrito a essas características. (SANDRONI, 2001).

O segundo grupo de requisitos aborda os conhecimentos e habilidades, relacionados ao método, que devem estar presentes na equipe de trabalho. Para tanto, sugere-se a divisão dos integrantes em três grupos: condutor, consultivo e executivo.

O grupo condutor é a equipe responsável pela condução das reuniões, visando à correta aplicação do método. Cabe à equipe: i) a elaboração e divulgação do cronograma de trabalho; ii) o planejamento das reuniões; iii) a pesquisa e disponibilização de materiais que subsidiem o andamento do trabalho; iv) a condução das reuniões; v) o registro e a distribuição das deliberações das reuniões; e vi) a execução das atividades definidas nas reuniões. Dentre essas atividades, destaca-se a construção do modelo de dinâmica de sistemas. Idealmente, a equipe deve ser formada por três pesquisadores que assumam os seguintes papéis definidos por Moreira (2005): i) n1 ou guardião do método; ii) n2 ou verbalizador; e iii) n3 ou gestor do conhecimento. No entanto, outros integrantes podem fazer parte do grupo. Os que assumem os papéis de n1 e n2 devem ter sólidos conhecimentos e experiência na aplicação do método de Pensamento Sistêmico e Planejamento de Cenários. Um dos integrantes deve ser especialista em modelagem de dinâmica de sistemas e alguém deve ter conhecimentos básicos de estatística para suportar os cálculos necessários.

O grupo consultivo deve ser formado pela alta administração da empresa. Esse grupo é o principal cliente do método como um todo e do modelo de avaliação em específico. De acordo com Sterman (2000), o cliente é o afetado pelo problema, e seu comportamento deve ser alterado para que o problema seja resolvido. É o grupo consultivo que, ao final, toma as decisões estratégicas da empresa, com ou sem o auxílio de uma ferramenta de apoio à decisão. O conhecimento tácito dos componentes desse grupo é fundamental para a construção do modelo. Também é primordial que o grupo tenha confiança no modelo desenvolvido, caso contrário, ele não será utilizado. As funções do grupo consultivo incluem: i) definir as decisões estratégicas a serem modeladas; ii) definir os cenários nos quais as decisões serão avaliadas; iii) validar as decisões tomadas pelos grupos consultivo e executivo; iv) cobrar para que as atividades sejam realizadas de acordo com o planejamento; e v) validar os produtos resultantes.

Por fim, o grupo executivo deve ser formado por gerentes de áreas-chave, como Marketing, Planejamento Estratégico e Inteligência de Mercado. Esse grupo tem como função contribuir com o conhecimento tácito, mas sobretudo participar ativamente da construção do modelo. Suas atribuições são: i) a coleta e o fornecimento dos dados necessários para a construção do modelo; ii) a explicitação das regras de negócio a serem consideradas na construção do modelo; iii) a validação dos resultados produzidos pelo modelo. É importante que seja definido um integrante do grupo executivo para ser ponto focal de contato da organização com o grupo condutor.

A aplicação do método é facilitada quando os participantes dos grupos consultivo e executivo têm conhecimento do método sistêmico. Dessa forma, os conceitos, as técnicas e ferramentas utilizadas, como a linguagem sistêmica, os tipos de arquétipos, os modelos mentais, etc., são de conhecimento dos integrantes, tornando o trabalho mais focado e produtivo. Porém, é possível suprir eventuais lacunas com uma formação prévia à aplicação do método proposto, ou mesmo intercalando momentos de formação a reuniões de trabalho. Essa decisão deve ficar a cargo do n1 e do ponto focal do grupo executivo da empresa.

O terceiro grupo de requisitos contempla os conhecimentos específicos necessários à aplicação do método. Considerando que o método, em geral, e o modelo, em específico, pretendem simular o comportamento do mercado frente ao exercício de opções estratégicas da empresa, o conhecimento profundo do mercado deve estar presente na equipe. Esse conhecimento pode estar concentrado em uma área específica, como a de inteligência de mercado, ou disperso em mais de uma área da empresa. O importante é que se tenha acesso às informações necessárias para a construção do modelo. Dentre as informações necessárias, destaca-se dados sobre os demais *players* – concorrentes e clientes. É fundamental conhecer aspectos como capacidades e custos de produção, bem como futuros projetos de ampliação que tenham sido anunciados. Outro conhecimento fundamental é o relativo à explicitação das regras de negócio. Porém, não só dados de mercado são necessários. Informações internas da empresa, como capacidade produtiva, composição de custos, bem como possíveis restrições – logísticas, ambientais, etc. – e os respectivos investimentos necessários para saná-las também são importantes para avaliar os impactos das opções estratégicas para a empresa.

Por fim, o último grupo de requisitos diz respeito às questões técnicas, principalmente às vinculadas ao modelo de dinâmica de sistemas propriamente dito. É fundamental a disponibilidade de um software para construção e uso do modelo. Embora estudos estejam sendo feitos no sentido de criar uma linguagem intercambiável para o desenvolvimento de modelos de dinâmica de sistemas (DICKER; ALLEN, 2005; EBERLEIN; CHICHAKLY,

2013), a realidade ainda é a de que a migração de um modelo de um software para outro é uma atividade, no mínimo, trabalhosa. Dessa forma, é altamente recomendável que o modelo seja desenvolvido no mesmo software em que será utilizado. Quanto ao hardware, é importante que haja uma boa capacidade de processamento, uma vez que o número de experimentos a serem simulados tende a ser alto, dependendo da combinação de opções estratégicas e de cenários e das inúmeras replicações necessárias para cada um. Concluído o projeto e desenvolvido o método proposto, o próximo capítulo descreve a aplicação com vias à avaliação do artefato.

## 5 APLICAÇÃO DO ARTEFATO

Há vários métodos que podem ser utilizados para a avaliação de um artefato. (HEVNER et al., 2004; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015). Nesta pesquisa, optou-se por um método experimental, realizando um experimento controlado em que as características qualitativas do artefato (viabilidade técnica e operacional de gerar os resultados desejados e a facilidade de uso) podem ser avaliadas. (HEVNER et al., 2004; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015). Foi também efetuado um teste funcional, chamado de *black-box*, que consiste na execução do método para verificar suas interfaces a fim de identificar possíveis erros ou defeitos. (HEVNER et al., 2004).

Assim, o presente capítulo descreve o processo de aplicação do artefato com vistas à avaliá-lo. Inicia-se abordando o contexto da pesquisa e apresentando a empresa analisada e o mercado no qual ela se insere. As seções subsequentes descrevem as diversas etapas do método, relatando os resultados parciais da aplicação do método proposto e exemplificando os produtos de cada etapa. O capítulo encerra com a construção do modelo computacional. Os resultados das simulações e as respectivas análises encontram-se no Capítulo 6.

### 5.1 CONTEXTO DA PESQUISA

Nesta seção apresenta-se uma breve descrição da empresa, dos produtos e processos, bem como do mercado em que ela está inserida, com o intuito de contextualizar o ambiente da pesquisa. É importante salientar que não se tem a pretensão de abordar a totalidade desses temas.

#### 5.1.1 A Empresa

A empresa que serve de unidade de análise para a aplicação do método proposto tem capital fechado e atua no segmento de mineração. Os principais produtos de seu portfólio são pelotas de minério de ferro, dispostas em duas grandes categorias, redução direta (DR) e alto-forno (BF) e finos (*pellet feed* e *sinter feed*). Seu processo inclui a extração, o beneficiamento, a pelotização e a venda do minério de ferro. Com foco no mercado externo, a empresa foi responsável, em 2014, por 1% da receita de exportação do Brasil, sendo a 10ª exportadora do país.

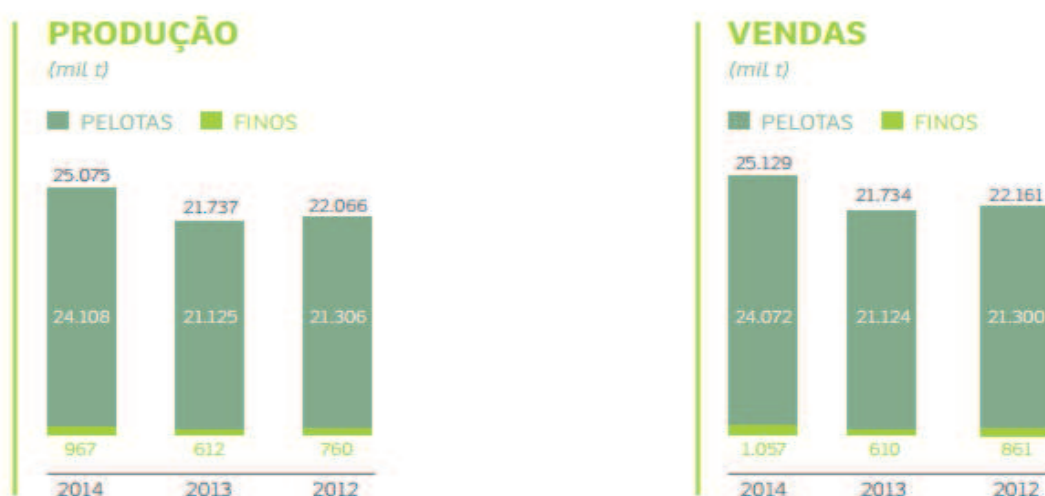
A sede corporativa da empresa localiza-se em Belo Horizonte (MG), e seus escritórios de vendas situam-se, no Brasil, em Vitória (ES), e no exterior, em Amsterdã, na Holanda, e

Hong Kong, na China. Atende clientes localizados em 19 países, na Europa, nas Américas, na Ásia, na África e no Oriente Médio. As operações localizam-se nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, empregando cerca de 6,5 mil empregados, entre próprios e contratados. Além das operações industriais, a empresa detém uma usina hidrelétrica no Espírito Santo, e participa do consórcio de outra usina hidrelétrica em Minas Gerais.

O processo produtivo se inicia com a extração de minério de ferro em minas a céu no estado de Minas Gerais. O minério extraído é transportado, por meio de um sistema de correias transportadoras, até os concentradores, onde o teor de ferro é aumentado pelo processo de beneficiamento. Na sequência, é adicionada água ao minério, a fim de ajustar o teor de sólidos. A polpa resultante é bombeada por meio de minerodutos para a unidade industrial, no município de Anchieta, no Espírito Santo. Rejeitos e estéreis gerados no processo são armazenados em barragens e pilhas de estéreis. Estudos têm sido conduzidos no sentido de promover o aproveitamento desses materiais.

Após o recebimento da polpa de minério de ferro, ocorre a filtragem, para reduzir a água, e a adição de insumos necessários ao processo de pelletização. Após a formação das pelotas, estas recebem tratamento térmico a fim de obterem características de resistência necessárias ao transporte, ficando estocadas em pátios até embarque no terminal marítimo da empresa. Em 2014, após um projeto de expansão, a capacidade de produção foi ampliada em 37% passando para 30,5 milhões de toneladas. A Figura 31 apresenta a evolução da produção de finos e pelotas nos últimos 3 anos.

Figura 31 – Evolução da Produção e Vendas de Pelotas e Finos



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Como consequência, os resultados financeiros da empresa também apresentaram evolução, conforme ilustrado na Tabela 8.

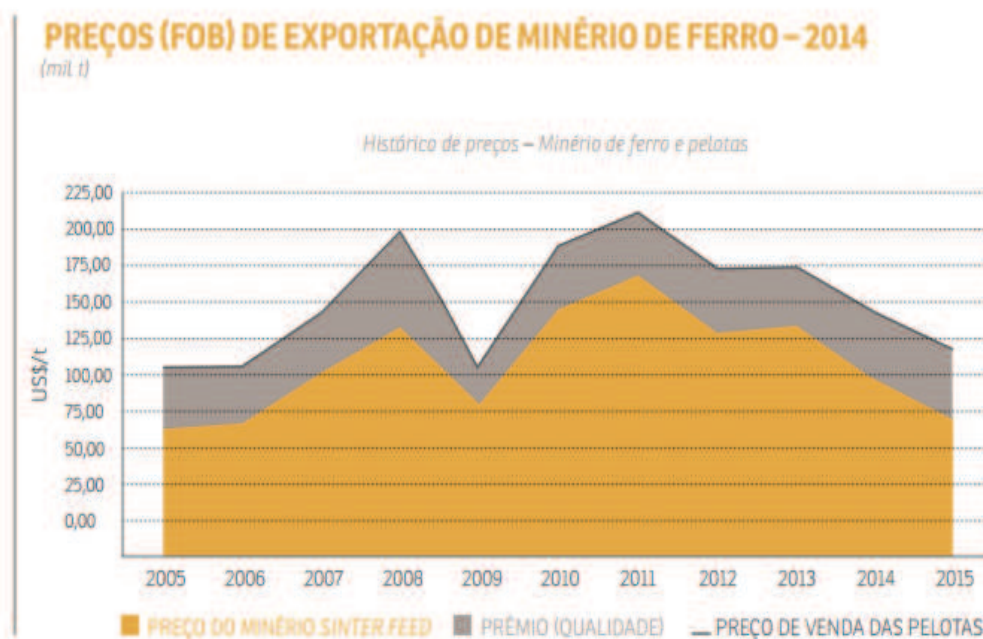
Tabela 8 – Resultados Financeiros (em milhões R\$)

Indicador	2014	2013	2012
Receita Bruta	7.601	7.240	6.611
Receita Líquida	7.537	7.204	6.550
Lucro Líquido	2.806	2.731	2.646

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

O aumento no volume de produção e vendas não se reflete totalmente em resultado financeiro devido ao recuo do preço do minério de ferro bruto de origem brasileira, que caiu de US\$ 100,5/tonelada, em janeiro de 2014, para US\$ 53,3/tonelada, em dezembro do mesmo ano, o que representa um recuo de 47%. O prêmio da pelota – diferença entre os preços de pelotas e de finos de minério de ferro – manteve-se relativamente estável, como mostra a Figura 32.

Figura 32 - Evolução Preço FOB de Minério de Ferro

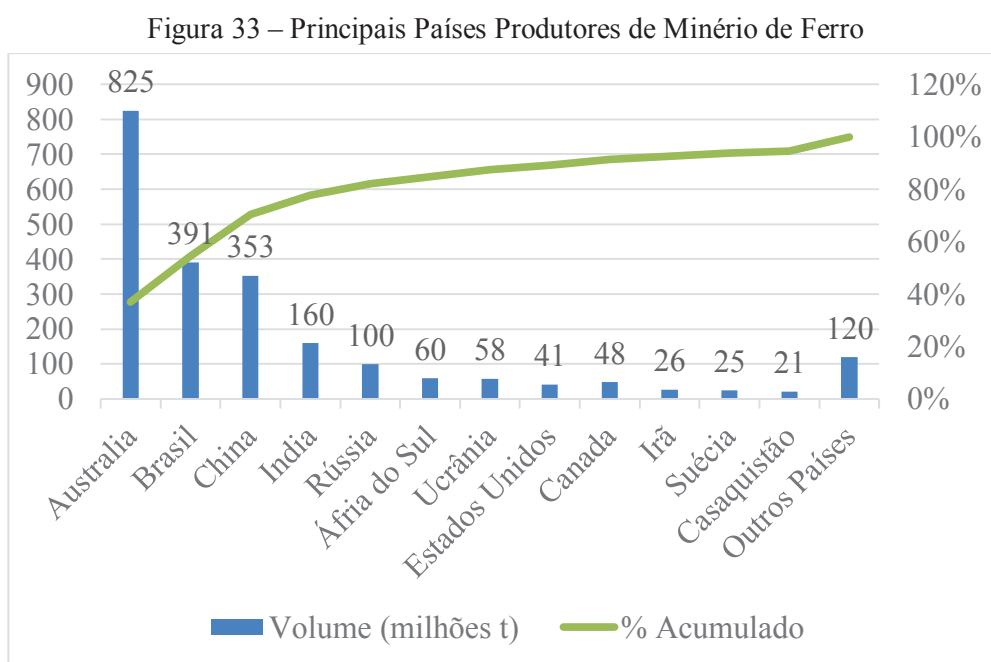


Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Os minérios de ferro produzidos pela empresa constituem-se em matéria prima para a produção de aço, conforme será detalhado a seguir.

### 5.1.2 Os Mercados de Minério de Ferro e de Aço

O minério de ferro é uma substância rica em óxido de ferro; é encontrado em uma das seguintes formas: magnetita, hematita, limonita, siderita, pirita e goetita. (REDDY et al., 2013). O ferro metálico é usado principalmente na produção de aço. (BROWN, 2015). A produção de minério de ferro é altamente concentrada, tanto em termos de país como de empresas. (AUSTRALIA, 2017). A China é o maior produtor e consumidor de ferro do mundo, no entanto suas reservas apresentam baixo teor de ferro. Quando a produção da China é ajustada ao teor médio de produção mundial, o país é ultrapassado por Austrália e Brasil. (TUCK, 2017). Somando-se a produção de China, Austrália, Brasil, Índia e Rússia, tem-se 82% da produção mundial, como ilustra a Figura 33.

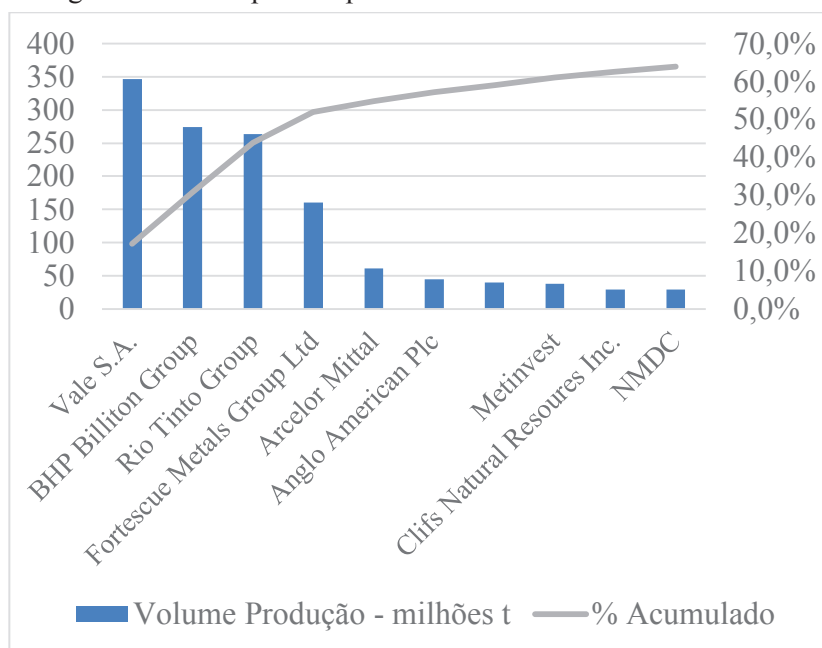


Fonte: Adaptado de Tuck (2017)

Em termos de empresas, os quatro maiores produtores respondem por cerca de 50% da produção mundial, e os dez maiores detém 64% da produção mundial, sendo que o 10º produtor representa apenas 1,4%. Esses dados, ilustrados na Figura 34, evidenciam a grande concentração do mercado de minério de ferro.



Figura 34 - Principais Empresas Produtoras de Minério de Ferro



Fonte: Adaptado de Löff e Ericsson (2016)

A carga de minério de ferro para produção de aço pode ser feita sob a forma de granulados (*lump*), sinter (produzido a partir de finos, *sinter feed*) ou pelotas. (GUPTA, 2010). O mercado total de pelotas, em 2014, foi de cerca de 500 milhões de toneladas, enquanto o mercado *seaborne* foi de cerca de 115 milhões de toneladas. Os principais produtores de pelota são a Vale, a Samarco, a Cliffs, a LKAB e Mettalloinvest. (LKAB, 2014).

A produção de aço possui duas principais rotas tecnológicas. Nas usinas integradas, com os altos-fornos, também chamados de *blast furnace*, é produzido o ferro gusa, enquanto nas usinas com redução direta, equipadas com fornos elétricos, é produzido o ferro esponja. (COSTA, 2002). A partir do ferro gusa e do ferro esponja, as usinas siderúrgicas produzem o aço. (COSTA, 2002). A empresa em que foi realizada a aplicação possui pelotas diferenciadas destinadas a cada uma dessas rotas (pelota BF e pelota DR).

Segundo a OECD, a capacidade mundial de produção de aço, em 2014, era de aproximadamente 2,32 bilhões de toneladas, com uma utilização ao redor de 70%. Praticamente metade da capacidade de produção encontra-se na China. Os países membros da OECD na Europa representam 12% da capacidade mundial e os da Ásia (Japão e Coreia) respondem por 9%. Os países da Comunidade dos Estados Independentes contribuem com mais 6%, com destaque para Rússia e Ucrânia, enquanto a Índia representa 5% da capacidade

mundial. Em termos de empresas, ao contrário do mercado de minério de ferro, o mercado de aço é mais pulverizado. (CARVALHO, 2017; SEKIGUCHI et al., 2016).

Nesta seção, busca-se apresentar as informações necessárias para contextualizar a pesquisa. Como discutido na seção 4.5, dados e informações detalhadas são necessários para a construção do artefato, cabendo à empresa providenciar e disponibilizar acesso a eles. A próxima seção descreve a aplicação do artefato na empresa que é unidade de análise para esta pesquisa.

## 5.2 APLICAÇÃO DO ARTEFATO PROPOSTO

Na sequência, são descritas as etapas desenvolvidas ao longo da aplicação do método proposto. Detalha-se a equipe de trabalho e as diversas etapas, exemplificando as atividades e os resultados obtidos em cada uma delas.

### 5.2.1 A Equipe do Trabalho

Para a realização deste trabalho foi constituído um grupo multidisciplinar de acordo com os requisitos discutidos. O grupo condutor foi composto por dois profissionais com ampla experiência na aplicação do método PSPC; ambos participavam presencialmente das reuniões, sendo um deles o autor desta pesquisa. Além disso, fizeram parte do grupo um especialista em tratamento de dados e um especialista em modelagem de dinâmica de sistemas, ambos trabalhando em *back-office*.

O grupo consultivo foi formado pelo presidente e pelos cinco diretores da empresa, garantindo a representatividade de todas as áreas. Dado seu caráter estratégico, esse grupo envolveu-se totalmente na construção das duas primeiras etapas, quais sejam, o entendimento sistêmico e a visualização dos cenários. Nas demais etapas, desempenhou um papel efetivamente consultivo, participando das atividades sob demanda do grupo condutor e validando as definições tomadas com o grupo executivo.

O grupo executivo era composto por gerentes gerais e gerentes das áreas de gestão, estratégia e inteligência de mercado. Esse grupo participou ativamente das etapas de modelagem conceitual, de definição das regras de negócio e de elaboração da base de dados. Era, também, o ponto de contato do grupo condutor para o esclarecimento de dúvidas e para a realização das demais atividades.

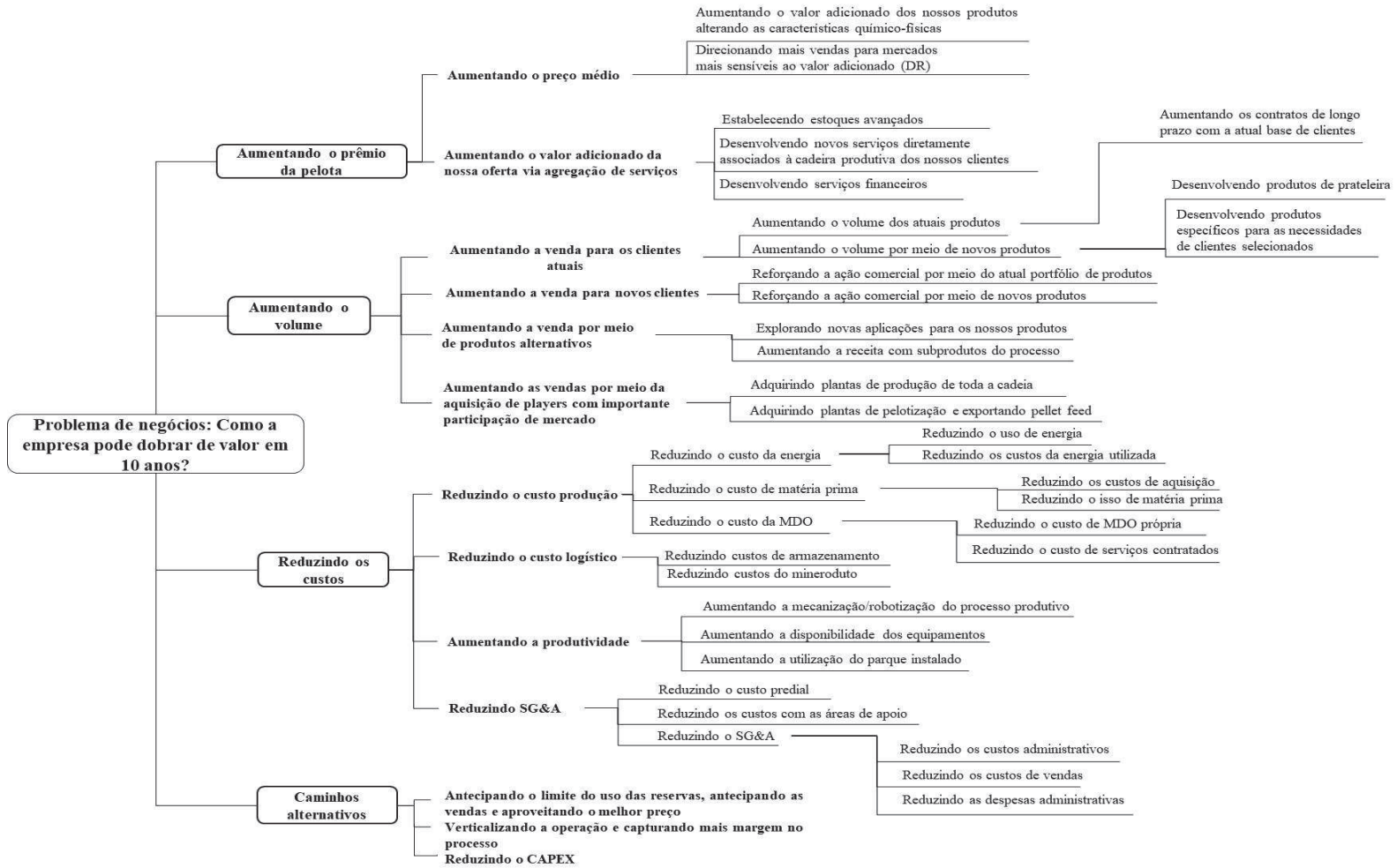
### 5.2.2 Entendimento Sistêmico das Decisões Estratégicas

A primeira atividade teve como objetivo o entendimento sistêmico das decisões estratégicas. Na primeira reunião, da qual participaram os grupos consultivo e executivo, foram formalizadas a situação de interesse e as questões norteadoras. A partir de um diálogo aberto entre os participantes, foram feitas anotações para registro das ideias principais, para posterior formulação de uma frase que sintetizasse a ideia principal do trabalho. A frase síntese da situação de interesse foi: o objetivo é a construção de uma **infraestrutura**, principalmente lógica, para **reflexão e visualização** dos cenários de **longo prazo**, superiores a 5 anos, que sirva de apoio ao **processo decisório estratégico** da empresa.

Seguindo o mesmo processo, foram estabelecidas as questões norteadoras, que detalham a forma como a situação de interesse deve ser trabalhada. As seguintes questões norteadoras foram formuladas: i) Como o ambiente de “**sala de cenários**”, que será aportado por modelos dinâmicos, relatórios de inteligência de mercado e de negócio, sinalizadores, etc., propiciará a **reflexão estratégica** do *board* da empresa em termos **sistêmicos** de longo prazo? ii) Dado que a estratégia da empresa tem claramente um direcionamento para **o aumento de valor**, quais são os elementos **alavancadores e limitantes** para esse incremento, que possibilitam uma **postura estratégica antecipada** e não reativa aos possíveis eventos futuros? iii) Quais são os **impactos sistêmicos** das possíveis avenidas de crescimento sobre o **valor** da empresa?

A partir dessas definições, é possível perceber que a empresa possuía um direcionador estratégico, a saber, o aumento de valor, mas que não tinha claro entendimento dos impactos sistêmicos de suas opções estratégicas. Como ponto de partida para esse entendimento sistêmico, foi utilizado um material prévio da empresa que listava alguns possíveis caminhos de crescimento que haviam sido anteriormente identificados. Estes se encontram ilustrados na Figura 35.

Figura 35 – Caminhos Iniciais para o Aumento de Valor



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Originalmente, o método proposto tinha como pressuposto que as opções estratégicas estariam previamente definidas, de modo que a etapa de entendimento sistêmico das decisões estratégicas teria como objetivo entender apenas os impactos sistêmicos das decisões sobre o resultado da empresa. No entanto, como as opções estratégicas não estavam claramente definidas, as ferramentas do PSPC foram utilizadas também para formalizar as opções estratégicas.

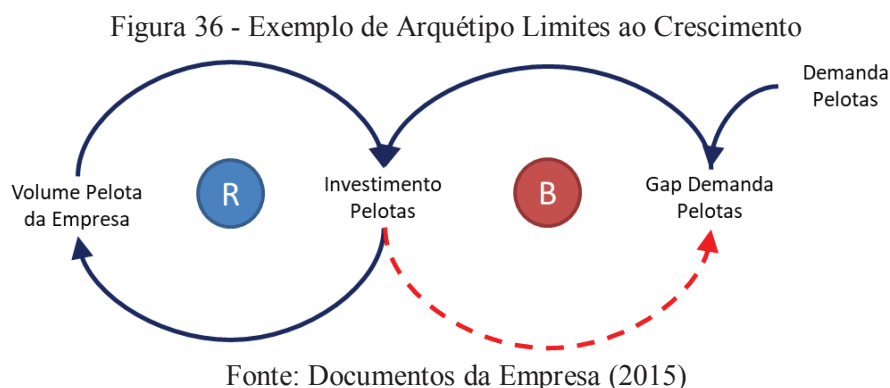
Como ferramenta para a realização do entendimento sistêmico, optou-se pelo uso de arquétipos para a construção da estrutura sistêmica. Dada a natureza do tema, foram selecionados os seguintes arquétipos: limites ao crescimento, tragédia da propriedade comum e crescimento e subinvestimento. O primeiro tem como principal objetivo identificar os alavancadores do crescimento, bem como as possíveis restrições a serem enfrentadas. O segundo arquétipo procura explicitar as relações sistêmicas do uso de recursos compartilhados por mais de um ator. O último arquétipo complementa a análise dos “limites ao crescimento”, trazendo uma reflexão sobre a existência de *delay* entre o investimento e seus efetivos resultados, visando a eliminar os aspectos limitantes.

Em termos de perfil dos participantes, uma parte detinha conhecimentos da linguagem sistêmica e dos arquétipos, por terem participado previamente de outros projetos. Outros, no entanto, teriam o primeiro contato com o método. Assim, optou-se por realizar uma breve formação durante a própria reunião, para instrumentalizar minimamente os participantes neófitos que depois trabalhariam nos grupos com apoio dos demais. Os participantes foram divididos em grupos de trabalho para elaboração dos arquétipos, tomando-se cuidado para distribuir os participantes com mais experiência entre todos os grupos.

Foram produzidos, na primeira reunião, um total de 13 arquétipos, que posteriormente foram consolidados em uma primeira versão de estrutura sistêmica; destes, 3 são apresentados a seguir, a título de exemplo. É importante salientar que os arquétipos apresentam as relações simplificadaamente, não explicitando todas as relações causais presentes no sistema. O detalhamento é feito quando da consolidação da estrutura sistêmica. Em alguns casos, o grupo pode não ser capaz de construir o arquétipo de maneira precisa, porém, ainda assim, as relações sistêmicas representadas podem ser aproveitadas. É importante entender que o uso dos arquétipos não é um fim em si, mas um meio de gerar reflexão no grupo para que as relações sistêmicas sejam formalizadas.

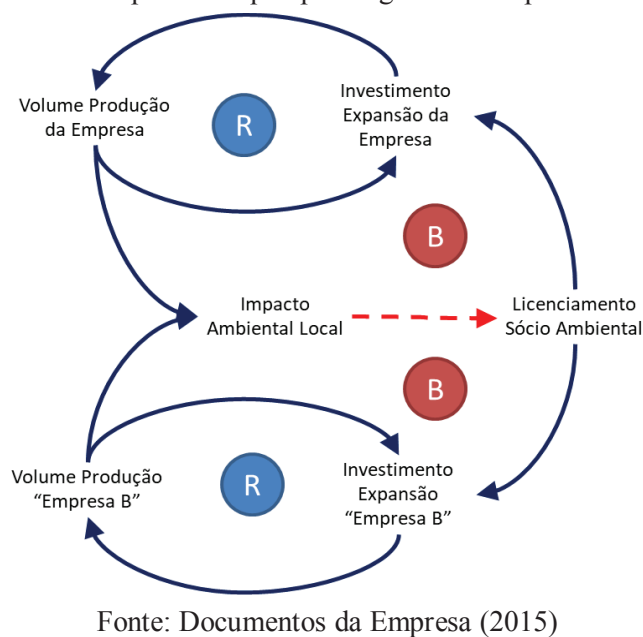
O primeiro arquétipo, ilustrado na Figura 36, apresenta um exemplo de “limites ao crescimento”. O enlace reforçador representa que o investimento em maior capacidade de produção de pelotas permite um maior volume de produção de pelotas, levando a um maior

resultado que, por sua vez, poderia ser revertido em investimento em novo aumento de capacidade. Porém, o enlace balanceador mostra que o investimento em maior capacidade aumentaria a oferta global de pelotas, que, dada uma demanda projetada, reduziria o gap de demanda por pelotas, limitando novos investimentos.



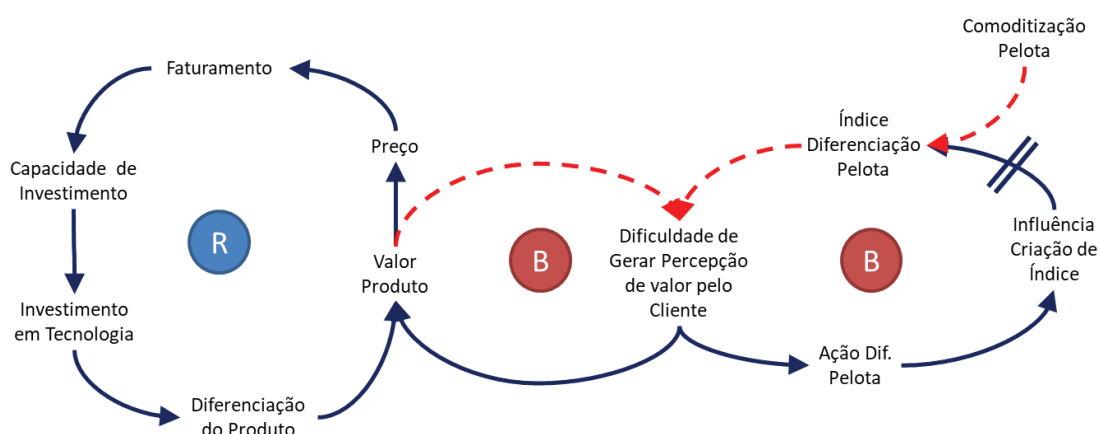
O segundo exemplo de arquétipo, tragédia da propriedade comum, ilustrado na Figura 37, repete a ideia anterior nos enlaces reforçadores. Isso significa que investimentos em expansão permitem maior volume de produção, que geram mais recursos, que podem ser reinvestidos em novos projetos de expansão. Essa lógica é verdadeira para a empresa, mas também o é para outras empresas da região, denominadas no arquétipo genericamente como “Empresas B”. Porém, os incrementos em volume de produção causam impactos ambientais locais que podem reduzir o licenciamento social das empresas, dificultando novos investimentos em expansão.

Figura 37 - Exemplo de Arquétipo Tragédia da Propriedade Comum



O terceiro exemplo de arquétipo, crescimento e subinvestimento, ilustrado na Figura 38, apresenta, no enlace reforçador, a ideia de que quanto maior é a percepção de valor do produto, maior é o preço pago pelo cliente, contribuindo para um maior faturamento, que aumenta a capacidade de investimento, potencializando os investimentos em tecnologia e levando à diferenciação do produto e à percepção de valor. No entanto, caso o valor não seja percebido pelo cliente, é necessário gerar essa percepção de valor. Quanto menor é o valor percebido, maior é a dificuldade em gerar a percepção de valor. Uma forma de gerar percepção de valor são ações no sentido de diferenciar a pelota no mercado pela criação de um índice de diferenciação, o que reduziria a dificuldade de gerar percepção de valor. No entanto, a criação desse índice é uma ação que demanda certo tempo, apresentando como restrição o modelo mental de que a pelota é uma *commodity*.

Figura 38 - Exemplo de Arquétipo Crescimento e Subinvestimento



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Os arquétipos produzidos foram consolidados após a reunião, e a estrutura sistêmica preliminar serviu de ponto de partida para a reunião seguinte, quando foi solicitado ao grupo que enriquecesse a estrutura adicionando novas variáveis e relações. Esse processo iterativo de consolidação e enriquecimento foi concluído após duas rodadas. É importante ter em mente que a estrutura sistêmica tem dois objetivos primordiais: gerar aprendizagem para o grupo e fornecer as bases necessárias para a construção do modelo conceitual. Assim, a partir do momento em que as melhorias incrementais se tornam marginais, o que deve ocorrer após duas ou três rodadas, o processo deve ser encerrado.

Ao final, a estrutura sistêmica consolidada permitiu identificar as avenidas de crescimento do valor e explicitar os impactos sistêmicos reforçadores e limitantes do

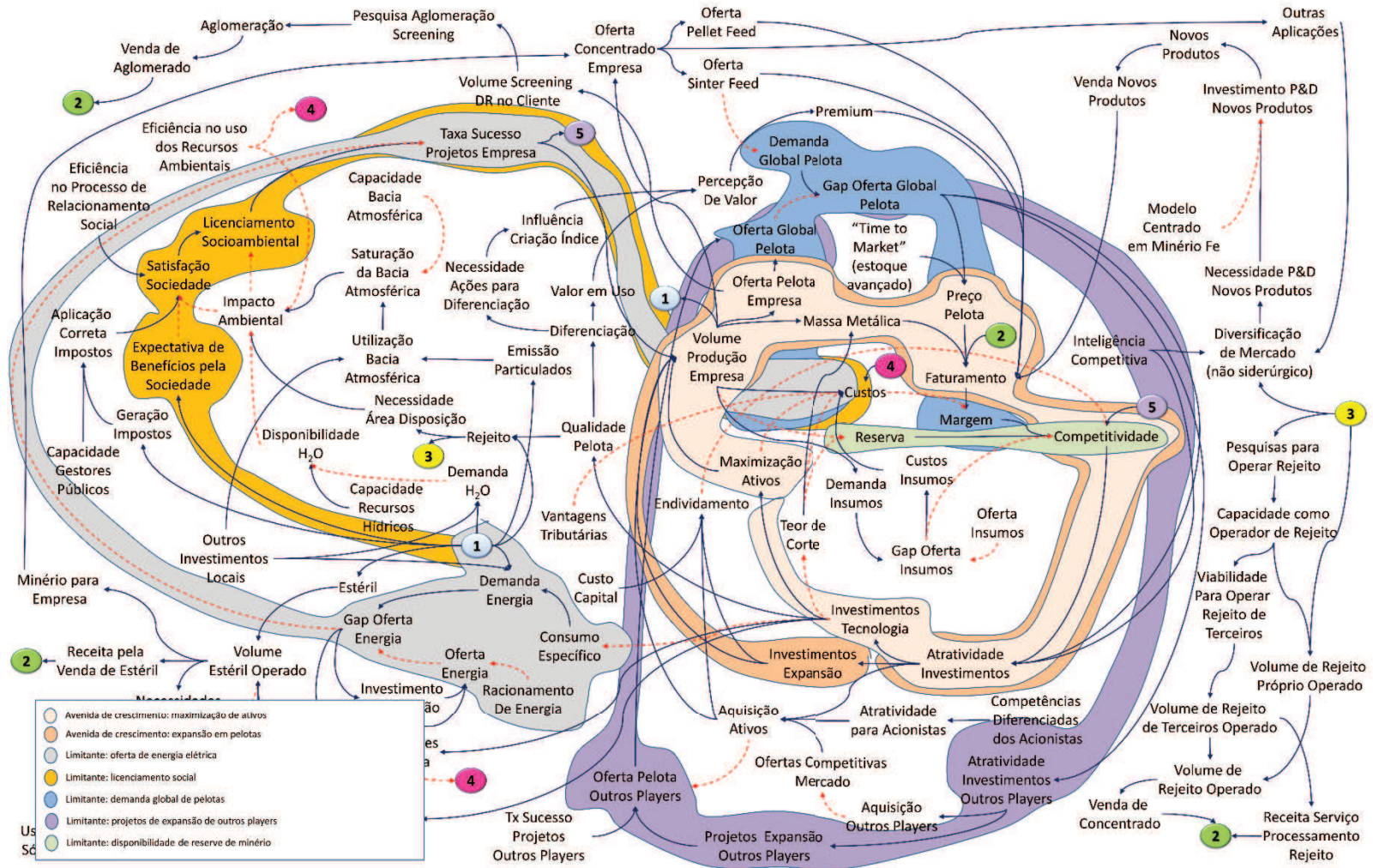
crescimento. No total, foram identificadas 11 avenidas de crescimento: i) maximização dos ativos; ii) expansão; iii) aquisição de pelotadoras; iv) diferenciação de produto; v) operação de estéril; vi) operação rejeito; vii) aglomeração; viii) estoque avançado; ix) novos usos para o minério; x) geração de energia; xi) ampliação da produção de finos. A Figura 39 apresenta a estrutura final consolidada e exemplifica duas avenidas de crescimento com alguns de seus limitantes. A avenida de crescimento de maximização de ativos está representada na área destacada em cor rosa claro, onde se encontra o enlace reforçador. Esse enlace representa que quanto maior é a maximização dos ativos, maior é o volume de produção e maior é a massa metálica ofertada. Isso leva a um maior faturamento e uma maior margem; maior margem significa maior competitividade e maior atratividade de investimentos, como em tecnologia para maximizar os ativos.

A mesma lógica é descrita no enlace reforçador da avenida de expansão em pelotas, representada na área de cor laranja claro. A diferença é que, nesse caso, o aumento de volume de produção se dá pela expansão de capacidade. Por sua vez, os limitantes são representados por enlances balanceadores. O primeiro, representado na área de cor cinza, mostra que com maior volume de produção ocorre maior demanda de energia elétrica. Dado que existe uma oferta limitada de energia, há um *gap* de oferta de energia que, por sua vez, reduz a taxa de sucesso dos projetos e provoca aumento de custos de operação e perda de competitividade, limitando novos investimentos. O outro limitante é o *gap* de licenciamento social, representado pela área de cor laranja forte. Nesse enlace, a lógica é que a cada projeto de investimento há uma grande expectativa da sociedade local na concessão de benefícios, em especial de empregos. Quando essas expectativas não são atendidas, pode haver uma perda de licenciamento social para novos projetos. O enlace representado pela área azul mostra o limitante do *gap* de oferta de pelota. Dado um nível de demanda global de pelota, uma maior oferta por parte da empresa reduziria o *gap* de oferta, gerando um impacto no preço que poderia fazer com que a margem se reduzisse, com consequente perda de competitividade.

Por fim, o último limitante exemplificado mostra que, quando há um *gap* de oferta, a empresa não é a única a querer investir em expansão para aproveitar a oportunidade. Outros *players* poderão exercer a mesma opção de investimento, aumentando a oferta global de pelotas, reduzindo o *gap* de oferta e gerando impacto sobre o preço e a margem, conforme explicado anteriormente. Essas relações sistêmicas identificadas foram consideradas na construção do modelo conceitual e na definição das regras de negócio. Porém, como o modelo conceitual deve considerar igualmente os impactos das variáveis que descrevem os cenários, é fundamental que a visualização dos cenários preceda essas etapas.



Figura 39 – Estrutura Sistêmica Final com Exemplo de Avenida e Crescimento e Limitantes



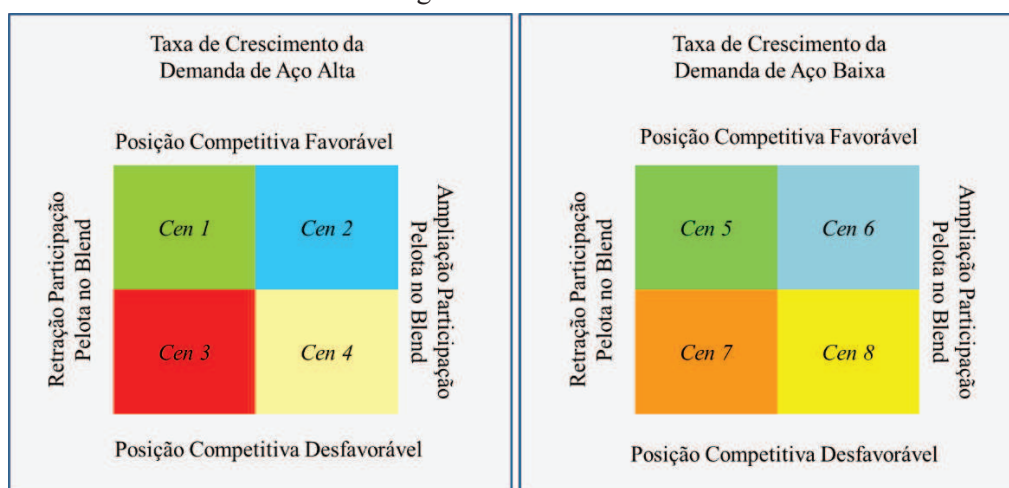
Fonte: Documentos da Empresa (2015)

### 5.2.3 Construindo os Cenários das Decisões Estratégicas

Conforme previsto no método proposto, foram utilizados os passos sugeridos por Schwartz (2000). A discussão das forças motrizes resultou na identificação de três incertezas críticas: i) demanda de aço; ii) participação da pelota na carga metálica; e iii) posição competitiva em custos. A combinação dessas três incertezas gerou oito cenários plausíveis sobre os quais as estratégias de aumento de valor da empresa irão se desenvolver, conforme ilustra a Figura 40.

Cada um dos quadrantes representa um futuro alternativo e, embora nenhum deles vá de fato ocorrer como descrito, permite que a organização reflita sobre a sua estratégia considerando diferentes realidades. Os cenários de 1 a 4 ponderam que a demanda de aço crescerá a uma taxa alta, enquanto os cenários de 5 a 8 consideram que a demanda de aço crescerá a uma taxa menor. Posteriormente, na modelagem conceitual, é definido o que significa taxa de crescimento alta ou baixa. O cenário 1 identifica uma realidade em que a demanda de aço cresce a uma taxa alta, e a empresa mantém boa posição competitiva em custos, favorecendo a estratégia de crescimento. Porém, a pelota perde espaço na participação da carga metálica, o que pode fazer com que alguma opção, como a expansão em pelotas, perca atratividade. Esse é um cenário em que a opção de investir em maior produção de finos provavelmente apresentaria melhores resultados. Por sua vez, o cenário 7 é provavelmente propício à busca de novas aplicações para o minério de ferro, uma vez que a taxa de crescimento da demanda de aço é baixa, a participação da pelota na carga metálica é reduzida e a empresa está em posição competitiva desfavorável.

Figura 40 – Cenários



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Para aumentar o entendimento sobre cada cenário e identificar possíveis novas relações sistêmicas, realizou-se o exercício de “tele transporte para o futuro”. Nesse exercício, procurou-se responder às seguintes questões: i) O que deveria acontecer para a materialização deste cenário? Quais sinalizadores deveriam ser acompanhados? ii) Quais seriam as avenidas mais apropriadas para o aumento do valor da empresa neste cenário? iii) Quais os limitantes para o aumento de valor da empresa neste cenário?

A fim de responder à primeira questão, basta descrever o que levaria as incertezas críticas a se moverem em cada direção. No que diz respeito à demanda de aço, o primeiro fator elencado como possível explicação é a expansão da urbanização da China em todas as regiões do país. O nascimento de novos centros consumidores, seja pelo crescimento econômico do continente africano ou pela reindustrialização dos países desenvolvidos também alavancaria o consumo de aço, assim como um novo ciclo de crescimento que resultasse em aumento do PIB acima da média e em melhoria da qualidade de vida da população mediante mais obras de saneamento e construção de moradias. Outro alavancador do consumo seria a adoção de aço estrutural em substituição ao concreto nas economias em desenvolvimento. Novos usos para o aço, impulsionados pela queda do preço do aço frente a produtos substitutos também poderiam fomentar a demanda. Por fim, o aumento de conflitos com incremento da indústria bélica seria um fator não desejável, mas que também resultaria em maior consumo de aço.

A queda na taxa de crescimento da demanda de aço se explicaria por questões econômicas, seja pela estagnação das economias maduras e, conseqüentemente, das emergentes, seja por importantes processos de desindustrialização, a um ponto em que a retomada se tornasse quase inviável, ou pelo declínio do crescimento chinês. No entanto, mesmo com crescimento econômico é possível ocorrer retração na taxa de crescimento da demanda de aço. Um dos fatores desencadeadores de tal cenário é a viabilização de materiais substitutos. Estes podem surgir por pressão ambiental contra a produção de ferro e aço, com indução de pesquisas que busquem alternativas ou ainda pela obrigação de internalização de custos.

Quanto à participação na carga metálica nas siderúrgicas, foi explicitado que tais empresas buscam otimizar o *trade-off* de qualidade e custo. Nos altos-fornos, a relação entre carvão e carga metálica é fundamental, de modo que alto custo ou baixa qualidade do carvão precisariam ser compensados com uma carga metálica de maior qualidade, o que favoreceria o uso da pelota. O processo de sinterização tem impactos ambientais elevados, e o aumento de

restrições ambientais pode tornar o processo mais caro, fazendo com que a pelota se torne comparativamente mais competitiva. Também a queda na qualidade média do *sinter-feed* levaria as siderúrgicas a aumentarem o uso de pelotas. O desenvolvimento de novas rotas tecnológicas na siderurgia poderia permitir o uso de minério de menor qualidade, favorecendo o uso do *sinter-feed* em detrimento da pelota. A descoberta de novas fontes de *lump*, provavelmente quando as reservas da África se tornarem economicamente viáveis, também traria uma opção de minério de qualidade a um custo menor do que o da pelota. Essas mesmas reservas poderiam levar a um aumento expressivo da oferta de *sinter feed*, ocasionando uma queda constante e consistente do preço. Por fim, quando se analisa a rota siderúrgica de redução direta, um aumento na oferta de sucata reduziria a necessidade de uso de pelota para complemento da carga.

Em termos de posição competitiva, a empresa estaria em situação favorável se conseguisse manter um custo de operação baixo que permitisse que a pelota fosse capaz de deslocar qualquer processamento de finos. Melhor ainda seria um custo que batesse o processo de sinterização mantendo uma margem alta. No entanto, essa redução de custos não poderia ocorrer com perda de qualidade. Outro caminho para a manutenção de posição competitiva favorável seria ter um produto diferenciado capaz de gerar valor que compensasse o aumento de preço.

Quanto aos fatores que explicam a perda de competitividade, é importante considerar a localização da empresa no Brasil. O custo Brasil, representado pelo alto custo de energia elétrica e de mão de obra e pela precariedade da logística para escoar o produto pode ser fator de perda de competitividade. Mudanças expressivas na legislação tributária, como por exemplo taxaço do lucro, pode ser outro fator relevante. O fato de o Brasil estar geograficamente distante do principal mercado consumidor, a China, é outro ponto a ser analisado. Assim, um aumento significativo do frete para as vendas transoceânicas ou ainda um fato como a Austrália se tornar produtora de pelota, teriam impacto negativo sobre a competitividade da empresa. Ademais, o desenvolvimento de tecnologias para uso de minérios de baixa qualidade faria com que o nível atual de custo de operação deixasse de ser competitivo. Por fim, caso a China se tornasse um forte exportador de aço, o fato impactaria siderúrgicas de outros países, dentre eles clientes da empresa, reduzindo a demanda atual.

Essas reflexões do grupo sobre os cenários trouxeram outras duas contribuições ao projeto. A primeira diz respeito a novas relações sistêmicas que puderam ser incorporadas ao modelo conceitual. Por exemplo: quanto maior é a qualidade do carvão, menor é a

participação de pelota na carga metálica. A segunda é que a identificação dos fatores indutores das incertezas críticas permite formalizar um conjunto de sinalizadores.

O acompanhamento desses sinalizadores possibilita à empresa monitorar qual dos cenários têm maior tendência de se concretizar, permitindo que a organização decida pelo exercício das opções estratégicas que se mostrarem mais adequadas à realidade que se configura. O Quadro 11 apresenta os indicadores definidos para a empresa e a direção de cada um em cada cenário.

Quadro 11 - Sinalizadores

<b>Sinalizadores</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>
Projeção da taxa de substituição do aço	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑
Vantagem competitiva dos materiais substitutos do aço	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑
GAP de oferta projetado para pelotas	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Investimento em mineração na África	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Rigor nas leis ambientais para produção de aço	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Custo Brasil	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑
Restrições e custos ambientais no Brasil	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑
Vantagem Custo Pelotização x Sinterização	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Se os sinalizadores indicarem, por exemplo, aumento na taxa de substituição do aço, aumento na vantagem competitiva de materiais substitutos frente ao aço, redução no *gap* de oferta projetado para pelotas, ampliação dos investimentos em mineração na África, arrefecimento do rigor de leis ambientais para a produção de aço, do custo Brasil e de restrições e custos ambientais no Brasil, bem como aumento da vantagem de custo da sinterização sobre a pelotização, há indícios de que o cenário 5 está se concretizando.

A segunda questão permite uma análise qualitativa da adequação das opções estratégicas aos cenários. Essa análise viabiliza verificar a suficiência das opções, ou seja, avaliar se todos os cenários possuem pelo menos uma opção estratégica e se há opções estratégicas robustas adequadas a todos os cenários. Embora essa análise seja um dos objetivos do modelo de dinâmica a ser construído, é importante que ela seja feita qualitativamente nesse ponto. Caso se identifique que há cenários não cobertos por nenhuma

opção estratégica, é possível, ainda, criar novas opções para serem incluídas no modelo para posterior avaliação quantitativa. Devido à complexidade da modelagem, é importante minimizar as mudanças conceituais após a construção do modelo. O Quadro 12 apresenta o resultado dessa análise. Pode-se verificar que para todos os cenários existe pelo menos uma opção estratégica que foi considerada adequada. No entanto, nenhuma das opções estratégicas foi considerada, *a priori*, como adequada a todos os cenários.

Quadro 12 – Adequação das Opções aos Cenários

<b>Opções Estratégicas</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>
1. Maximização de ativos		XXX				X		X
2. Expansão		XXX						
3. Aquisição de Pelotizadoras	X	X		X				X
4. Diferenciação	X	X		X		XX		
5. Operação de Estéril	X	X	X				X	
6. Aproveitamento de Rejeito	X	X	X				X	
7. Aglomeração	XX							
8. Estoque avançado	X					X		
9. Novos usos para os Ativos	XX		XX		XX	X	XXX	
10. Geração de Energia			X	X			X	X
11. Ampliação de Produção de Finos	XXX		XXX		XXX			

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Finalmente, a última questão busca analisar os possíveis limitantes para o aumento de valor a partir das opções estratégicas e verificar em que cenários eles teriam maior impacto. As respostas dos participantes a essa questão foram agrupadas em sete elementos limitantes, conforme ilustra o Quadro 13. O primeiro é o mercado, ou seja, a demanda de aço e consequentemente de minério de ferro, em especial de pelota. O segundo limitante refere-se às questões logísticas, incluindo tanto a infraestrutura de escoamento no Brasil como o posicionamento geográfico distante dos principais mercados consumidores. O terceiro limitante reflete o modelo mental dominante, que é centrado na mineração, dificultando as opções relacionadas ao aproveitamento de rejeito e à operação de estéril. A disponibilidade de energia elétrica constitui-se no quarto limitante. O licenciamento social, que inclui o grau de aceitação da sociedade para uso de recursos hídricos e da bacia atmosférica para a disposição de rejeitos e atendimento das demandas sociais, configura o quinto limitante. O sexto fator que pode limitar os resultados das opções estratégicas é a capacidade de desenvolvimento de tecnologia. Por fim, o sétimo limitante é a disponibilidade de recursos financeiros.

Quadro 13 – Impacto dos Limitantes nos Cenários

<b>Limitantes</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>
Mercado								
Logística	XX	XX	XX				XX	
Modelo mental centrado em mineração			XX				XXX	XX
Energia elétrica	X	XXX				XX		
Licenciamento Social	X	XXX				XX		
Tecnologia			XXX	XX			XXX	XX
Recursos financeiros			XXX	XX			XXX	XXX

*Fonte: Documentos da Empresa (2015)*

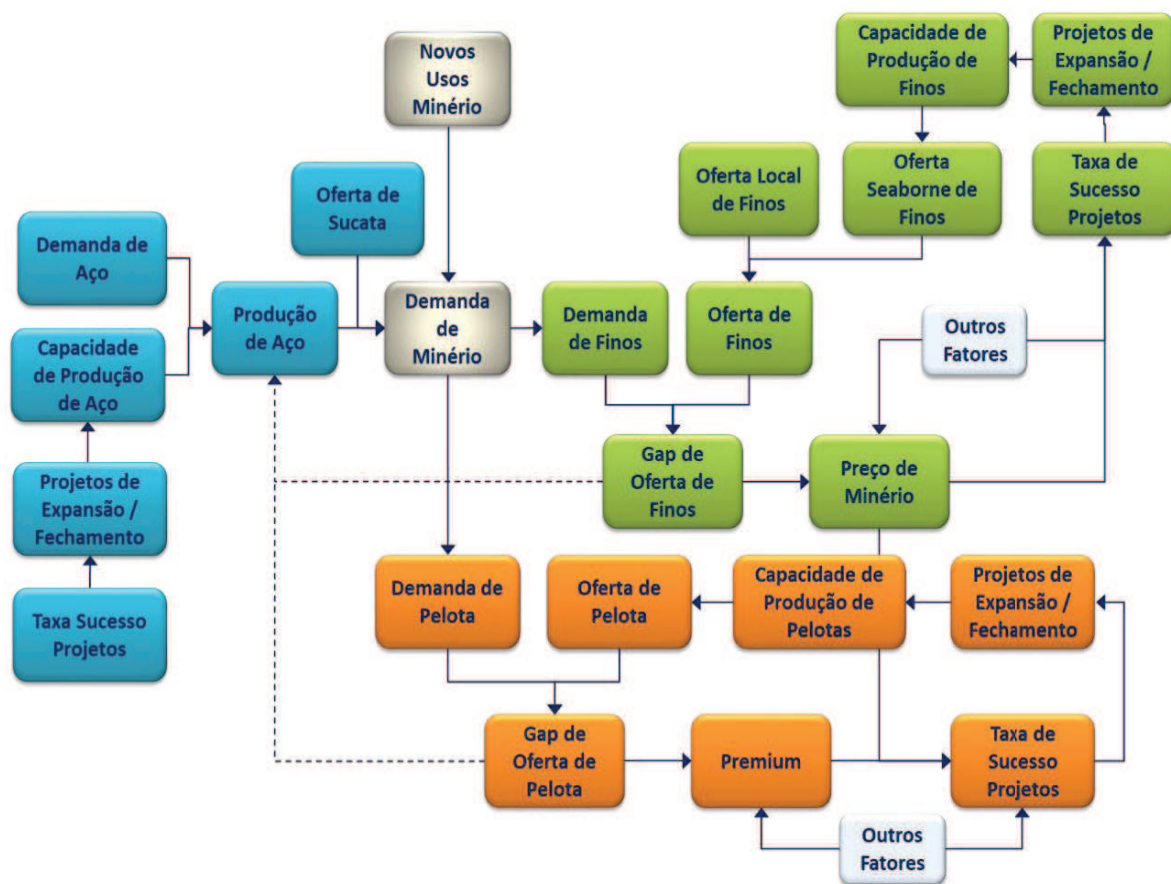
Essas atividades concluem o entendimento sistêmico e a visualização de cenários. A partir desse entendimento, foram obtidas informações necessárias à elaboração do modelo conceitual, à definição das regras de negócio e à definição da base de dados.

#### **5.2.4 Explicitando o Conhecimento Tácito**

A construção do modelo de dinâmica de sistemas para avaliação das opções estratégicas enfrenta o desafio de refletir as relações sistêmicas que explicam o comportamento das variáveis do sistema. Para tanto, é fundamental que o conhecimento tácito presente na empresa seja traduzido em regras, matemáticas ou qualitativas, que possam ser incorporadas ao modelo. Essa explicitação se inicia pela elaboração do modelo conceitual e, a partir daí, as regras de negócio e os dados necessários são identificados.

Para a construção do modelo conceitual, utilizou-se como ferramenta básica o digrama de blocos. Detalhamentos, quando necessário, fizeram uso de *rich pictures*. O primeiro diagrama de blocos desenvolvido buscou dar uma visão geral do modelo, explicitando suas fronteiras e as macrorrelações do mercado. Conforme ilustra a Figura 41, há quatro grandes áreas no modelo. A primeira, em azul, representa os elementos do mercado siderúrgico, que se liga à demanda de minério, que considera, também, os novos usos. A partir da demanda de minério, desdobram-se duas áreas: a área verde representa os elementos e as relações do mercado de finos, enquanto a área laranja representa o mercado de pelotas.

Figura 41 – Modelo Conceitual – Visão Geral

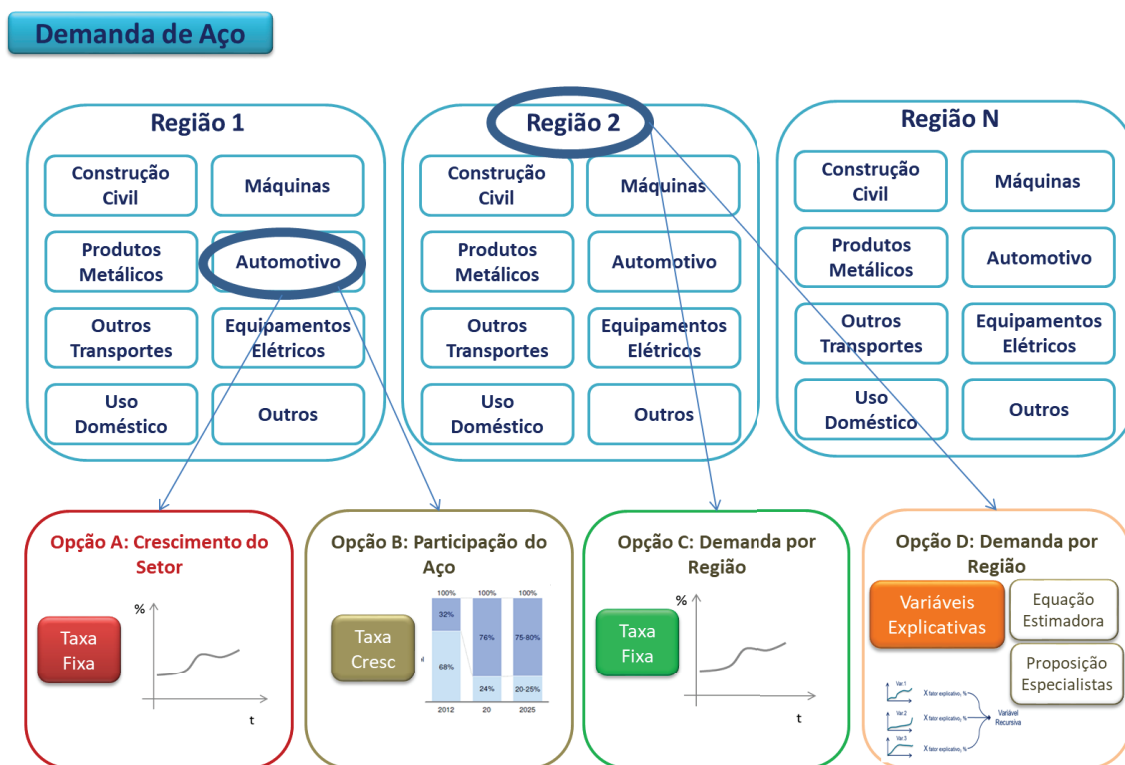


Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Cada um dos elementos foi posteriormente detalhado a fim de identificar as regras de negócio e os dados necessários. Como exemplo, apresenta-se, na Figura 42, o detalhamento da modelagem da demanda de aço. Definiu-se, em princípio, que o mercado consumidor siderúrgico seria segregado em regiões, e que cada região seria segmentada em setores. Para modelagem do crescimento da demanda, foram propostas 4 opções. As opções A e B seriam utilizadas juntas, sendo que a primeira modela o crescimento do setor a partir de uma taxa de crescimento e a segunda modela a participação de aço no setor. Por sua vez, as opções C e D desconsideram a questão do setor e tratam a região como uma unidade. Nesse caso, a demanda da região poderia ser modelada por uma taxa de crescimento, por variáveis explicativas a partir de uma equação estimadora obtida por meio de análise de regressão ou por proposição de especialistas, no caso de não se obter uma equação estimadora adequada.



Figura 42 – Modelo Conceitual – Detalhe Demanda de Aço



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

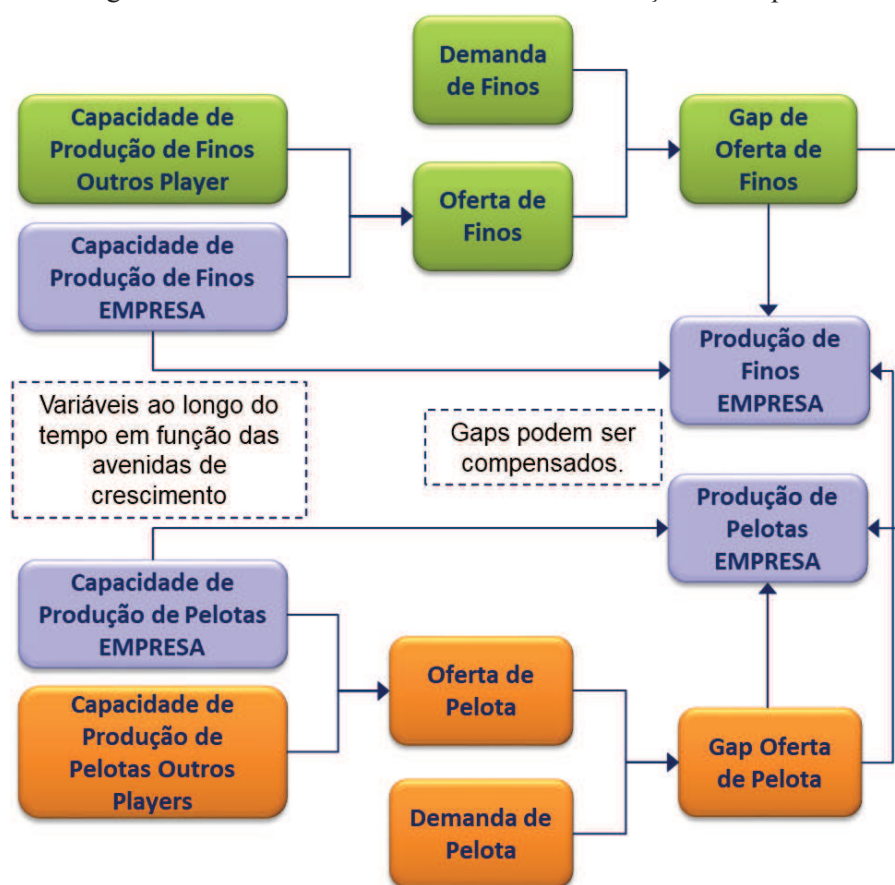
Durante o processo de validação com o grupo consultivo, foi definido tratar a demanda de aço de maneira agregada por regiões. Optou-se, ainda, por utilizar informações especializadas de publicações do setor sobre projeção de demanda de aço. Foi considerado que não havia conhecimento interno suficiente para tratar as informações em nível setorial e que seria mais adequado considerar a variável como exógena, fazendo-a variar em função dos cenários. No entanto, foi solicitado que o modelo de dinâmica de sistemas fosse construído prevendo a possibilidade de, no futuro, calcular a demanda com base no crescimento dos setores e na participação do aço.

Durante a modelagem conceitual dos mercados siderúrgicos e de minério de ferro, foram identificadas algumas regras de negócio a serem detalhadas, bem como os dados de entrada a serem coletados. Como exemplo, cita-se o aumento de capacidade de siderurgias e de outros *players* da mineração. Inicialmente, foi necessário definir os *players* que seriam modelados individualmente e os que seriam agrupados em uma categoria chamada “outros”. Para cada um deles foi coletada a informação da capacidade atual bem como a de projetos de expansão anunciados ou em execução. Para cada projeto foi definida uma probabilidade de execução inicial e um intervalo de tempo em que a opção poderia ser exercida. Essa

probabilidade é ajustada a cada ano de acordo com a taxa de utilização da capacidade instalada.

A modelagem conceitual também detalhou o escopo das atividades da empresa a serem consideradas e sua relação com o modelo geral anteriormente apresentado. Como exemplo, a Figura 43 apresenta o digrama de blocos da produção da empresa. Durante a modelagem, houve indicação do impacto das opções estratégicas. Observou-se, pois, que a capacidade de produção de finos e de pelotas da empresa seria impactada pelas opções estratégicas de maximização de ativos, expansão, aquisição de pelotizadora e ampliação da produção de finos.

Figura 43 – Modelo Conceitual – Detalhe Produção da Empresa



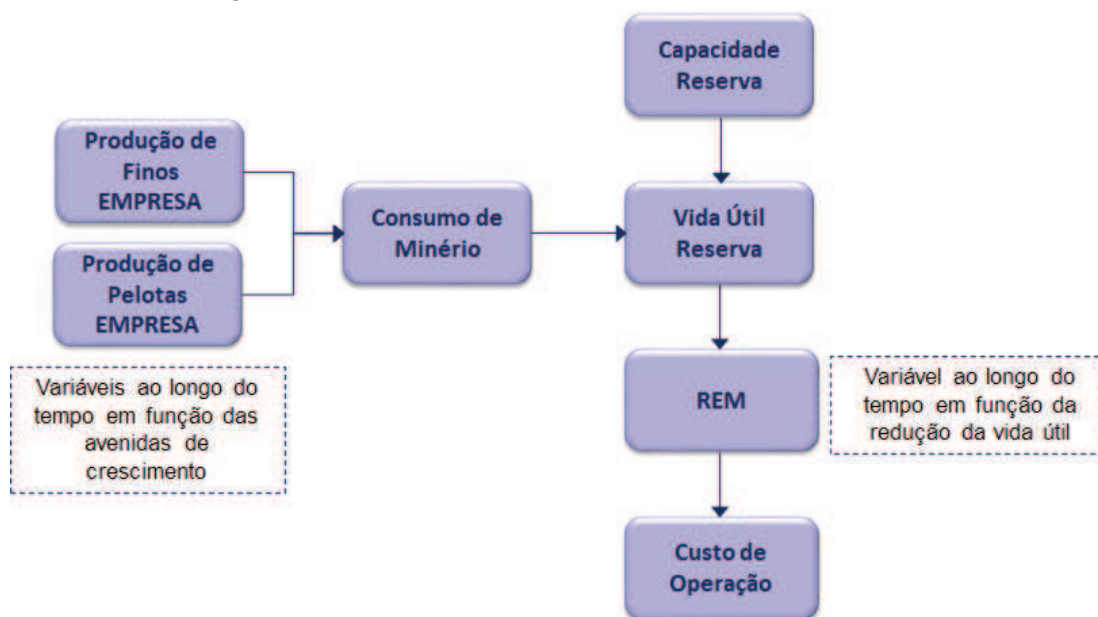
Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Ao longo da modelagem conceitual também foram identificadas as regras de negócio que deveriam ser detalhadas para o modelo de dinâmica de sistemas. Por exemplo, essa parte do modelo suscitou a necessidade de duas regras de negócio. A primeira diz respeito às compensações dos *gaps*, de modo que, caso a demanda de finos seja superior à oferta de finos, a quantidade faltante será suprida por pelota. Essa compensação é feita pelo conteúdo

metálico. A segunda trata do atendimento à demanda pelos diversos *players*; caso a demanda seja maior do que a oferta, cada *player* produzirá e venderá o máximo de sua capacidade. Porém, se a demanda for menor do que a oferta, a produção de cada *player* deverá ser ajustada. Como regra de distribuição da demanda entre os *players*, ficou decidido que seria considerado o custo de acesso ao mercado. Isso significa que para cada região seria calculado o custo de acesso de cada *player*, somando-se o custo de operação ao custo de frete.

Da mesma forma, a modelagem conceitual também considerou os limitantes identificados na estrutura sistêmica e no planejamento de cenários. A Figura 44 ilustra a modelagem de como a reserva de minério pode limitar a produção da empresa. Novamente identificou-se a necessidade de explicitar uma regra de negócios, no caso, como a redução da vida útil da reserva impacta na relação estéril-minério que, por sua vez, repercute no custo de operação.

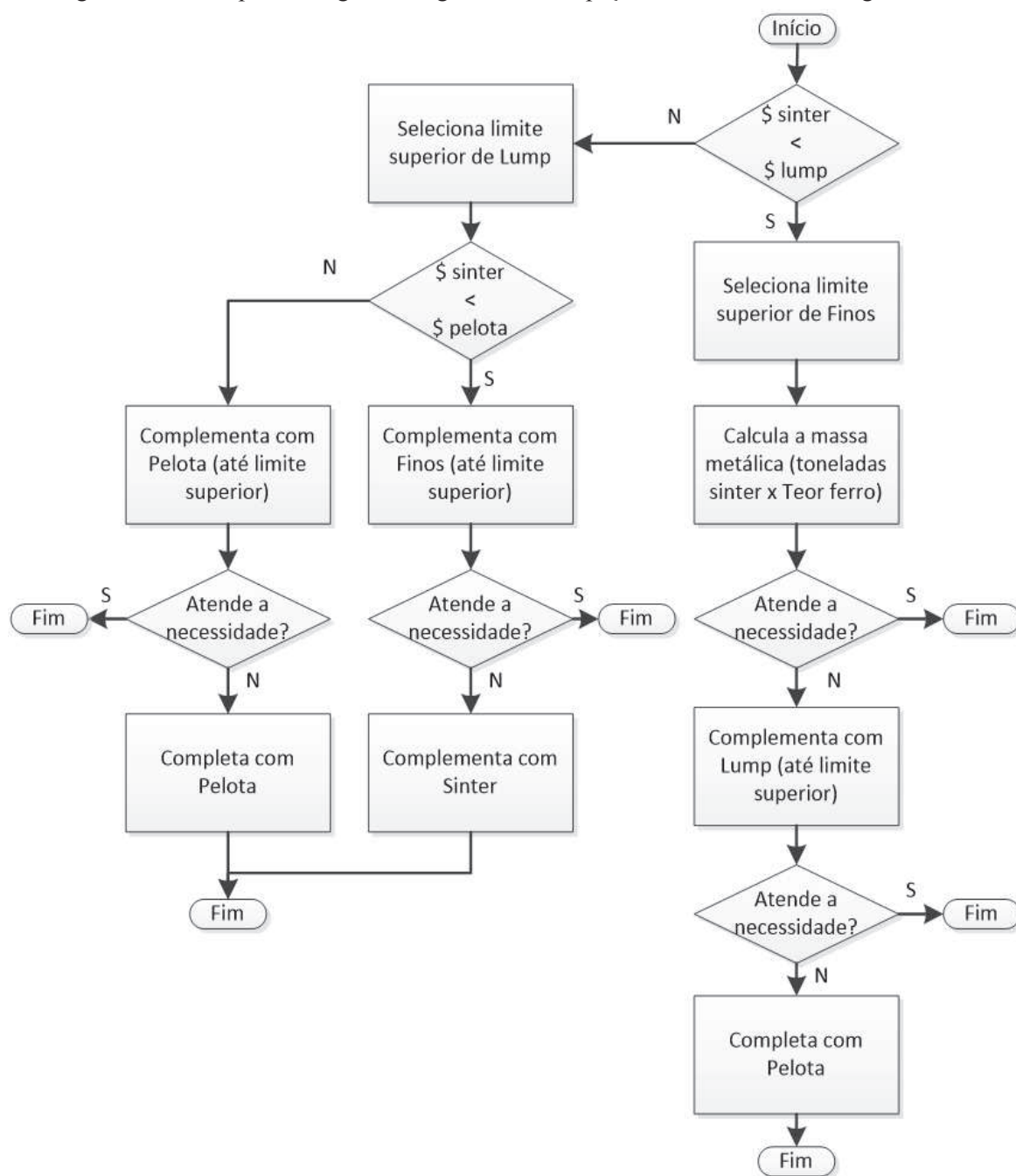
Figura 44 – Modelo Conceitual – Detalhe Limitante Reserva



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Na sequência, a modelagem conceitual discutiu como os eixos de cenário seriam representados. O eixo de demanda de aço havia sido discutido quando da modelagem do setor siderúrgico. Para o eixo de posição competitiva, foram definidos três fatores: taxa crescimento custo fixo, taxa crescimento custo variável e taxa crescimento custo de frete. Para o eixo de participação da pelota na carga metálica, foi necessário explicitar mais uma regra de negócio. A partir do conhecimento dos especialistas do grupo executivo foi desenvolvida uma heurística, ilustrada na Figura 45, posteriormente validada e incorporada ao modelo.

Figura 45 – Exemplo de Regra de Negócio – Participação dos Minérios na Carga Metálica

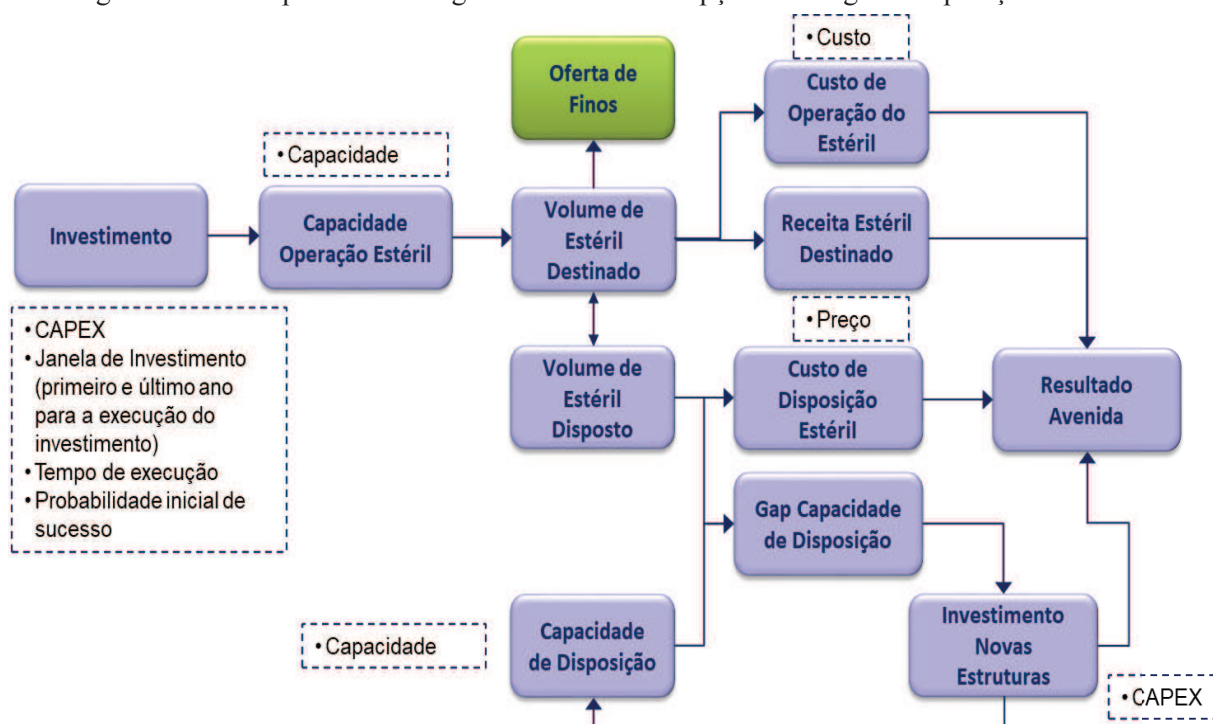


Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Para usar a heurística, foi preciso definir os valores de participação máxima e mínima de cada tipo de minério, o que foi feito com base em históricos. Para os cenários, foi definido que esses limites seriam alterados a fim de refletir a maior ou menor participação da pelota.

Finalmente, foi feita a modelagem conceitual de cada uma das opções estratégicas, buscando evidenciar os impactos sobre os demais módulos construídos. A Figura 46 apresenta a modelagem conceitual da opção estratégica de operação de estéril.

Figura 46 – Exemplo de Modelagem Conceitual de Opção Estratégica – Operação de Estéril

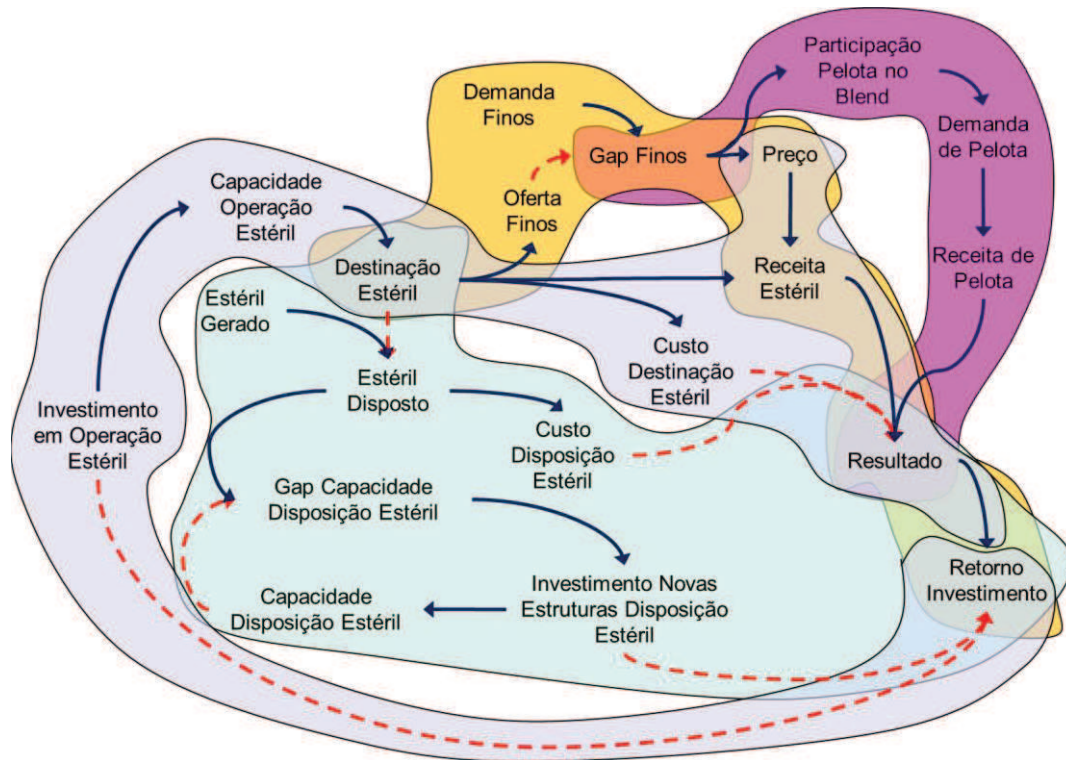


Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Como pode ser visto, a operação de estéril demanda um investimento inicial a fim de gerar uma receita com a venda do material ao mercado. Essa operação reduz os custos de disposição de estéril, embora incorra em um custo de operação. Também foi possível verificar que há um benefício adicional pela não necessidade de investimento em novas estruturas de disposição de estéril. No entanto, o volume de estéril destinado ao mercado aumenta a oferta de finos, o que pode influenciar no preço e impactar na participação dos tipos de minério na carga metálica.

Essas relações foram formalizadas em uma nova estrutura sistêmica, representada na Figura 47. Nela, a área em cinza representa as variáveis originalmente consideradas para o cálculo do retorno do investimento. A área verde acrescenta os efeitos sobre a disposição de estéril, enquanto a área amarela explicita os efeitos sobre a dinâmica de oferta e preço de finos. A área púrpura apresenta as relações que envolvem a demanda global de pelotas.

Figura 47 – Relações Sistêmicas Derivadas de Opção Estratégica – Operação de Estéril



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

As relações secundárias identificadas durante a modelagem conceitual complementam o entendimento sistêmico realizado na primeira etapa do método, mostrando que as etapas do método não são estanques como previsto na sua concepção. Permitem também evidenciar, ainda que qualitativamente, que a forma tradicional de avaliação de uma opção estratégica tende a ser incompleta e que uma visão sistêmica e dinâmica pode contribuir para uma melhor avaliação dos impactos de uma opção estratégica. O modelo de dinâmica de sistemas descrito na próxima seção sistematiza todo o aprendizado obtido e explicitado até então, a fim de proceder à avaliação das opções estratégicas.

### 5.2.5 Construção do Modelo de Dinâmica de Sistema

Para a construção do modelo de dinâmica de sistemas foi escolhido o *software* iThink, versão 10.0.3, em função da afinidade do grupo condutor com o uso da ferramenta e em razão de a empresa ser detentora de licenças de uso do referido *software*. A etapa de modelagem incluiu uma fase de definição e coleta da base de dados necessária à construção do modelo de dinâmica de sistemas. Tal base de dados foi criada com o objetivo de levantar as informações relevantes à construção do modelo de dinâmica de sistemas, bem como de apoiar a decisão

sobre a forma de modelagem das variáveis, uma vez que as regras de negócio precisavam ser verificadas antes da aplicação.

Foram definidas 127 variáveis, porém, devido ao desdobramento em diversas dimensões, mais de 4.000 dados foram coletados para a construção do modelo. As dimensões representam as regiões do mercado siderúrgico, os setores consumidores de aço, as regiões produtoras de minério de ferro, os tipos de minério, os *players* produtores de minério de ferro, entre outras. A Figura 48 apresenta um extrato da base de dados, com as informações relativas aos projetos de mineração. Após a coleta de dados, as informações foram organizadas em uma planilha de interface e importadas para o iThink, conforme pode ser visualizado na Figura 49.

Figura 48 – Extrato da Base de Dados – Projetos de Mineração

Ordem	Tipo de Projeto	ÁreaResp	Fonte	ProjetoMineracao	PlayerMinerio Informado	Player-MinerioBase	PaísPlayerMinerio	RegiaoPlayerMinerio Informada	RegiaoPlayerMinerio Base	TipoMinerio Informado	Tipo Minerio Base	TeorMedioProj etoMinerac	VariacaoCapacid adeMinerac	AnoInicialProjeto Mineracao	AnoFinalProjeto Mineracao	TxProbabilidadeInicialProj etoMineracao Informa	TxProbabilidadeInicialProj etoMineracao - Bas
1	Greenfield	BI	WoodMac	Mayoko-Moussondji	Equatorial Resources	Outros	Congo	Africa	Africa	Concentrates	PelletFeed	64,1	2,5	2015		5 Possible	5%
2	Greenfield	BI	WoodMac	Mount Nimba	Euronimba	Outros	Guinea	Africa	Africa	DSO	SinterFeedLG	63,1	10	2016		5 Possible	5%
3	Greenfield	BI	WoodMac	Nimba	Sable Mining Africa Ltd.	Outros	Guinea	Africa	Africa	DSO	SinterFeedLG	61,6	3	2016		5 Possible	5%
4	Greenfield	BI	WoodMac	Simandou (Blocks 1 and 2)	Government of Guinea/BSGR	Outros	Guinea	Africa	Africa	DSO	SinterFeedHG	66	50	2019		5 Possible	5%
5	Greenfield	BI	WoodMac	Simandou (Blocks 3 and 4)	Rio Tinto	RioTinto	Guinea	Africa	Africa	DSO	SinterFeedHG	66	100	2018		4 Probable	25%
6	Brownfield	BI	WoodMac	Nimba (Yekepa) Phase II	Arcelor Mittal	Outros	Liberia	Africa	Africa	Concentrates	PelletFeed	65	15	2015		5 Possible	5%
7	Brownfield	BI	WoodMac	Phoenix (Thabazimbi mine extension)	Anglo American	AngloAmerican	South Africa	Africa	Africa	DSO	SinterFeedLG	62,3	5	2020		5 Possible	5%
8	Brownfield	BI	WoodMac	Chiria	SAIL	Outros	India	Asia	India	DSO	SinterFeedLG	62	7	2017		5 Possible	5%
9	Greenfield	BI	WoodMac	Thach Khe	Kobe Steel	Outros	Vietnam	Asia	Outros	DSO	SinterFeedLG	61,5	5	2015		5 Possible	5%
10	Brownfield	BI	WoodMac	SSGPO - concentrator expansion	ENRC	Outros	Kazakhstan	CIS	CIS	Concentrates	PelletFeed	66	7	2016		4 Probable	25%
11	Brownfield	BI	WoodMac	SSGPO - pellet plant expansion	ENRC	Outros	Kazakhstan	CIS	CIS	Pellets	PelotaBF	66	4	2017		4 Probable	25%
12	Greenfield	BI	WoodMac	K&S Phase I	IRC Ltd	Outros	Russian Federation	CIS	CIS	Concentrates	PelletFeed	65	3,2	2015		3 Highly Probable	50%
13	Brownfield	BI	WoodMac	Mikhailovskiy GOK	Metalloinvest	Metalloinvest	Russian Federation	CIS	CIS	Pellets	PelotaBF	68	5	2017		4 Probable	25%
14	Brownfield	BI	WoodMac	Stolensky GOK pellet expansion	NLMK	Outros	Russian Federation	CIS	CIS	Pellets	PelotaBF	65	6	2016		3 Highly Probable	50%
15	Greenfield	BI	WoodMac	Timir	Evrax	Outros	Russian Federation	CIS	CIS	Concentrates	PelletFeed	61,6	1	2016		5 Possible	5%
16	Brownfield	BI	WoodMac	Yeristovo - Stage 2	Ferrexpo	Ferrexpo	Ukraine	CIS	CIS	Concentrates	PelletFeed	65	10	2017		4 Probable	25%
17	Brownfield	BI	WoodMac	Grangesberg	Grangesberg Iron	Outros	Sweden	Europe	Suecia	Concentrates	PelletFeed	67	2,5	2016		5 Possible	5%
18	Brownfield	BI	WoodMac	Ludvika Mines (Blötberget)	Nordic Iron	Outros	Sweden	Europe	Suecia	Concentrates	PelletFeed	69	1,43	2016		5 Possible	5%
19	Greenfield	BI	WoodMac	Svappavaara	LKAB	LKAB	Sweden	Europe	Suecia	Pellets	PelotaBF	66,5	6	2020		5 Possible	5%
20	Greenfield	BI	WoodMac	Bafgh	Iran Central Iron Ore Co.	Outros	Iran	Middle East	Outros	Pellets	PelotaBF	67	5	2018		5 Possible	5%

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Figura 49 – Extrato da Interface para Importação dos Dados

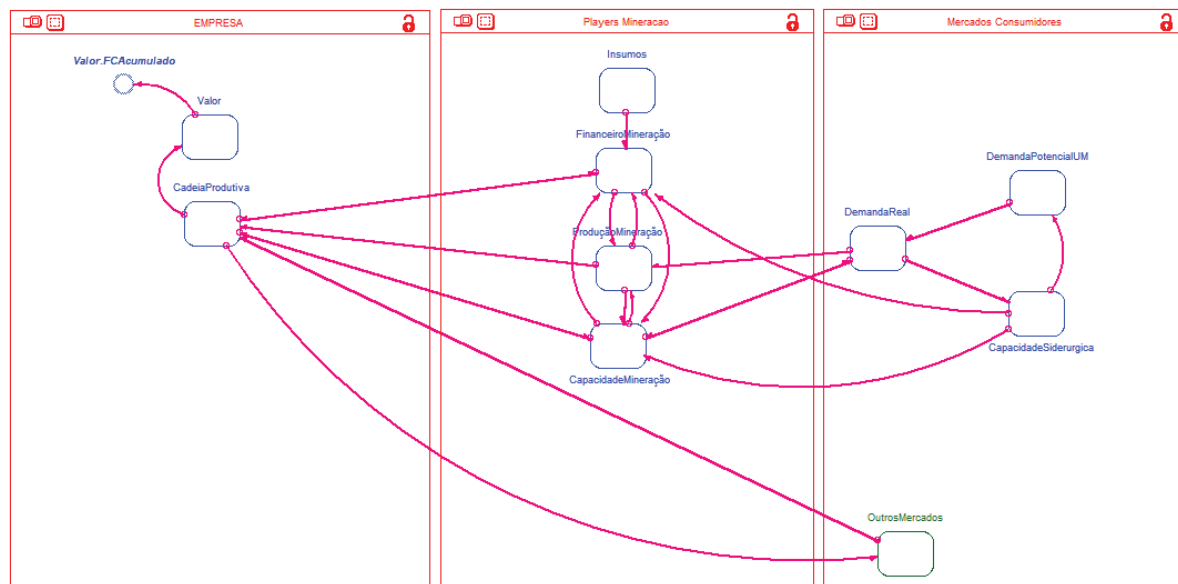
Years	Initial	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
FatorPFPelota	1,068803535	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804	1,068804
MixBFDRPlanejado	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%	70,4%
CapacidadeDedicadaPelletFeed	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
RelacaoEsterilMinerio	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
RecuperacaoMassica	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664
FatorFiltragem	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
CapacidadeInstaladaMineracaoROM	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000	98000000
CapacidadeInstaladaConcentrador[1]	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000	16000000
CapacidadeInstaladaConcentrador[2]	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000
CapacidadeInstaladaConcentrador[3]	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000	10500000
CapacidadeInstaladaConcentrador[4]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CapacidadeInstaladaConcentrador[5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CapacidadeInstaladaMineroduto[1]	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000	16500000
CapacidadeInstaladaMineroduto[2]	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000	8500000
CapacidadeInstaladaMineroduto[3]	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000	20000000
CapacidadeInstaladaMineroduto[4]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CapacidadeInstaladaMineroduto[5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CapacidadeInstaladaFiltragem[1]	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336	6353336
CapacidadeInstaladaFiltragem[2]	7619973,6	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974	7619974
CapacidadeInstaladaFiltragem[3]	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000	8763000
CapacidadeInstaladaFiltragem[4]	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500	9487500
CapacidadeInstaladaFiltragem[5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Documentos da Empresa (2015)



O modelo foi construído em macromódulos, módulos e setores interligados entre si. A Figura 50 apresenta os três macromódulos do modelo e seus respectivos módulos.

Figura 50 – Relações Sistêmicas Derivadas de Opção Estratégica – Operação de Estéril



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Há três macromódulos no modelo, a saber: i) mercados consumidores; ii) *players* mineração; e iii) empresa. O primeiro macromódulo tem como principal objetivo o cálculo da demanda dos diversos tipos de minérios de ferro, nas diversas regiões consumidoras, tanto para o mercado siderúrgico como para outros mercados. Está dividido em quatro módulos: i) capacidade siderúrgica; ii) demanda potencial UM; iii) demanda real; e iv) outros mercados.

O macromódulo *Players* Mineração, visa a calcular o resultado financeiro de cada um dos *players* a partir da quantidade de cada tipo de minério produzido em cada região produtora e vendido em cada região consumidora. Encontra-se dividido em quatro módulos: i) capacidade mineração; ii) produção mineração; iii) financeiro mineração; e iv) insumos. Por fim, o macromódulo empresa tem por objetivo o cálculo do fluxo de caixa da empresa, a partir do valor gerado pelas operações e impactado pelas opções estratégicas. Apresenta dois módulos: i) cadeia produtiva; e ii) valor.

Cada módulo, por sua vez, foi dividido, totalizando 63 setores nos quais foram implementadas as relações sistêmicas e as regras de negócio. O Quadro 14 – Lista de Setores do Modelo apresenta os setores do modelo e sua relação com os módulos e macromódulos previamente descritos.

Quadro 14 – Lista de Setores do Modelo

(Continua)

<b>Macromódulo</b>	<b>Módulo</b>	<b>Setor</b>
Mercados Consumidores	Outros Mercados	Preço Outros Mercados
Mercados Consumidores	Outros Mercados	Demanda Outros Mercados
Mercados Consumidores	Outros Mercados	Venda e Faturamento Outros Mercados
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Cenários de Produção e Demanda de Aço
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Taxa de Utilização Projetada e Atual
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Variação da Capacidade Siderúrgica
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Taxa de Crescimento da Capacidade
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Taxa Probabilidade Média
Mercados Consumidores	Capacidade Siderúrgica	Projetos Siderúrgicos
Mercados Consumidores	Demanda Potencial UM	Demanda Potencial UM EAF e BOF
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda Real Global EAF
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda Real Global BOF
Mercados Consumidores	Demanda Real	Cenários Participação Pelota
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda Rota EAF Por Região
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda UM e Produção Real Aço Por Região
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda Real Rota BOF
Mercados Consumidores	Demanda Real	Demanda Real Um e t
Players Mineração	Capacidade Mineração	Taxa de Crescimento da Capacidade
Players Mineração	Capacidade Mineração	Ordem de Preferência Rota BOF
Players Mineração	Capacidade Mineração	Variação da Capacidade da Mineração
Players Mineração	Capacidade Mineração	Teor da Capacidade da Mineração
Players Mineração	Capacidade Mineração	Taxa de Utilização Projetada e Atual
Players Mineração	Capacidade Mineração	Sorteio de Projetos
Players Mineração	Capacidade Mineração	Teor Adicionado por Projeto
Players Mineração	Capacidade Mineração	Custo Variável e Fixo
Players Mineração	Produção Mineração	Forma de Cálculo do Modulo Produção
Players Mineração	Produção Mineração	Ordem de Cálculo dos Mercados
Players Mineração	Produção Mineração	Demanda de Minério
Players Mineração	Produção Mineração	Venda Desejada Por Mercado
Players Mineração	Produção Mineração	Produção
Players Mineração	Produção Mineração	Compensação DR e BF
Players Mineração	Produção Mineração	Venda dos Players Granulado
Players Mineração	Produção Mineração	Venda dos Players Sinter Feed
Players Mineração	Produção Mineração	Venda dos Players Pellet Feed
Players Mineração	Produção Mineração	Venda Players Pelota BF
Players Mineração	Produção Mineração	Venda Players Pelota DR
Players Mineração	Produção Mineração	Player Marginal China
Players Mineração	Financeiro Mineração	Cenários de Competitividade da Empresa
Players Mineração	Financeiro Mineração	Custos Fixo e Variável Players
Players Mineração	Financeiro Mineração	Custo de Acesso ao Mercado
Players Mineração	Financeiro Mineração	Preço Final Minério

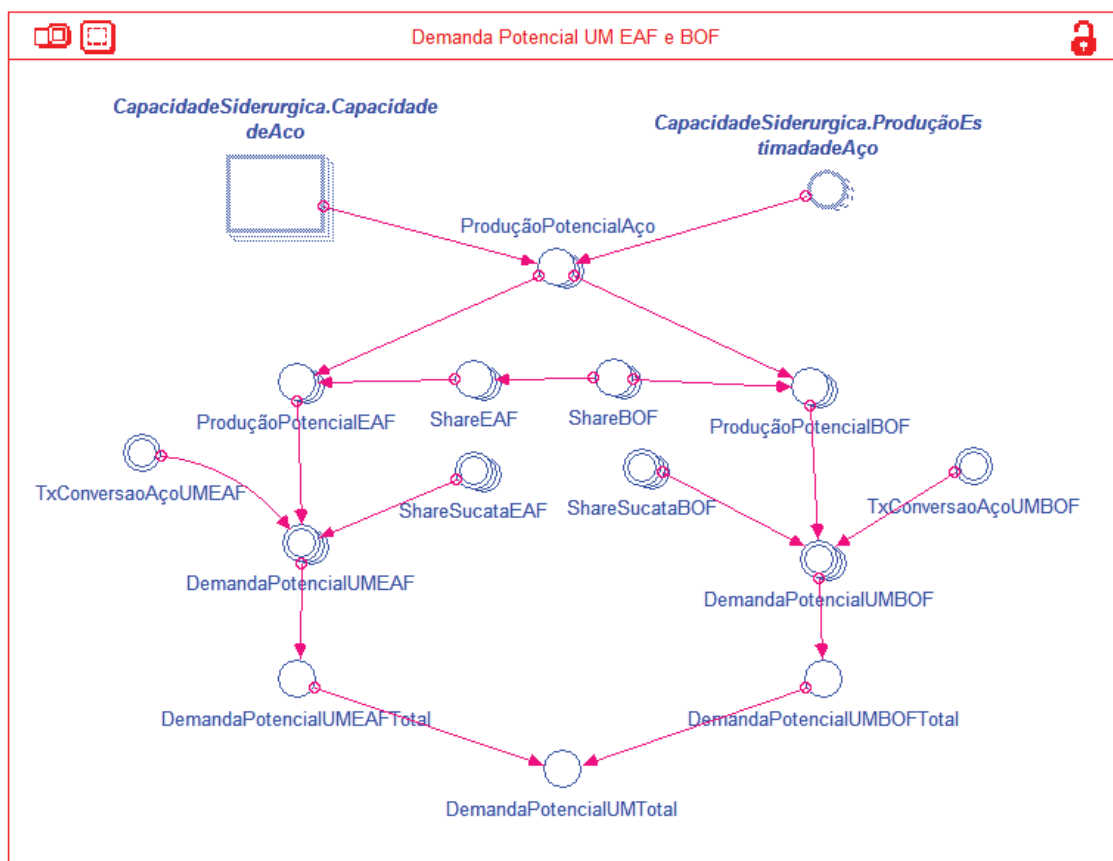
(Conclusão)

Macromódulo	Módulo	Setor
Players Mineração	Financeiro Mineração	Preço Minério
Players Mineração	Financeiro Mineração	Regressões Premium Pelota e Granulado
Players Mineração	Financeiro Mineração	Regressão Premium % Fe
Players Mineração	Financeiro Mineração	VPL Players
Players Mineração	Financeiro Mineração	Subsidiárias Empresa
Players Mineração	Financeiro Mineração	Preço SF 62
Players Mineração	Insumos	Preços de Insumos
Empresa	Cadeia Produtiva	Capacidade Empresa Brasil
Empresa	Cadeia Produtiva	Capacidade Cadeia Produtiva
Empresa	Cadeia Produtiva	Produção Cadeia Produtiva
Empresa	Cadeia Produtiva	Projetos Empresa
Empresa	Cadeia Produtiva	Capacidade Dedicada a Outros Mercados
Empresa	Cadeia Produtiva	Custo Variável Cadeia Produtiva
Empresa	Cadeia Produtiva	Produção Conforme o Custo Variável
Empresa	Cadeia Produtiva	Estéril e Rejeito: Capacidade Disposição e Venda
Empresa	Cadeia Produtiva	Consumo e Geração de Energia
Empresa	Cadeia Produtiva	Gap de Água
Empresa	Cadeia Produtiva	Custo Fixo e Capex Adicionado por Projetos
Empresa	Cadeia Produtiva	Custo Variável Unitário
Empresa	Cadeia Produtiva	Fluxo de Caixa Calculado Cadeia Produtiva
Empresa	Cadeia Produtiva	Diferenciação
Empresa	Valor	Apuração FC Acumulado

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Como exemplo, a Figura 51 apresenta o setor Demanda Potencial UM EAF e BOF, que tem como objetivo transformar a produção estimada de aço, das rotas de alto-forno (BOF) e redução direta (EAF), em demanda de minério de ferro. Esse setor calcula o mínimo entre a Produção Estimada de Aço e a Capacidade Siderúrgica da Região em questão para definir a Produção Potencial de Aço. A partir de tal definição por região do mercado siderúrgico, a demanda potencial em Unidades Metálicas pelas rotas EAF e BOF é calculada considerando os fatores de conversão “*Share BOF*”, “Taxa de Conversão de Aço em Unidade Metálica” e “*Share Sucata*”.

Figura 51 – Exemplo de Setor do Modelo



Fonte: Documentos da Empresa (2015)

A existência de variáveis do modelo de dinâmica de sistemas com comportamentos aleatórios (como o sorteio de projetos de mineração ou siderurgia) deu origem ao comportamento estocástico do modelo. Além disso, os fatos de o modelo utilizar variáveis controladas por cenários e de ser sensível a decisões relacionadas às opções estratégicas de crescimento da empresa originou a necessidade de avaliar o comportamento do modelo por meio de diversas replicações. Dessa maneira, o modelo foi estruturado para que possa ser rodado considerando diversas configurações (combinações de variáveis de cenários e decisões da empresa, chamados de experimentos) e repetições (replicações).

Apesar da viabilidade de uso do iThink para rodar diversas replicações, o software não possui a funcionalidade de comparar diversos experimentos. Para tanto, foi criada uma interface utilizando o software Excel. A primeira funcionalidade dessa interface é a possibilidade de rodar "n" combinações de experimentos de maneira automática. A partir de uma configuração de experimentos realizada no Excel, com o uso de variáveis binárias, a Interface manipula o iThink de modo a rodar todos os experimentos. Sem essa funcionalidade, seria necessário que o iThink fosse configurado manualmente para cada experimento

realizado. No caso do exemplo ilustrado na Figura 52, foram planejados dois experimentos. As variáveis binárias para os cenários indicam se o respectivo eixo está em seu valor máximo (1) ou mínimo (0). No caso dos projetos, indicam se a opção estratégica é ou não avaliada no experimento. Assim, o primeiro experimento ilustrado pretende avaliar a terceira opção estratégica – aquisição de pelletadoras – no cenário 2, em que: i) a taxa de crescimento da demanda de aço é alta; ii) há ampliação da participação da pelota na carga metálica; e iii) a posição competitiva da empresa é favorável.

Figura 52 – Exemplo da Interface – Configuração de Experimentos

Experimento	Cenario	CenarioDemandaAco	CenarioParticPelota	CenarioCompetEmpresa	DecisaoProjeto[1]	DecisaoProjeto[2]	DecisaoProjeto[3]
1	1	1	1	1	0	0	1
2	2	0	1	1	0	0	1

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

A segunda funcionalidade é a possibilidade de exportar dados de saída dos "n" experimentos do iThink para o Excel. Após a realização de cada um dos experimentos, a interface busca os dados exportados pelo iThink consolidando seus *outputs* em uma única tabela. Por fim, a terceira funcionalidade da interface permite que os dados exportados para o Excel sejam tratados estatisticamente, utilizando o nível de confiança especificado previamente. Desse modo, é possível calcular a média, o desvio padrão e os intervalos de confiança para as variáveis especificadas. Exemplos desse tratamento estatístico são apresentados no próximo capítulo. A fim de tornar a operação do modelo mais amigável, foi desenvolvido um código VBA (apresentado no Apêndice F) que automatiza a comunicação entre o iThink e o Excel.

Ao longo da construção do modelo foram feitas verificações parciais a fim de se certificar de que as lógicas implementadas estavam funcionando adequadamente. Essa atividade permitiu testar as regras de negócio e os parâmetros do modelo, bem como verificar se as decisões de modelagem tomadas efetivamente produziam os resultados esperados. Nessa fase, foram testadas apenas as lógicas internas aos setores, sem a preocupação de verificar as interfaces e os impactos entre os setores. Essas verificações foram feitas com auxílios das tabelas do iThink, conforme ilustrado na Figura 53.

Figura 53 – Exemplo de Tabela de Verificação Parcial

Years	Initial	2015	2016	2017	2018
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[AmericadoSul]	57,24	56,39	55,53	55,11	55,11
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[AsiaeOceania]	61,09	60,66	60,23	60,23	60,23
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[China]	56,82	56,82	56,82	56,82	57,24
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[CIS]	64,51	64,51	64,51	64,51	64,51
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[Europa]	55,53	55,53	56,39	56,82	56,95
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[India]	60,66	60,66	60,66	60,66	60,66
DemandatPotencialMinerioRotaBOF[MEA]	58,95	58,10	57,67	57,67	57,67
DemandaMáxim2[AmericadoNorte]	49,40	49,40	49,40	49,40	49,40
DemandaMáxim2[AmericadoSul]	16,14	15,90	15,66	15,54	15,54
DemandaMáxim2[AsiaeOceania]	11,36	11,28	11,20	11,20	11,20
DemandaMáxim2[China]	13,35	13,35	13,35	13,35	13,45
DemandaMáxim2[CIS]	11,93	11,93	11,93	11,93	11,93
DemandaMáxim2[Europa]	21,10	21,10	21,43	21,59	22,40
DemandaMáxim2[India]	10,19	10,19	10,19	10,19	10,19
DemandaMáxim2[MEA]	44,39	43,75	43,43	43,43	43,43
DemandaMínim2[AmericadoNorte]	46,07	46,07	46,07	46,07	46,07
DemandaMínim2[AmericadoSul]	13,28	13,08	12,88	12,78	12,78
DemandaMínim2[AsiaeOceania]	7,84	7,58	7,53	7,53	7,53
DemandaMínim2[China]	6,36	6,36	6,36	6,36	6,41
DemandaMínim2[CIS]	8,97	8,97	8,97	8,97	8,97
DemandaMínim2[Europa]	14,55	14,55	14,77	14,89	15,45
DemandaMínim2[India]	10,19	10,19	10,19	10,19	10,19
DemandaMínim2[MEA]	28,36	27,94	27,74	27,74	27,74
PodeAtenderDemandaMáxim1? 1[AmericadoNorte]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PodeAtenderDemandaMáxim1? 1[AmericadoSul]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PodeAtenderDemandaMáxim1? 1[AsiaeOceania]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Embora tenham sido feitas verificações parciais, ao final foi realizada uma análise completa do modelo a fim de testar o comportamento como um todo, considerando as relações entre setores, módulos e macromódulos. Durante a verificação, foram detectados erros, que foram corrigidos até que o resultado fosse considerado satisfatório. O Quadro 15 apresenta um extrato do registro dos testes de verificação realizados. Nele constam a identificação dos setores envolvidos no teste, o nome e a descrição do teste, os cenários testados, o status do teste e as ações e conclusões quando da identificação de divergência durante o teste.

Quadro 15 – Extrato da Planilha de Testes de Verificação

ids setores	Nome Teste	Descrição do Teste	Cenários para Teste	Status	Questão
01, 02, 03	Outros Mercados: Demanda e Preço Crescente e Não Expansão da Capacidade Dedicada	Inserir um valor como Taxa de Crescimento do Preço e da Demanda dos Outros Mercados. O Preço deve variar dentro de cada DT de acordo com o valor inserido, de tal modo que a variação percentual anual seja igual à Taxa de Crescimento informada.	- Demanda cresce, mas a Empresa não expande oferta para outros mercados. - Demanda cresce, e a Empresa expande oferta para outros mercados.	OK	
04	Cenário Escolha do Cenário de Produção	Deve ser escolhida a variável de produção conforme o cenário		OK	
05	Taxa de Utilização Projetada e Atual	Taxa de Utilização Projetada e Atual deve ser calculada conforme a Demanda Real.		OK	Na forma como foi modelado, todo o gap de capacidade é adicionado em apenas 1 dt, ou ainda, em apenas 1 ano. Isso tende a gerar alguns pulsos no crescimento do mercado. Suavizado com o uso da função smooth.
06	Crescimento da Capacidade Apenas por Taxas	Capacidade deve crescer conforme o <i>lead time</i> e adição de capacidade.		OK	
06	Taxa de Fechamento da Capacidade	Verificar o funcionamento da Taxa de Fechamento		OK	Diferença centesimal no fechamento. Ver imagem. 05.1. Crescimento da Capacidade Apenas por Taxas-com taxa de Fechamento_Erro.png
06, 07, 08, 09	Capacidade Crescendo com Projetos	Verificar crescimento da capacidade conforme sorteio de projetos com taxas iniciais iguais e diferentes.		OK	
10	Demanda Potencial EAF e BOF	Verificar a divisão da Demanda EAF e BOF		OK	
11	Demanda Real EAF	A demanda EAF deve ser atendida até um limite máximo de dedicação da capacidade ao Mercado EAF, de modo que os players podem "Priorizar" o mercado EAF em detrimento do mercado BOF. Neste momento é apenas verificado se a Demanda EAF deve ser restringida ou não. Ela seria restringida se a capacidade máxima de cada player dedicado à pelota DR fosse menor que a demanda por minério para rota EAF.		OK	Existe uma diferença pequena entre a demanda e a oferta quando comparadas anualmente considerando que capacidades são adicionadas ou removidas dentro de um DT. Essa diferença não compromete o funcionamento do modelo.
16	Demanda Real Rota BOF	A demanda em Unidade metálica deve ser distribuída entre os tipos de minério de acordo com a ordem de preferência, fatores de carga máximo e mínimos por região, e lógica de maximização dos tipos de minério preferidos.	- Independente de Cenário porque a demanda já foi cortada de acordo com a capacidade no módulo anterior.	OK	A demande restante se tornou negativa pela diferença entre os tipos de minério. Isso aconteceu pela diferença entre o teor do minério calculado e o teor médio. Alterando o módulo para considerar, em cada nível, apenas o teor do tipo de minério em consideração. 15.18. Erro Demanda Negativa -Demanda Real Rota BOF Versão de Antes de Alteração: 15.10.08.1450. Versão depois de Alteração: 15.10.08.1453.

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

Em alguns casos a divergência encontrada foi considerada aceitável, não sendo necessária qualquer ação, como, por exemplo, no teste Demanda Real EAF. Em outros casos, o problema detectado demandou uma correção e uma nova verificação. Como exemplo, cita-se o teste Demanda Real Rota BOF, que identificou que a demanda restante se tornou negativa pela diferença entre os tipos de minério. A causa do erro foi detectada e corrigida alterando-se o módulo para considerar, em cada nível, apenas o teor do tipo de minério em consideração. Esse processo foi realizado com todos os setores verificados, incluindo as interfaces com o Excel, conforme ilustra a Figura 54.

Finalizada a verificação do modelo, a próxima atividade foi a rodada de experimentos com base de dados de teste completa para avaliação da performance do modelo – tempo de processamento. Além disso, foram gerados dados de saída para posterior análise. Embora não tendo sido definido a priori um tempo máximo de simulação como requisito para construção do modelo, tinha-se a expectativa de que fosse possível rodar um experimento com 30 replicações em um tempo inferior a dez minutos. No entanto, verificou-se que um experimento desse porte demorava, em média, noventa minutos para ser simulado.

Algumas causas para o elevado tempo de processamento foram elencadas e testadas. A primeira delas foi o tamanho do modelo propriamente, ou seja, o número de setores e variáveis. Porém, pela experiência do grupo condutor, outros modelos de tamanho semelhante haviam sido anteriormente desenvolvidos com tempo de processamento bem menor. Levantou-se, então, a possibilidade de a causa ser o tamanho das matrizes geradas e o número de cálculos necessários para operacionalizá-las. Essas matrizes são utilizadas para evitar a criação de variáveis repetitivas e a correspondente replicação de todos os cálculos, o que tornaria inviável a construção de um modelo dessa magnitude.



Figura 54 – Registro dos Testes de Verificação

Status de Verificação do Modelo e Interface SCS				100%
ID	Macro-Módulo	Módulo	Setor	Status Verificação
1	MercadosConsumidores	Outros Mercados	Preço Outros Mercados	100%
2	MercadosConsumidores	Outros Mercados	Demanda Outros Mercados	100%
3	MercadosConsumidores	Outros Mercados	Venda e Faturamento Outros Mecados	100%
4	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Cenários de Produção e Demanda de Aço	100%
5	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Taxa de Utilização Projetada e Atual	100%
6	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Variação da Capacidade Siderúrgica	100%
7	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Taxa de Crescimento da Capacidade	100%
8	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Tx Probabilidade Média	100%
9	MercadosConsumidores	CapacidadeSiderurgica	Projetos Siderurgicos	100%
10	MercadosConsumidores	DemandaPotencialUM	Demanda Potencial UM EAF e BOF	100%
11	MercadosConsumidores	DemandaReal	Demanda Real Global EAF	100%
12	MercadosConsumidores	DemandaReal	Demanda Real Global BOF	100%
13	MercadosConsumidores	DemandaReal	Cenários Participação Pelota	100%
14	MercadosConsumidores	DemandaReal	Demanda Rota EAF Por Regiao	100%
15	MercadosConsumidores	DemandaReal	DemandaUM e Produção Real Aço Por Região	100%
16	MercadosConsumidores	DemandaReal	Demanda Real Rota BOF	100%
17	MercadosConsumidores	DemandaReal	Demanda Real Um e t	100%
18	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Taxa de Crescimento da Capacidade	100%
19	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Ordem de Preferencia Rota BOF	100%
20	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Variação da Capacidade da Mineração	100%
21	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Teor da Capacidade da Mineração	100%
22	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Taxa de Utilização Projetada e Atual	100%
23	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Sorteio de Projetos	100%
24	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Teor Adicionado por Projeto	100%
25	PlayersMineração	CapacidadeMineração	Custo Variável e Fixo	100%
26	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Forma de Calculo do Modulo Produção	100%
27	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Ordem de Calculo dos Mercados	100%
28	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Demanda de Minerio	100%
29	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda Desejada Por Mercado	100%
30	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Produção	100%
31	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Compensação DR e BF	100%
32	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda dos Players Granulado	100%
33	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda dos Players SinterFeed	100%
34	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda dos Players Pellet Feed	100%
35	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda Players Pelota BF	100%
36	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Venda Players Pelota DR	100%
72	PlayersMineração	ProduçãoMineração	Player Marginal China	100%
37	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Cenários de Competitividade da Empresa	100%
38	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Custos Fixo e Variável Players	100%
39	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Custo de Acesso ao Mercado	100%
40	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Preço Final Minério	100%
41	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Preço Minério	100%
42	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Regressões Premium Pelota e Granulado	100%
43	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Regressão Premium % Fe	100%
44	PlayersMineração	FinanceiroMineração	VPL Players	100%
45	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Subsidiárias Empresa	100%
46	PlayersMineração	FinanceiroMineração	Preço SF 62	100%
47	PlayersMineração	Insumos	Preços de Insumos	100%
48	Empresa	CadeiaProdutiva	Capacidade Empresa Brasil	100%
49	Empresa	CadeiaProdutiva	Capacidade Cadeia Produtiva	100%
50	Empresa	CadeiaProdutiva	Produção Cadeia Produtiva	100%
51	Empresa	CadeiaProdutiva	Projetos Empresa	100%
52	Empresa	CadeiaProdutiva	Capacidade Dedicada a Outros Mercados	100%
53	Empresa	CadeiaProdutiva	Custo Variavel Cadeia Produtiva	100%
54	Empresa	CadeiaProdutiva	Produção Conforme o Custo Variável	100%
55	Empresa	CadeiaProdutiva	Estéril e Rejeito: Capacidade Disposição e Venda	100%
56	Empresa	CadeiaProdutiva	Consumo e Geração de Energia	100%
57	Empresa	CadeiaProdutiva	Gap de Agua	100%
58	Empresa	CadeiaProdutiva	Custo Fixo e Capex Adicionado por Projetos	100%
59	Empresa	CadeiaProdutiva	Custo Variável Unitário	100%
60	Empresa	CadeiaProdutiva	Fluxo de Caixa Calculado Cadeia Produtiva	100%
61	Empresa	CadeiaProdutiva	Diferenciação	100%
62	Empresa	Valor	Apuração FCAcumulado	100%
63	Interface Excel	Importação de Dados	Importação dos dados do Banco Excel -> Ithink*	100%
64	Interface Excel	Tratamento de Dados	Rodada de "n" combinações de experimentos automática	100%
65	Interface Excel	Exportação de Dados	Exportação Ithink -> Excel para "n" Experimentos	100%
66	Interface Excel	Tratamento de Dados	Tratamento Estatístico dos Outputs	100%

Fonte: Documentos da Empresa (2015)

A partir disso, para representar a capacidade inicial de produção de cada tipo de minério, de cada um dos *players*, em cada uma das regiões, passou-se a utilizar uma única variável matricial com as três dimensões, em vez de 1200 variáveis individuais (20 *players*, 10 regiões e 6 tipos de minério). Essa estratégia não minimiza, no entanto, a quantidade de cálculos a serem feitos, pelo contrário. Embora muitas das posições da matriz possuam resultado nulo como, por exemplo, quando o *player*  $x$  não produz o minério  $y$  na região  $z$ , por se tratar de uma variável matricial todas as posições devem ser preenchidas, ainda que com valor nulo.

A fim de verificar o impacto do tamanho das matrizes, foram realizados testes com menor número de dados (menos *players*, menos regiões e menos tipos de minério, por exemplo). A performance efetivamente melhorou, passando para cerca de 12 minutos cada rodada de experimento com 30 replicações, o que fica bem próximo do tempo considerado ideal. Apesar de a causa ter sido identificada, não era viável reduzir o tamanho das matrizes, pois isso significaria não modelar a realidade do sistema. Optou-se, assim, por utilizar uma estratégia de processamento das rodadas em *Background*, a fim de utilizar o tempo da equipe somente para a análise dos dados de saída.

Com a verificação, concluiu-se a construção do modelo de dinâmica de sistemas, a última macroetapa do método proposto. Percorreu-se, assim, todas as etapas e atividades propostas no método. O próximo capítulo discute criticamente o método, a partir da apresentação de resultados gerados com a sua aplicação.

## 6 AVALIAÇÃO CRÍTICA DO ARTEFATO

Este capítulo apresenta os resultados da aplicação do artefato. Para tanto, foi gerada uma base de dados descaracterizada, mas que, no entanto, preserva as relações do mercado. Isso significa que, embora os dados não sejam reais, foram mantidas as proporções entre eles. Dessa forma, variáveis como proporção entre demanda e oferta, participação de mercado de cada *player*, hierarquia de custos, entre outras, foram preservadas.

Dentre as opções estratégicas, foram selecionadas, para avaliação, a opção de expansão e a opção de operação de estéril. Cada opção foi avaliada individualmente e em conjunto, a fim de verificar o potencial sinérgico que há entre elas. Quanto aos cenários, foram considerados os oito quadrantes configurados. Dessa forma, 32 experimentos foram simulados, conforme apresenta a Tabela 9. As duas primeiras colunas, que dizem respeito ao número do experimento e ao número do cenário, são dados informativos não utilizados pelo modelo. As três colunas seguintes, demanda aço, participação pelota e competitividade empresa, indicam o nível de incerteza crítica no cenário em questão, com o uso de variáveis binárias, sendo que 1 indica nível alto e 0 evidencia nível baixo. As últimas duas colunas indicam, também com variáveis binárias, se a opção estratégica foi ou não exercida no experimento.

Tabela 9 – Experimentos Simulados

Experimento	Cenário	Demanda Aço	Participação Pelota	Competitividade Empresa	OE[1]	OE[2]
1	2	1	1	1	0	0
2	4	1	1	0	0	0
3	3	1	0	0	0	0
4	1	1	0	1	0	0
5	6	0	1	1	0	0
6	8	0	1	0	0	0
7	7	0	0	0	0	0
8	5	0	0	1	0	0
9	2	1	1	1	1	0
10	4	1	1	0	1	0
11	3	1	0	0	1	0
12	1	1	0	1	1	0
13	6	0	1	1	1	0
14	8	0	1	0	1	0
15	7	0	0	0	1	0
16	5	0	0	1	1	0
17	2	1	1	1	0	1
18	4	1	1	0	0	1
19	3	1	0	0	0	1
20	1	1	0	1	0	1
21	6	0	1	1	0	1
22	8	0	1	0	0	1
23	7	0	0	0	0	1
24	5	0	0	1	0	1
25	2	1	1	1	1	1
26	4	1	1	0	1	1
27	3	1	0	0	1	1
28	1	1	0	1	1	1
29	6	0	1	1	1	1
30	8	0	1	0	1	1
31	7	0	0	0	1	1
32	5	0	0	1	1	1

Fonte: Elaborado pela autora

O primeiro experimento simula o cenário 2, em que a demanda de aço, a participação da pelota e a competitividade da empresa se encontram em nível alto, sem o exercício de nenhuma opção estratégica. Assim, os oito primeiros experimentos simulam a realidade futura da empresa em cada um dos cenários, sem que nenhuma opção estratégica seja exercida. Os experimentos de 9 a 16 simulam o exercício da primeira opção estratégica em cada um dos cenários, enquanto os cenários de 17 a 24 simulam o exercício da segunda opção estratégica. Por fim, os cenários de 25 a 32 simulam o exercício conjunto das duas opções estratégicas.

Concluída a definição dos experimentos, os dados foram transferidos para o iThink, por meio da interface desenvolvida. Em função dos dados disponíveis, foi parametrizado um horizonte de 11 anos (2015 a 2025) para a simulação. Esse horizonte está em consonância com o interesse da empresa, que previa um prazo superior a 5 anos para a análise. Como

parâmetro inicial, também foi definido que seriam realizadas 30 replicações, com posterior verificação da suficiência desse número. A mesma interface permitiu que, a cada replicação, os dados gerados pelo iThink fossem exportados para o Excel para posterior análise. Ao total, foram realizadas 960 simulações, sendo 32 experimentos com 30 replicações cada, sendo que cada uma demorou em média 28 segundos, totalizando 7,5 horas.

A principal variável de saída é o fluxo de caixa acumulado da empresa, que é usado para o cálculo do NPV sistêmico e dinâmico. Também é a partir dessa variável que é avaliada a robustez da opção estratégica, bem como a sinergia entre as opções. A fim de avaliar a suficiência de replicações, foram testados os dados dos fluxos de caixa acumulados para cada replicação. Considerou-se como aceitável um erro máximo de 1% e um nível de significância de 95%. O maior tamanho de amostra requerido foi 22, o que indica que 30 replicações foram suficientes. Os cálculos que subsidiam essa decisão encontram-se no Apêndice G. Assim, considerou-se a base de dados gerada como suficiente e adequada às análises a seguir apresentadas.

## 6.1 ANÁLISE DO NPV SISTÊMICO E DINÂMICO

Como definido no desenvolvimento do artefato, o NPV sistêmico e dinâmico é calculado para cada cenário, considerando o fluxo de caixa adicional gerado pela opção estratégica em comparação com o mesmo cenário sem nenhuma opção estratégica. Inicialmente, foi planejado que o modelo geraria o fluxo de caixa para cada período e que no pós-processamento esses valores seriam trazidos a valor presente e acumulados para o cálculo do NPV, considerando o valor do investimento realizado. No entanto, durante a construção do modelo, optou-se por fazer o cálculo internamente. O fluxo de caixa gerado a cada período, que considera as parcelas do investimento, foi então trazido a valor presente e acumulado a fim de gerar a variável de saída. Assim, o dado gerado no modelo é o fluxo de caixa acumulado trazido a valor presente. O NPV sistêmico e dinâmico de uma opção estratégica em um dado cenário é, pois, a diferença entre os valores finais do fluxo de caixa dos experimentos com e sem o exercício da opção estratégica.

Para o cálculo dos NPV sistêmicos e dinâmicos, utilizou-se os dados gerados pelo modelo e exportados para o Excel. A Tabela 10 exemplifica o cálculo para a primeira opção estratégica avaliada – expansão – no cenário 2. Para tanto, foram utilizados os dados gerados nos experimentos de 1 e 9, que simularam o cenário 2, respectivamente, sem e com o exercício da opção estratégica. Para cada período, a média do fluxo de caixa adicional foi calculada pela subtração das médias dos experimentos, enquanto o desvio padrão foi calculado pela soma dos

desvios padrão dos experimentos. Com esses dados, foi possível calcular o intervalo de confiança que descreve o NPV sistêmico e dinâmico para a opção estratégica de expansão no cenário 2.

Tabela 10 – Cálculo do Fluxo de Caixa Adicionado

Opção Estratégica - Expansão									
Cenário 2									
Experimento	Estatística	Inicial	2015	2016	2017	2018	2019	...	2025
1	Média	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 63.586,47		R\$ 197.106,25
	Desv.Pad	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0,00	R\$ 927,78		R\$ 1.576,55
1	IC Superior	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 63.932,91		R\$ 197.694,94
1	IC Inferior	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 63.240,03		R\$ 196.517,55
9	Média	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 68.178,55		R\$ 235.806,34
	Desv.Pad	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0,00	R\$ 1.628,82		R\$ 3.043,97
9	IC Superior	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 68.786,76		R\$ 236.942,97
9	IC Inferior	R\$ 30.000,00	R\$ 24.212,69	R\$ 29.686,40	R\$ 35.757,62	R\$ 41.432,02	R\$ 67.570,33		R\$ 234.669,70
	Média	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.592,08		R\$ 38.700,09
	Desv.Pad	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0,00	R\$ 2.556,60		R\$ 4.620,51
	IC Superior	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0,00	R\$ 5.546,73		R\$ 40.425,42
	IC Inferior	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 0,00	R\$ 3.637,43		R\$ 36.974,76

Fonte: Elaborado pela autora

O mesmo procedimento foi seguido para calcular o NPV sistêmico da opção estratégica nos demais cenários, para a segunda opção selecionada e para o exercício conjunto das duas opções. A Tabela 11 apresenta os parâmetros das funções de distribuição que descrevem o NPV sistêmico e dinâmico para cada uma das opções nos diferentes cenários. É possível verificar que ambas as opções têm impacto positivo sobre o resultado da empresa em todos os cenários, uma vez que todos os intervalos de confiança são positivos.

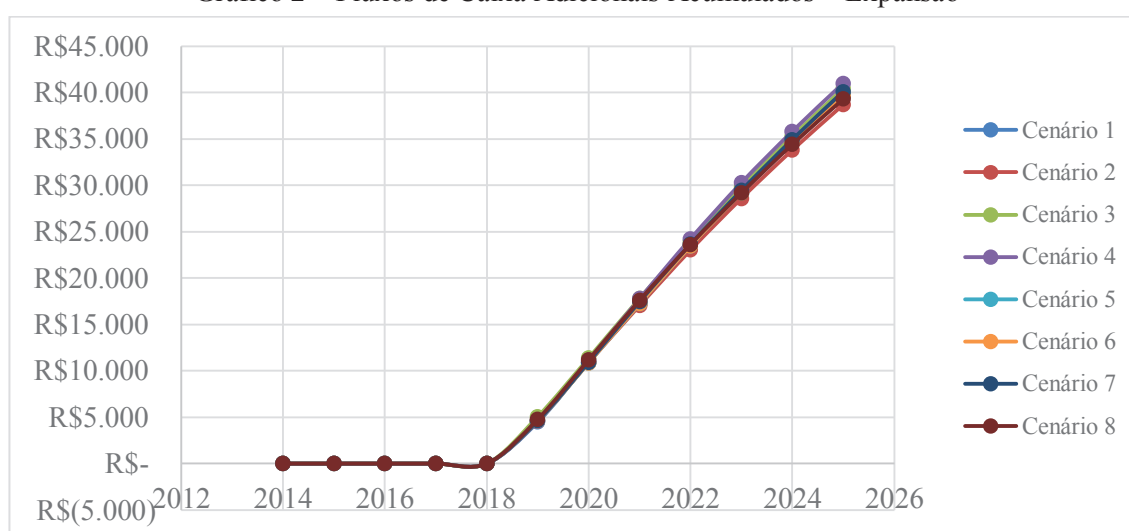
Tabela 11 – NPV Sistêmico e Dinâmico

Opção Estratégica	Cenário	Média	Desvio Padrão	IC Superior	IC Inferior
Expansão	Cenário 1	R\$ 39.664,54	R\$ 4.156,69	R\$ 41.216,68	R\$ 38.112,41
Expansão	Cenário 2	R\$ 38.700,09	R\$ 4.620,51	R\$ 40.425,42	R\$ 36.974,76
Expansão	Cenário 3	R\$ 40.437,28	R\$ 3.726,65	R\$ 41.828,83	R\$ 39.045,73
Expansão	Cenário 4	R\$ 41.013,27	R\$ 5.076,66	R\$ 42.908,92	R\$ 39.117,61
Expansão	Cenário 5	R\$ 39.697,71	R\$ 4.715,79	R\$ 41.458,61	R\$ 37.936,81
Expansão	Cenário 6	R\$ 39.653,74	R\$ 5.103,32	R\$ 41.559,35	R\$ 37.748,13
Expansão	Cenário 7	R\$ 40.114,03	R\$ 4.482,88	R\$ 41.787,97	R\$ 38.440,10
Expansão	Cenário 8	R\$ 39.298,80	R\$ 4.082,20	R\$ 40.823,12	R\$ 37.774,48
Operação Estéril	Cenário 1	R\$ 28.417,49	R\$ 2.456,54	R\$ 29.334,78	R\$ 27.500,20
Operação Estéril	Cenário 2	R\$ 30.035,73	R\$ 3.312,27	R\$ 31.272,56	R\$ 28.798,91
Operação Estéril	Cenário 3	R\$ 28.246,79	R\$ 2.577,55	R\$ 29.209,26	R\$ 27.284,32
Operação Estéril	Cenário 4	R\$ 30.719,18	R\$ 2.648,77	R\$ 31.708,25	R\$ 29.730,11
Operação Estéril	Cenário 5	R\$ 29.726,13	R\$ 2.683,34	R\$ 30.728,11	R\$ 28.724,15
Operação Estéril	Cenário 6	R\$ 28.577,51	R\$ 2.854,16	R\$ 29.643,27	R\$ 27.511,75
Operação Estéril	Cenário 7	R\$ 29.776,18	R\$ 2.385,72	R\$ 30.667,03	R\$ 28.885,34
Operação Estéril	Cenário 8	R\$ 28.676,44	R\$ 3.128,88	R\$ 29.844,78	R\$ 27.508,09
Expansão + Operação Estéril	Cenário 1	R\$ 69.402,88	R\$ 4.644,81	R\$ 71.137,28	R\$ 67.668,48
Expansão + Operação Estéril	Cenário 2	R\$ 70.930,04	R\$ 5.473,03	R\$ 72.973,71	R\$ 68.886,38
Expansão + Operação Estéril	Cenário 3	R\$ 69.196,79	R\$ 4.673,55	R\$ 70.941,92	R\$ 67.451,65
Expansão + Operação Estéril	Cenário 4	R\$ 70.229,17	R\$ 4.597,83	R\$ 71.946,02	R\$ 68.512,31
Expansão + Operação Estéril	Cenário 5	R\$ 69.501,53	R\$ 4.323,42	R\$ 71.115,92	R\$ 67.887,14
Expansão + Operação Estéril	Cenário 6	R\$ 68.473,63	R\$ 4.570,37	R\$ 70.180,23	R\$ 66.767,02
Expansão + Operação Estéril	Cenário 7	R\$ 69.237,27	R\$ 3.664,71	R\$ 70.605,70	R\$ 67.868,84
Expansão + Operação Estéril	Cenário 8	R\$ 68.930,04	R\$ 6.014,59	R\$ 71.175,93	R\$ 66.684,16

Fonte: Elaborado pela autora

Outra análise possível é a comparação do NPV de uma dada opção nos diversos cenários. Nesse caso, é possível avaliar se há diferença entre o valor adicional gerado por uma opção estratégica em cada um dos cenários. Como exemplo, analisa-se os valores médios dos fluxos de caixa acumulados dos experimentos com a opção estratégica de expansão, cujo resultado é apresentado no Gráfico 2. Visualmente, analisando as curvas, não é possível perceber se há diferença do resultado adicional gerado em cada cenário, uma vez que elas se apresentam muito próximas.

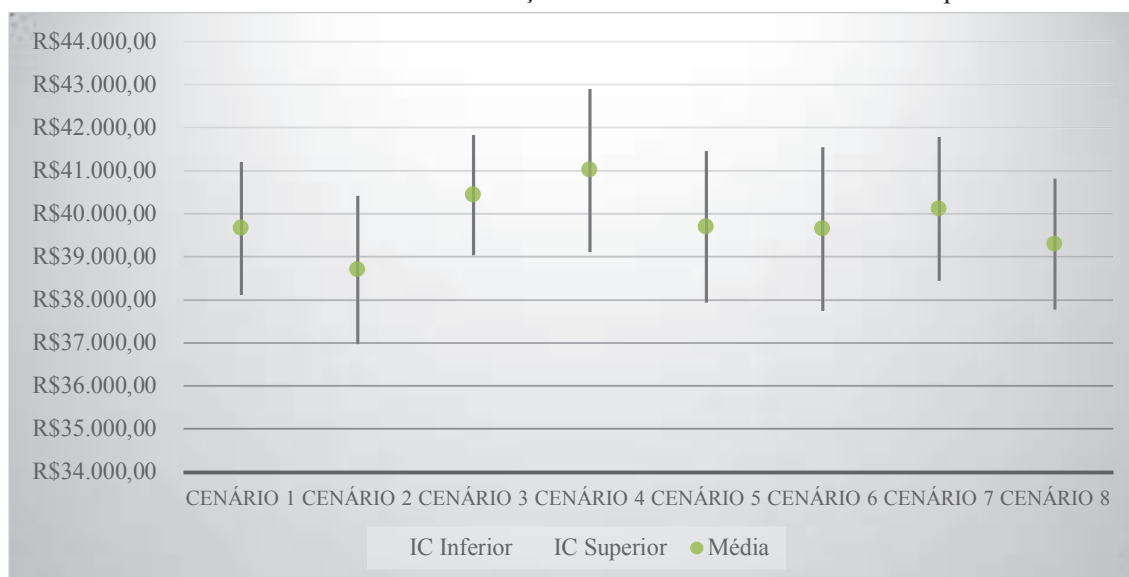
Gráfico 2 – Fluxos de Caixa Adicionais Acumulados – Expansão



Fonte: Elaborado pela autora

A análise gráfica dos intervalos de confiança permite ampliar essa abordagem. Conforme pode ser observado no Gráfico 3, há sobreposição entre os intervalos de confiança dos NPVSD dos diferentes cenários. Essa sobreposição não permite, portanto, afirmar, com o nível de confiança utilizado para estabelecer intervalos de confiança, ou seja, 95%, que há diferença entre os NPVSD.

Gráfico 3 – Intervalos de Confiança NPV Sistêmico e Dinâmico – Expansão



Fonte: Elaborado pela autora

O uso da ANOVA rejeita a hipótese de que há diferença entre os resultados, conforme ilustra a Figura 55. Nesse caso, como o fator F (que representa a variância entre os grupos) é inferior ao F crítico (calculado para o tamanho da amostra e o nível de significância desejado), não se pode afirmar que há diferença entre os valores.

Figura 55 – Resultados Análise de Variância NPVSD - Expansão

RESUMO					
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>	
Coluna 1	30	1189936	39664,54	11248005	
Coluna 2	30	1161003	38700,09	8181512	
Coluna 3	30	1213118	40437,28	8346160	
Coluna 4	30	1230398	41013,27	13883142	
Coluna 5	30	1190931	39697,71	12015699	
Coluna 6	30	1189612	39653,74	16371455	
Coluna 7	30	1203421	40114,03	15237631	
Coluna 8	30	1178964	39298,8	9632337	

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1,05E+08	7	14931129	1,258472	0,271961	2,049195
Dentro dos grupos	2,75E+09	232	11864493			
<b>Total</b>	<b>2,86E+09</b>	<b>239</b>				

Fonte: Elaborado pela autora (2017)



Para sustentar a realização do teste de análise de variância, foram feitos os testes de pressupostos de normalidade e homogeneidade, segundo os métodos de Shapiro Wilk e Levine. A, conforme ilustrado na Figura 56.

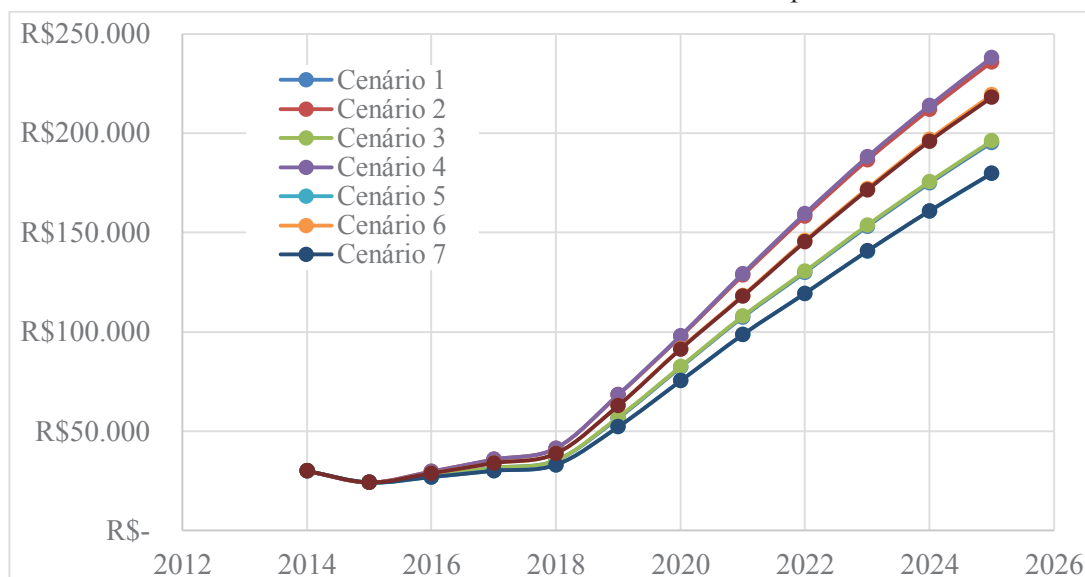
Figura 56 – Exemplo dos Teste de Pressupostos

<pre>&gt; &gt; ### Pressupostos &gt; ## a. Teste Levene Avaliar se os dados analisados são homogêneos &gt; # H0: Os dados são homogêneos &gt; # H1: Os dados são homogêneos &gt; # Aceitabilidade: Sign. &gt;= 0,05 &gt; leveneTest(Resultado ~ Grupo, data = dataset_anova) Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)   Df F value Pr(&gt;F) group 7 0.7935 0.5934       232</pre>	<pre>## b. Normalidade das variáveis # Avaliar se os dados analisados são provenientes de uma distribuição normal # H0: Os dados são normais # H1: Os dados não são normais # Aceitabilidade Sign. &gt;= 0,05 &gt; shapiro.test(dataset_normalidade\$Resultado36)  Shapiro-Wilk normality test data: dataset_normalidade\$Resultado36 W = 0.95937, p-value = 0.2985</pre>
---	---

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Caso a mesma análise fosse feita somente sobre o fluxo de caixa gerado pelo exercício da opção estratégica, sem descontar o fluxo de caixa base, a conclusão seria outra, conforme ilustra o Gráfico 4. Visualmente, analisando as curvas, é possível verificar que há quatro subconjuntos de resultados. Os cenários 2 e 4 apresentam resultados muito próximos e superiores aos demais. Na sequência, aparecem os cenários 6 e 8, seguidos pelos cenários 1 e 3. Por fim, os menores fluxos de caixa são encontrados nos cenários 5 e 7.

Gráfico 4 – Fluxos de Caixa Acumulados – Expansão



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

A análise de variância confirma que efetivamente há diferença entre os fluxos de caixa gerados nos diferentes cenários, conforme evidenciam os resultados na ANOVA ilustrados na Figura 57. Nesse caso, como a variância entre os grupos é superior ao F crítico, e o valor-p é

inferior a 0,05, pode-se afirmar, com 95% de confiança, que há diferença entre os valores e que esse resultado é significativo.

Figura 57 - Resultados da Análise de Variância dos Fluxos de Caixa - Expansão

RESUMO				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Cenário 1	30	5855009,01	195166,967	10043727
Cenário 2	30	7074190,17	235806,339	9265723,33
Cenário 3	30	5879554,34	195985,145	6413733,53
Cenário 4	30	7141062,63	238035,421	13671388,3
Cenário 5	30	5387387,87	179579,596	10611830,8
Cenário 6	30	6575122,01	219170,734	15654703
Cenário 7	30	5392452,66	179748,422	12774763,2
Cenário 8	30	6538695,56	217956,519	6400037,72

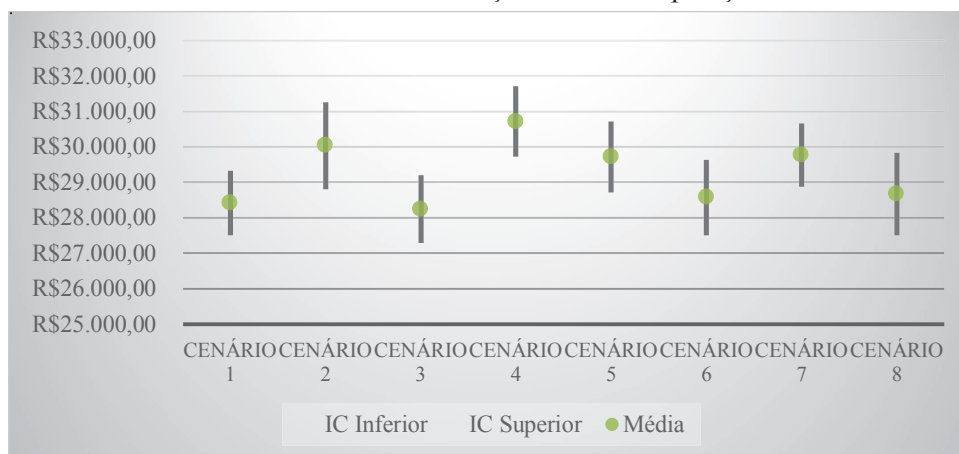
  

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1,144E+11	7	1,6343E+10	1541,12819	1,371E-190	2,0491952
Dentro dos grupos	2460241297	232	10604488,3			
<b>Total</b>	<b>1,1686E+11</b>	<b>239</b>				

Fonte: Elaborado pela autora

Como há diferença entre os fluxos de caixa acumulados gerados nos experimentos com a opção estratégica, mas não há diferença entre os fluxos de caixa adicionais (NPVSD), conclui-se que a diferença se deve somente aos cenários. O exercício da opção estratégica de expansão adiciona valor a todos os cenários, em igual magnitude. Ao contrário, para a opção estratégica de operação de estéril, é possível afirmar que há diferença entre os NPVSD em cada cenário, como pode ser visto no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Intervalos de Confiança NPVSD – Operação de Estéril



Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que não há sobreposição entre alguns dos intervalos de confiança, como por exemplo nos cenários 3 e 4. Essa conclusão é confirmada pelos resultados da análise de variância ilustrados na Figura 58. Nesse caso, novamente a variância entre os grupos é superior ao F crítico, e o valor-p é inferior a 0,05, permitindo afirmar, com 95% de confiança, que há diferença entre os valores e que tal resultado é significativo.

Figura 58 – Resultados da Análise de Variância NPVSD – Operação de Estéril

RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Cenário 1	30	852524,7	28417,49	2817917		
Cenário 2	30	901072	30035,73	5734846		
Cenário 3	30	847403,7	28246,79	3714067		
Cenário 4	30	921575,4	30719,18	3273314		
Cenário 5	30	891783,9	29726,13	3820501		
Cenário 6	30	857325,3	28577,51	5041438		
Cenário 7	30	893285,5	29776,18	3756406		
Cenário 8	30	860293,1	28676,44	4379724		

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1,73E+08	7	24669943	6,065469	1,64E-06	2,049195
Dentro dos grupos	9,44E+08	232	4067277			
Total	1,12E+09	239				

Fonte: Elaborado pela autora

A partir dessa análise, é possível verificar em qual cenário a opção estratégica adiciona mais valor. Por exemplo, a operação de estéril adiciona mais valor ao cenário 4 do que ao cenário 3, conforme resultado da análise de variância ilustrado na Figura 59.

Figura 59 – Resultados Análise de Variância NPVSD – Operação de Estéril

RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Cenário 3	30	847403,7	28246,79	3714067		
Cenário 4	30	921575,4	30719,18	3273314		

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	91690858	1	91690858	26,2447	3,59E-06	4,006873
Dentro dos grupos	2,03E+08	58	3493691			
Total	2,94E+08	59				

Fonte: Elaborado pela autora

Essa análise poderia ser repetida para todos os cenários. Nessa situação, ter-se-ia 28 análises pareadas semelhantes à apresentada.

## 6.2 ANÁLISE DA ROBUSTEZ DAS OPÇÕES ESTRATÉGICAS

O conceito de robustez das opções estratégicas foi definido como a capacidade de a opção gerar resultados sistêmicos e dinâmicos superiores ao NPV calculado pelo método tradicional (estático e fragmentado) no maior número de cenários. Para tanto, é necessário que esse valor de NPV esteja disponível. Porém, as opções estratégicas analisadas nesta aplicação do método não haviam sido avaliadas anteriormente pela empresa, sendo concebidas ao longo deste trabalho.

Em conjunto com o grupo executivo, estimou-se o fluxo de caixa e o respectivo NPV pelo método tradicional. Como cenário mais provável para esse cálculo, considerou-se uma perspectiva de posição competitiva favorável da empresa e de demanda de aço e de participação da pelota na carga metálica em níveis intermediários. Os valores obtidos foram, então, descaracterizados com os mesmos parâmetros, de modo a ficarem comparáveis aos gerados nas simulações. Embora não reais e, portanto, apresentados em ordem de milhar, os valores permitem demonstrar e discutir a análise de robustez das opções estratégicas. A Tabela 12 apresenta os resultados de cada opção.

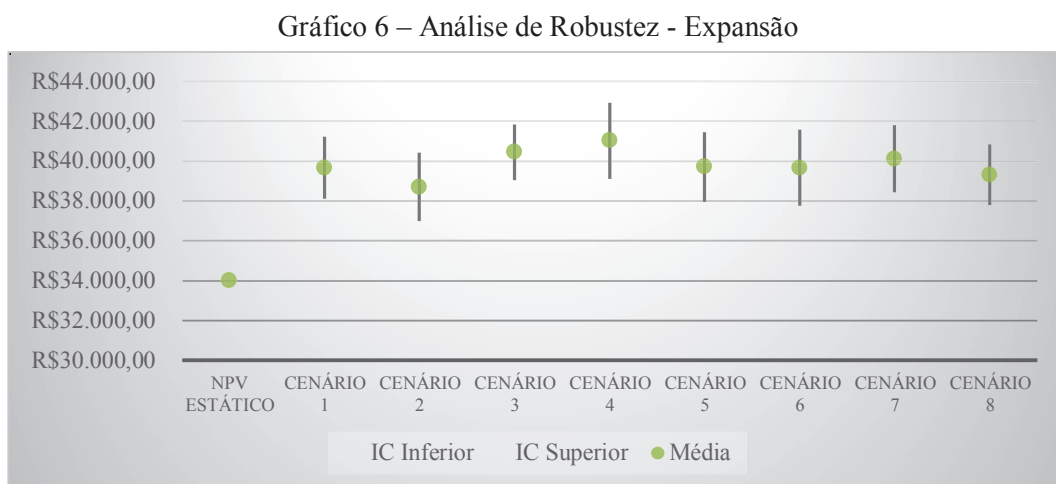
Tabela 12 – Resultados das Opções Estratégicas

<b>Opção Estratégica</b>	<b>Expansão</b>	<b>Operação de Estéril</b>
NPV – Estático	R\$ 34.000,00	R\$ 29.000,00
NPVSD – Cenário 1	R\$ 39.664,54	R\$ 28.417,49
NPVSD – Cenário 2	R\$ 38.700,09	R\$ 30.035,73
NPVSD – Cenário 3	R\$ 40.437,28	R\$ 28.246,79
NPVSD – Cenário 4	R\$ 41.013,27	R\$ 30.719,18
NPVSD – Cenário 5	R\$ 39.697,71	R\$ 29.726,13
NPVSD – Cenário 6	R\$ 39.653,74	R\$ 28.577,51
NPVSD – Cenário 7	R\$ 40.114,03	R\$ 29.776,18
NPVSD – Cenário 8	R\$ 39.298,80	R\$ 28.676,44

Fonte: Elaborado pela autora

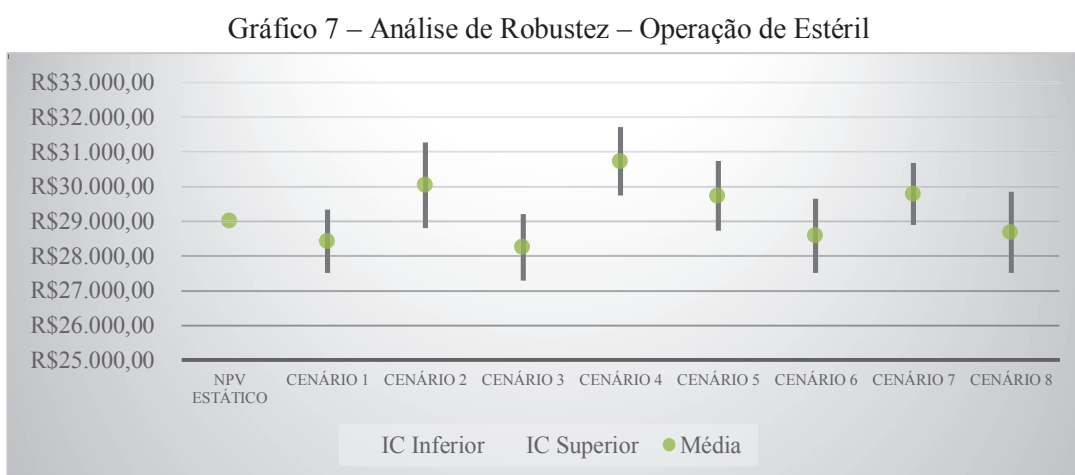
Analisando os dados, é possível verificar que a opção pela expansão é mais robusta do que a opção pela operação de estéril, uma vez que o NPVSD em todos os cenários é superior ao valor calculado pelo método tradicional. Por sua vez, a opção de operação de estéril apresenta resultados superiores nos cenários 2, 4, 5 e 7, mas resultados inferiores nos demais cenários, sendo, portanto, menos robusta.

A mesma conclusão pode ser obtida pela análise gráfica, na qual se compara o valor do NPV estático aos intervalos de confiança dos NPVSD. O Gráfico 6 apresenta a análise para a opção de expansão.



Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 6, é possível observar que todos os intervalos de confiança são superiores ao valor calculado pelo método tradicional. Por outro lado, no Gráfico 7, percebe-se que o NPV estático se encontra entre os intervalos de confiança dos NPVSD da opção de operação de estéril.



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados gerados pelas opções estratégicas averiguadas não permitem uma análise mais profunda do conceito de robustez e de como ele pode auxiliar na tomada de decisão. O fato de a opção de expansão ser mais robusta e de apresentar NPSVD positivo

em todos os cenários, torna-a uma alternativa de baixo risco para a empresa. Quanto à opção de operação de estéril, mesmo não apresentando a mesma robustez, não representa risco em nenhum dos cenários analisados, uma vez que também ela mostra resultados de NPVSD positivo em todas as alternativas. Caso houvesse opções estratégicas que apresentassem resultados mais díspares entre os diferentes cenários, outras análises poderiam ser realizadas.

### 6.3 ANÁLISE DO EFEITO SINÉRGICO DAS OPÇÕES

A análise do efeito sinérgico das opções estratégicas tem por objetivo verificar se há influência quando as opções são exercidas conjuntamente. Caso as opções sejam independentes, o NPVSD gerado pelo exercício conjunto deveria ser similar à soma dos NPVSD de cada opção exercida individualmente. No entanto, pode haver um efeito sinérgico entre as opções, de modo que uma opção estratégica pode potencializar o resultado de outra. Nesse caso, o NPVSD das duas opções deveria ser superior à soma dos NPVSD individuais. Há ainda a possibilidade de ocorrer canibalismo entre as opções, quando, por exemplo, ambas competem por uma mesma demanda ou disponibilidade de recursos. Em uma situação dessas, a soma dos NPVSD individuais seria superior ao resultado obtido com o exercício conjunto.

Na situação das duas opções estratégicas analisadas é difícil, a priori, visualizar se o efeito entre elas será sinérgico, neutro ou canibalizador. Por um lado, há um efeito sinérgico, uma vez que a opção de expansão pressupõe uma maior geração de estéril, que requer a construção de novas estruturas para disposição quando a capacidade das atuais se esgotar. Quando a operação de estéril é associada à expansão, parte do estéril gerado é aproveitado e vendido, postergando ou até mesmo evitando o esgotamento da capacidade de disposição. Por outro lado, a operação de estéril aumenta a oferta de finos no mercado, podendo impactar negativamente no preço do minério, bem como reduzir a participação da pelota na carga metálica. Nesses casos, a dinâmica de sistemas é uma ferramenta adequada para avaliar o efeito resultante.

A partir dos dados gerados nos experimentos, comparou-se os NPVSD para o exercício conjunto das opções com a soma dos NPVSD individuais para cada cenário. A Tabela 13 apresenta o resultado da análise considerando os valores médios dos NPVSD. Na tabela, é possível observar que, em alguns cenários, prevalece o efeito sinérgico

(cenários 1 e 2), enquanto em outros (cenários 4 e 7) a canibalização entre as opções é mais acentuada.

Tabela 13 – Análise do Efeito Sinérgico

Cenário	Exercício Isolado das Opções			Exercício Conjunto das Opções	Diferença
	Expansão	Operação Estéril	Expansão + Operação Estéril		
Cenário 1	R\$ 39.664,54	R\$ 28.417,49	R\$ 68.082,03	R\$ 69.402,88	R\$ 1.320,85
Cenário 2	R\$ 38.700,09	R\$ 30.035,73	R\$ 68.735,83	R\$ 70.930,04	R\$ 2.194,22
Cenário 3	R\$ 40.437,28	R\$ 28.246,79	R\$ 68.684,07	R\$ 69.196,79	R\$ 512,72
Cenário 4	R\$ 41.013,27	R\$ 30.719,18	R\$ 71.732,45	R\$ 70.229,17	(R\$ 1.503,28)
Cenário 5	R\$ 39.697,71	R\$ 29.726,13	R\$ 69.423,84	R\$ 69.501,53	R\$ 77,69
Cenário 6	R\$ 39.653,74	R\$ 28.577,51	R\$ 68.231,25	R\$ 68.473,63	R\$ 242,38
Cenário 7	R\$ 40.114,03	R\$ 29.776,18	R\$ 69.890,22	R\$ 69.237,27	(R\$ 652,95)
Cenário 8	R\$ 39.298,80	R\$ 28.676,44	R\$ 67.975,24	R\$ 68.930,04	R\$ 954,80

Fonte: Elaborado pela autora

O efeito sinérgico apresentado nos cenários 1 e 2 sustenta-se qualitativamente pelo fato de que é nesses cenários que se espera maior produção em volume em função da alta demanda de aço e da posição competitiva favorável. No cenário 2, esse volume é ainda maior pela grande participação da pelota na carga metálica. Assim, é nesses cenários que é mais provável haver necessidade de construção de novas estruturas de disposição de estéril, sendo, portanto, mais benéfico o exercício conjunto das opções. Também nos cenários 4 e 7, em que a posição competitiva da empresa é menos favorável, o impacto negativo sobre o preço pode explicar o fato de o exercício conjunto não ser benéfico.

Embora o entendimento sistêmico permita explicar os efeitos encontrados na comparação dos valores médios, é importante verificar se as diferenças são significativas. Para tanto, usa-se novamente a análise de variância. A Tabela 14 apresenta um resumo dos parâmetros gerados pela análise de variância. Essa análise demonstra que somente a diferença identificada no cenário 2 é significativa, uma vez que esse foi o único cenário no qual a variância entre os grupos foi superior ao valor crítico. Esse resultado também é significativo, pois o p-valor foi inferior a 0,05. Para os demais cenários, não é possível afirmar que o resultado obtido pelo exercício conjunto das opções seja diferente da soma dos resultados individuais.

Tabela 14 – Análise de Variância do Efeito Sinérgico

<b>Cenário</b>	<b>Variância entre os Grupos – F</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Crítico</b>
Cenário 1	1,628222556	0,207035458	4,006872886
Cenário 2	4,583575336	0,036494488	4,006872886
Cenário 3	0,28400187	0,596126252	4,006872886
Cenário 4	2,175920858	0,145593658	4,006872886
Cenário 5	0,006166191	0,937680658	4,006872886
Cenário 6	0,042144424	0,838063527	4,006872886
Cenário 7	0,358198359	0,551838783	4,006872886
Cenário 8	0,619245673	0,434531504	4,006872886

Fonte: Elaborado pela autora

A análise do efeito sinérgico entre as opções permite quantificar os efeitos originalmente previstos no entendimento sistêmico. Em sistemas complexos é difícil prever os efeitos das decisões, e a modelagem de dinâmica de sistemas supre essa lacuna.

#### 6.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS OPÇÕES NOS CENÁRIOS

Uma informação relevante aos tomadores de decisão é saber que opção estratégica traz maior retorno em cada um dos cenários possíveis. A análise comparativa das opções visa a fornecer tal resposta. Para tanto, são comparados os NPVSD de cada opção estratégica em cada cenário. Novamente, inicia-se a análise pela comparação dos valores médios, conforme ilustrado na Tabela 15.

Tabela 15 – Análise Comparativa das Opções

<b>Cenário</b>	<b>Expansão</b>	<b>Operação Estéril</b>	<b>Diferença</b>
Cenário 1	R\$ 39.664,54	R\$ 28.417,49	R\$ 11.247,05
Cenário 2	R\$ 38.700,09	R\$ 30.035,73	R\$ 8.664,36
Cenário 3	R\$ 40.437,28	R\$ 28.246,79	R\$ 12.190,49
Cenário 4	R\$ 41.013,27	R\$ 30.719,18	R\$ 10.294,08
Cenário 5	R\$ 39.697,71	R\$ 29.726,13	R\$ 9.971,58
Cenário 6	R\$ 39.653,74	R\$ 28.577,51	R\$ 11.076,23
Cenário 7	R\$ 40.114,03	R\$ 29.776,18	R\$ 10.337,85
Cenário 8	R\$ 39.298,80	R\$ 28.676,44	R\$ 10.622,37

Fonte: Elaborado pela autora

Pela análise dos valores médios, a opção de expansão apresenta retornos superiores à opção de operação de estéril, para todos os cenários. Para certificar-se de que essa diferença é estatisticamente significativa, utilizou-se a análise de variância. O resumo dos resultados dessa análise é apresentado na Tabela 16.



Tabela 16 – Análise de Variância dos Resultados Comparativos das Opções

<b>Cenário</b>	<b>Variância entre os Grupos – F</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Crítico</b>
Cenário 1	269,793	1,76E-23	4,006872886
Cenário 2	161,8335	2E-18	4,006872886
Cenário 3	369,6649	7,7E-27	4,006872886
Cenário 4	185,2973	1,04E-19	4,006872886
Cenário 5	188,3642	7,21E-20	4,006872886
Cenário 6	171,8818	5,43E-19	4,006872886
Cenário 7	168,7969	8,05E-19	4,006872886
Cenário 8	241,5804	2,42E-22	4,006872886

Fonte: Elaborado pela autora

A análise de variância demonstra que há significância estatística na afirmação de que a opção pela expansão gera resultados superiores à opção de operação de estéril, para todos os cenários. Isso pode ser afirmado pelo fato de as variâncias entre os grupos serem superiores ao valor crítico e pelo fato de o p-valor ser inferior a 0,05.

Essa análise complementa às anteriores (do NPVSD, da robustez e dos efeitos sinérgicos), fornecendo subsídios para uma melhor tomada de decisão. Nesse caso, é possível afirmar que, se não houver limitação de recursos, sejam financeiros, tecnológicos, humanos, etc., a empresa pode optar pelo exercício das duas opções estratégicas de maneira conjunta. Tal conclusão se baseia no fato de que há um efeito sinérgico entre as opções em um dos cenários e que nos demais ocorre canibalização entre elas. No entanto, caso fosse necessário exercer apenas uma das opções, a decisão deveria recair sobre a opção de expansão. Tal premissa se apoia no fato de a análise comparativa das opções ter apontado que a expansão apresenta resultados superiores à operação de estéril em todos os cenários, aliado ao fato de essa opção ser também a mais robusta.

Cabe, no entanto, salientar, que a situação na qual uma opção estratégica atende todos os critérios (NPVSD positivo, robustez e resultado superior em todos os cenários) pode não estar presente. Eventualmente uma opção estratégica apresenta resultados superiores em um cenário, mas pode apresentar resultado inferior, ou até mesmo negativo, em outro. Nesse caso, se possível, a empresa deve postergar a decisão até ter mais clareza sobre qual cenário irá se configurar. Nesse sentido, os sinalizadores são ferramentas úteis de monitoramento. Caso a opção de postergação não seja viável, a decisão deve recair sobre a opção mais robusta, mesmo que individualmente uma outra opção apresente resultado superior em um cenário específico.

Como abordado anteriormente, este método não pretende substituir o julgamento dos executivos responsáveis pela tomada de decisão. Outrossim, serve como apoio à tomada de decisão, fornecendo dados que podem ser complementados por outras análises.

## 6.5 ANÁLISE DAS INCERTEZAS CRÍTICAS

Nos métodos de planejamento por cenários, a definição das incertezas críticas a serem consideradas para a configuração de cenários é feita de maneira qualitativa. (HEIJDEN, 2009; SCHOEMAKER, 1995; SCHWARTZ, 2000). A escolha recai sobre as incertezas que o grupo considera serem as que geram maior aprendizagem, uma vez que conduzem a cenários plausíveis e diversos entre si. (ANDRADE et al., 2006). O exercício de estruturar o script dos cenários pode ser considerado como uma validação qualitativa dessas incertezas. Se for possível escrever roteiros diferentes para cada um dos cenários e se estes contribuírem para a geração de aprendizagens, as incertezas críticas selecionadas são consideradas satisfatórias.

O presente método, no entanto, traz uma contribuição que pode se constituir em uma forma adicional de validar as incertezas críticas selecionadas. Entende-se que, se as incertezas críticas forem significativas no sentido de gerar futuros alternativos diferentes entre si, os resultados do modelo nos cenários complementares devem ser significativamente distintos.

Por exemplo, nesta aplicação do método foram selecionadas três incertezas críticas (taxa de crescimento da demanda de aço, posição competitiva da empresa e participação da pelota na carga), que configuraram oito cenários. Mantendo-se duas incertezas constantes e variando-se a terceira, espera-se que o experimento apresente resultados diferentes entre si, caso contrário, a incerteza variada não é capaz de produzir cenários diversos entre si.

A fim de analisar as incertezas críticas selecionadas, foram definidos três grupos de cenários a serem comparados pareadamente, conforme definido no Quadro 16. Essa definição segue a lógica descrita anteriormente. Por exemplo, nos cenários de 1 e 5 a participação da pelota na carga está em nível baixo, enquanto a posição competitiva da empresa está em nível alto, sendo a única diferença entre os cenários a taxa de crescimento da demanda de aço.

Para a realização da análise, optou-se por utilizar os experimentos base, sem o exercício de qualquer opção estratégica, a fim de não introduzir uma variável adicional. Seguiu-se o mesmo procedimento utilizado nas análises anteriores, qual seja, a comparação das médias, seguida da análise de variância para a confirmação estatística das diferenças encontradas.

Quadro 16 – Definição das Comparações dos Cenários

Grupo	Incerteza Crítica Avaliada	Cenários Comparados
1	Taxa de Crescimento da Demanda de Aço	Cenário 1 x Cenário 5
		Cenário 2 x Cenário 6
		Cenário 3 x Cenário 7
		Cenário 4 x Cenário 8
2	Posição Competitiva da Empresa	Cenário 1 x Cenário 3
		Cenário 2 x Cenário 4
		Cenário 5 x Cenário 7
		Cenário 6 x Cenário 8
3	Participação da Pelota na Carga	Cenário 1 x Cenário 2
		Cenário 3 x Cenário 4
		Cenário 5 x Cenário 6
		Cenário 7 x Cenário 8

Fonte: Elaborado pela autora

A comparação dos valores médios é apresentada na Tabela 17. Observando as diferenças entre os fluxos de caixa acumulados nos cenários comparados, é possível verificar não há um comportamento homogêneo entre os resultados. O segundo grupo, que avalia se a posição competitiva da empresa se constitui em uma incerteza crítica significativa, apresenta valores bem menores do que os demais.

Tabela 17 – Análise Comparativa das Opções

Grupo	Cenários Comparados	Fluxos de Caixa Acumulados		Diferença
1	Cenário 1 x Cenário 5	R\$ 155.502,42	R\$ 139.881,89	R\$ 15.620,54
	Cenário 2 x Cenário 6	R\$ 197.106,25	R\$ 179.516,99	R\$ 17.589,25
	Cenário 3 x Cenário 7	R\$ 155.547,86	R\$ 139.634,39	R\$ 15.913,48
	Cenário 4 x Cenário 8	R\$ 197.022,16	R\$ 178.657,72	R\$ 18.364,44
2	Cenário 1 x Cenário 3	R\$ 155.502,42	R\$ 155.547,86	(R\$ 45,44)
	Cenário 2 x Cenário 4	R\$ 197.106,25	R\$ 197.022,16	R\$ 84,09
	Cenário 5 x Cenário 7	R\$ 139.881,89	R\$ 139.634,39	R\$ 247,50
	Cenário 6 x Cenário 8	R\$ 179.516,99	R\$ 178.657,72	R\$ 859,28
3	Cenário 1 x Cenário 2	R\$ 155.502,42	R\$ 197.106,25	(R\$ 41.603,82)
	Cenário 3 x Cenário 4	R\$ 155.547,86	R\$ 197.022,16	(R\$ 41.474,29)
	Cenário 5 x Cenário 6	R\$ 139.881,89	R\$ 179.516,99	(R\$ 39.635,11)
	Cenário 7 x Cenário 8	R\$ 139.634,39	R\$ 178.657,72	(R\$ 39.023,33)

Fonte: Elaborado pela autora

A fim de confirmar se as diferenças entre os cenários comparados são ou não estatisticamente significativas, foi realizada a análise de variância. O resumo dos resultados é apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Análise de Variância dos Resultados Comparativos das Opções

Grupo	Cenários Comparados	Variância entre os Grupos – F	p-valor	F Crítico
1	Cenário 1 x Cenário 5	2360,132	1,1E-48	4,006873
	Cenário 2 x Cenário 6	2442,186	4,18E-49	4,006873
	Cenário 3 x Cenário 7	3374,046	4,27E-53	4,006873
	Cenário 4 x Cenário 8	3374,046	4,27E-53	4,006873
2	Cenário 1 x Cenário 3	0,025799	0,872951	4,006873
	Cenário 2 x Cenário 4	0,04835	0,826732	4,006873
	Cenário 5 x Cenário 7	0,62249	0,433337	4,006873
	Cenário 6 x Cenário 8	5,946801	0,017827	4,006873
3	Cenário 1 x Cenário 2	15004,67	9,99E-72	4,006873
	Cenário 3 x Cenário 4	15505,66	3,87E-72	4,006873
	Cenário 5 x Cenário 6	13694,79	1,4E-70	4,006873
	Cenário 7 x Cenário 8	14119,38	5,79E-71	4,006873

Fonte: Elaborado pela autora

As análises de variância indicam que os pares de cenários comparados nos grupos 1 e 3 são estatisticamente diferentes. No entanto, dos 4 pares de cenários comparados no grupo 2, apenas um (Cenário 6 X Cenário 8) pode ser considerado diferente. Nos demais pares, a hipótese de que os fluxos de caixa gerados sejam diferentes não pode ser confirmada.

A partir desses resultados, conclui-se que os níveis definidos para representar os extremos da taxa de crescimento da demanda de aço e da participação da pelota na carga metálica efetivamente conduzem a cenários distintos. Porém, o mesmo não ocorre com a posição competitiva da empresa. Quando as demais incertezas foram mantidas, variando apenas o nível de competitividade da empresa, apenas em uma situação obteve-se resultados diferentes. Nas outras três situações, os resultados gerados com nível alto ou baixo de posição competitiva não podem ser considerados diferentes entre si.

Essas evidências não devem, no entanto, invalidar conceitualmente a incerteza crítica em si. O que se pode concluir é que os parâmetros utilizados no modelo para representar os níveis alto e baixo dessa incerteza crítica não foram capazes de traduzir os impactos por ela gerados no sistema analisado.

O resultado obtido com a análise das incertezas críticas traz consequências para as demais análises realizadas. O estudo foi concebido para analisar o efeito das opções estratégicas em oito cenários definidos. Entretanto, como uma das incertezas não se mostrou significativa para gerar cenários distintos, ao final restaram cinco e não oito cenários. Os cenários resultantes são: Cenário 1-2; Cenário 3-4; Cenário 5; Cenário 6 e Cenário 7-8.

Tendo em vista que o tempo de simulação de cada replicação foi elevado – e tende a ser assim em outras instanciações – sugere-se uma alteração no método proposto. Na versão aplicada, não há qualquer instrução quanto à ordem de simulação dos experimentos planejados e nem de realização das análises. No presente caso, todos os experimentos foram simulados em um único lote, e a análise das incertezas críticas foi o último passo realizado. Todavia, teria sido mais eficiente simular primeiro os experimentos com os cenários base, a fim de permitir a realização da análise das incertezas críticas. Assim, apenas se prosseguiria com a simulação dos demais cenários e análises se confirmada a significância das incertezas. Caso alguma incerteza resultasse não significativa, a primeira ação deveria ser a revisão dos parâmetros de configuração do modelo. Se essa revisão não surtisse o efeito desejado, poder-se-ia reduzir os cenários avaliados ou selecionar uma nova incerteza crítica. Cabe salientar, no entanto, que a introdução de uma nova incerteza crítica, muito provavelmente, demandaria alterações no modelo computacional.

## 6.6 DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

A aplicação do método foi a forma definida para avaliar o artefato proposto, qual seja, o método para avaliação sistêmica e dinâmica de opções estratégicas de investimento. Essa avaliação baseou-se nos métodos experimental, de teste funcional e de análise dinâmica propostos por Hevner et al. (2004). A presente seção discute os resultados obtidos de modo a apresentar as respostas ao que se pretendia avaliar.

O experimento controlado, ou seja, a aplicação do método proposto em um caso real, permitiu a avaliação qualitativa do artefato, no sentido de verificar a viabilidade técnica e operacional das etapas propostas e a suficiência das etapas para a geração dos resultados pretendidos. Esperava-se, com o experimento, responder às seguintes questões: i) as etapas do método podem ser seguidas na ordem proposta? ii) as etapas geram os produtos parciais indicados? iii) os produtos servem de *input* para a etapa subsequente? iv) alguma etapa/atividade foi considerada desnecessária? v) alguma etapa/atividade deveria ser incluída? vi) o método permite produzir os resultados necessários às análises propostas? vii) o método atende os requisitos formulados?

Quanto às etapas propostas, a aplicação seguiu a sequência prevista no método, demonstrando sua viabilidade operacional. No entanto, foi possível perceber que há recursividades em outras partes do método além das previamente identificadas – entre as

etapas 4, 5 e 6. Como exemplo, cita-se que a primeira etapa de conscientização sistêmica não se encerrou com a construção da estrutura sistêmica; durante a modelagem conceitual, utilizou-se novamente da linguagem sistêmica para explicitar conceitos a serem modelados. Também se constatou que a etapa 3, modelagem conceitual, não precisa estar concluída para que seja iniciada a construção da base de dados e a definição das regras de negócio. Na verdade, houve casos em que a definição de uma regra de negócios gerou alteração na modelagem conceitual, e outros em que essa alteração foi gerada pela não disponibilidade de um dado originalmente requerido.

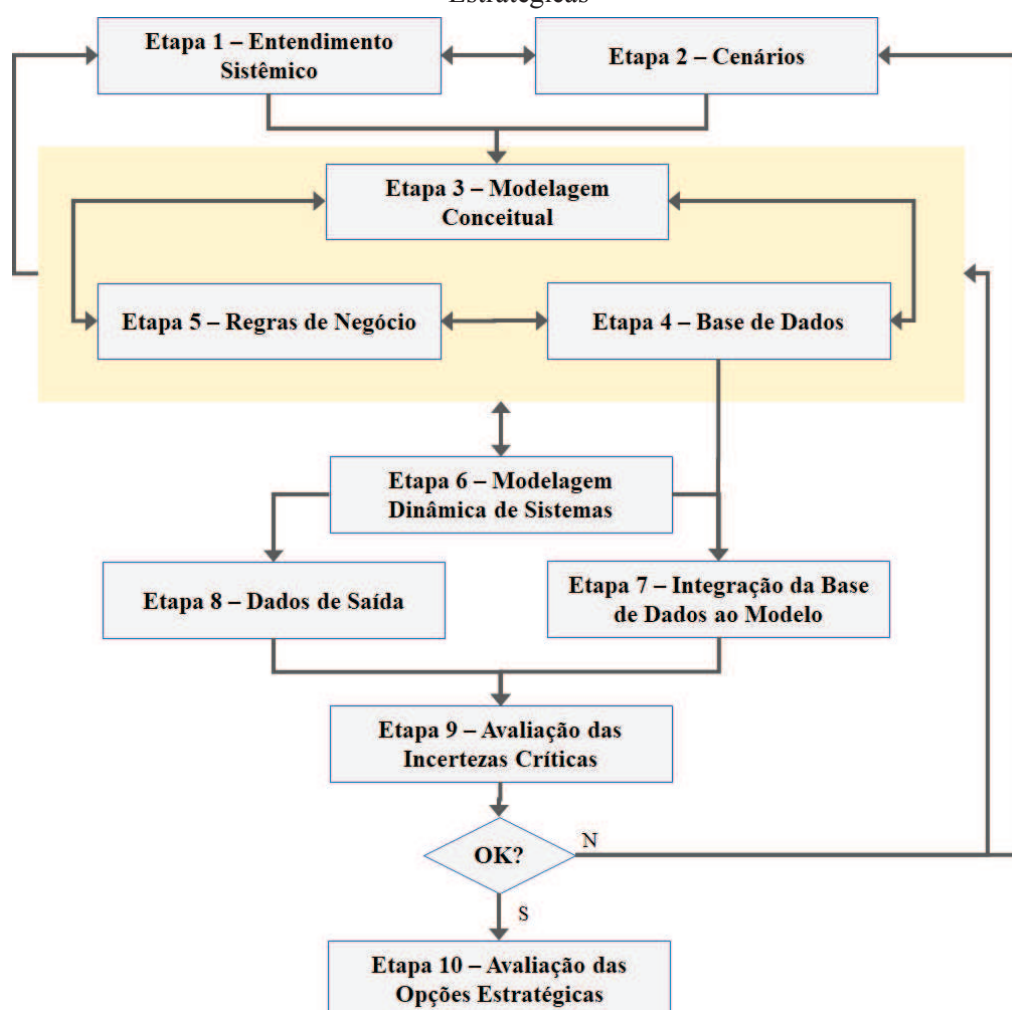
Do ponto de vista dos principais produtos intermediários – estrutura sistêmica, cenários, modelo conceitual, base de dados, regras de negócio e modelo computacional – as atividades previstas foram suficientes para que cada um desses itens fosse entregue ao final de cada etapa, servindo de *input* para a etapa seguinte. Porém, considerando que existe uma dependência entre as etapas, o que ocorreu foi a entrega de um produto parcial suficientemente completo para que a etapa seguinte pudesse iniciar, ainda que por vezes fosse necessário um refinamento para contemplar novas informações.

Todas as etapas foram seguidas, não se percebendo alguma como desnecessária ou mesmo redundante. Das atividades previstas, a única que não foi realizada formalmente foi a de modelos mentais, porém o método a tinha como facultativa. Mesmo sem um exercício próprio para essa atividade, uma série de modelos mentais foram explicitados e discutidos ao longo das reuniões. Um deles, o modelo mental centrado em mineração, foi, inclusive, considerado como limitante no exercício de cenários. Como etapa a ser inserida no método, sugere-se, com base nos resultados obtidos na seção 6.5, que a avaliação das incertezas críticas ocorra entre a conclusão da modelagem computacional e a avaliação das opções estratégicas. Em função dessa percepção, propõe-se, na Figura 60, um novo sequenciamento das etapas do método.

Uma primeira alteração foi a explicitação das relações de interdependência entre as atividades. Por exemplo, embora a Etapa 1 “Entendimento Sistêmico” continue precedendo a Etapa 2 “Cenários”, evidencia-se que há uma interação entre elas. A segunda alteração é representada pela área amarela, que agrega as etapas de modelagem conceitual, de preparação das bases de dados e de explicitação das regras de negócio, mostrando que elas ocorrem de maneira simultânea, embora iniciem pela modelagem conceitual. Uma terceira alteração é a explicitação de que, durante a execução dessas 3 etapas, pode haver a necessidade de se detalhar sistemicamente algum subsistema que esteja sendo discutido. Na sequência dessas etapas, segue-se a etapa de modelagem de dinâmica de sistemas, podendo ser necessários

novos dados, novas regras de negócio ou ainda revisão da modelagem conceitual. Não houve alterações nas etapas 7 e 8, que tratam dos dados de saída e da integração da base de dados com o modelo. A avaliação das incertezas críticas foi inserida como uma etapa do método. Quando os resultados não são satisfatórios, pode-se retornar à etapa de modelagem conceitual para redefinir parâmetros ou à etapa de cenários para escolher outra incerteza crítica. Assim, somente após a validação das incertezas críticas selecionadas deve ser realizada a etapa de avaliação das opções estratégicas.

Figura 60 – Redesenho das Etapas do Modelo de Avaliação Sistêmica e Dinâmica de Opções Estratégicas



Fonte: Elaborado pela autora

Quanto aos resultados gerados pelo método, eles foram suficientes para permitir a realização das análises previstas a fim de subsidiar a tomada de decisão. Além das análises originalmente previstas nos requisitos (análise do NPVSD, análise da robustez, análise do efeito sinérgico e análise comparativa nos cenários) incluiu-se a análise das incertezas críticas,

que foi efetivamente realizada. Durante as análises dos resultados, foi feito um questionamento sobre análises adicionais a serem inseridas no método. A principal sugestão foi a criação de um relatório que permitisse visualizar a execução ou não de projetos pelos concorrentes. Tal análise deveria ser incluída na etapa de avaliação das opções estratégicas.

Por fim, entende-se que o artefato desenvolvido atendeu aos requisitos tanto de conteúdo quanto de forma. O primeiro requisito era permitir representar o comportamento das variáveis do sistema a partir das suas relações sistêmicas. Esse requisito foi atendido pela construção da estrutura sistêmica que, posteriormente, subsidiou a construção do modelo computacional de dinâmica de sistemas. O modelo permite, igualmente, atender ao requisito de representar o impacto do *delay* nas decisões. Nesse ponto, cabe uma observação: a granularidade do tempo utilizado na simulação é parametrizável, o que confere flexibilidade para refletir a dinâmica do mercado. Por exemplo, originalmente o modelo havia sido concebido para trabalhar com intervalo de tempo trimestral, a fim de minimizar o retardo entre efeito e consequência. Porém, devido ao tempo de simulação, optou-se por alterar o intervalo para anual.

Outro requisito do artefato era a possibilidade de avaliar simultaneamente mais de uma opção estratégica, o que foi evidenciado na aplicação. O último requisito era o de apresentar os resultados de modo a suportar o processo de tomada de decisão a partir das análises de robustez das opções frente aos cenários, dos resultados de cada opção para um dado cenário e dos resultados de uma dada opção estratégica nos diversos cenários. As evidências apresentadas permitem afirmar que também esse requisito foi atendido.

Quanto à questão de facilidade de uso, a interface construída permitiu que o usuário final trabalhasse somente com o Excel, sem a necessidade de interagir com o *software* de dinâmica de sistemas. Ainda precisam ser feitas melhorias no sentido de automatizar planilhas e gráficos dinâmicos para facilitar a visualização dos resultados, uma vez que alguns processamentos são manuais. Sobre a interface para importação e exportação dos dados, o teste funcional mostrou que todas as funcionalidades foram utilizadas sem que quaisquer defeitos ou erros fossem detectados.

Por fim, a análise dinâmica tinha por objetivo avaliar a performance do modelo quanto ao tempo de simulação. Identificou-se que alguns fatores impactaram consideravelmente essa variável, dentre os quais destaca-se: o tamanho da base de dados, que se reflete na quantidade de operações matriciais; a granularidade e o horizonte da simulação e o número de experimentos. Assim, tem-se um *trade-off* entre as seguintes combinações: maior detalhamento com menor performance ou maior simplificação com maior performance. No



presente caso, optou-se apenas por ampliar a granularidade da simulação, passando-a de trimestral para anual, mantendo o número de variáveis. Ao final, chegou-se em um tempo de 28 segundos por rodada, o que individualmente é pouco, mas que no conjunto de experimentos e replicações representa um tempo elevado de processamento. A estratégia adotada de processamento em *background* elimina a necessidade de permanência do usuário. No entanto, o uso do modelo como ambiente de aprendizagem, em que possam ser avaliadas alternativas à medida que novas ideias surjam, fica prejudicado. Uma sugestão para melhorar esse ponto é avaliar a performance usando outro *software* de modelagem de dinâmica de sistemas.

Com base nos resultados e nas discussões apresentadas, considera-se que a avaliação do artefato pelos métodos selecionados foi satisfatória. No entanto, cabe registrar que o método demanda envolvimento dos tomadores de decisão e das equipes de apoio para ser aplicado. Na presente aplicação, foram realizadas dezesseis reuniões, sendo oito delas com extensão de 8h e as demais de 4h. Além das reuniões presenciais, inúmeros contatos telefônicos e por e-mail foram feitos para solicitar informações adicionais ou esclarecer dúvidas que surgiram ao longo do processo. Há que se considerar, também, o tempo dedicado à construção e verificação do modelo de dinâmica de sistemas, que é, logicamente, dependente da quantidade de pessoal e do tempo dedicado. Na presente aplicação, com duas pessoas trabalhando em tempo parcial, foram necessários quatro meses de desenvolvimento. No total, a aplicação do projeto levou dezoito meses. O tempo de desenvolvimento e a necessidade de envolvimento da equipe da empresa são fatores que ratificam a heurística contingencial de que o método deve ser aplicado para decisões estratégicas. Uma vez avaliado o artefato proposto, o capítulo seguinte apresenta as considerações finais desta pesquisa.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo final discute as principais contribuições desta pesquisa, incluindo a avaliação sobre o atendimento dos objetivos propostos. Discute, igualmente, as limitações encontradas e apresenta sugestões para o desenvolvimento de futuras pesquisas.

### 7.1 CONTRIBUIÇÕES

A proposição de um método para avaliação de opções estratégicas que considere os impactos das reações dos atores e das incertezas futuras foi o objetivo principal desta pesquisa. Para tanto, três abordagens principais foram utilizadas: o Pensamento Sistêmico, o Planejamento por Cenários e a Modelagem de Dinâmica de Sistemas.

O Pensamento Sistêmico forneceu o arcabouço teórico e metodológico para entender como se estabelecem as relações entre os atores do sistema. Permitiu, assim, visualizar como uma opção estratégica impacta no sistema em que a empresa se insere, bem como perceber como as reações a essa opção impactam no seu resultado. O Planejamento por Cenários foi a abordagem selecionada para considerar as incertezas futuras e seus impactos sobre os resultados das opções estratégicas. Por fim, a Modelagem de Dinâmica de Sistemas forneceu bases teóricas e ferramentais para a construção do modelo que concretiza o método proposto.

A proposição, a aplicação e a avaliação do método permitem concluir que o objetivo desta pesquisa foi atendido de maneira satisfatória. Discute-se, a seguir, as principais contribuições teóricas e gerenciais desta pesquisa que explicitam, por sua vez, o atendimento aos objetivos específicos propostos.

O método proposto tem como principal contribuição o cálculo do NPV Sistêmico e Dinâmico. É consenso entre os autores que o resultado de uma opção estratégica deve considerar o fluxo de caixa adicionado pelo seu exercício. Uma crítica aos métodos tradicionais é que as projeções das variáveis necessárias ao cálculo do fluxo de caixa, tais como demanda e preço, são consideradas como independentes das opções estratégicas. No conceito do NPV Sistêmico e Dinâmico, entende-se que a opção estratégica tem impacto sobre esses fundamentos de mercado e que, portanto, essas variáveis devem ser consideradas como dependentes.

Outra lacuna encontrada é que usualmente se considera como cenário-base a manutenção do *status-quo* da empresa. Porém, entende-se que o não exercício de uma opção

estratégica também traz impacto ao fluxo de caixa da empresa. Isso significa que ações dos demais atores e incertezas inerentes aos cenários futuros impactam o resultado da organização. Assim, o NPV sistêmico e dinâmico é calculado pela diferença entre os fluxos de caixa gerados em um dado cenário considerando o exercício e o não exercício da opção estratégica, de modo a permitir a efetiva consideração do fluxo de caixa adicionado. Nessa perspectiva, a proposição do conceito do NPV sistêmico e dinâmico e a definição do respectivo constructo e de um método que permita o seu cálculo, é a principal contribuição à teoria desta pesquisa.

Uma segunda contribuição à teoria, ponto que não havia sido previamente vislumbrado, é a possibilidade de avaliar a significância das incertezas críticas na formulação dos cenários quantitativos. Nos métodos de planejamento de cenários, as incertezas críticas são consideradas válidas se permitem a construção de roteiros distintos para cada um dos cenários configurados. No método proposto, ao comparar os resultados gerados em cada um dos cenários, é possível verificar se a variação em uma incerteza é ou não significativa para gerar resultados diversos.

Do ponto de vista da empresa, o método constitui-se em um apoio à tomada de decisão, não substituindo o julgamento especializado dos executivos. O propósito do método é gerar aprendizagem e prover informações que tornem o processo de tomada de decisão mais efetivo. Normalmente, as empresas carecem de fóruns de compartilhamento de conhecimento e de aprendizagem coletiva. As etapas que conduzem à construção do modelo – em especial, o entendimento sistêmico, o planejamento por cenários e as regras de negócio – criam esse ambiente, possibilitando o compartilhamento e a explicitação de conhecimentos tácitos presentes na empresa. Uma segunda contribuição, proveniente do estudo de cenários, é a definição de um conjunto de sinalizadores que permite à empresa monitorar que cenário está se configurando. A etapa de coleta e organização dos dados necessários à modelagem também é uma contribuição, uma vez que permite à empresa refletir sobre a suficiência das informações disponíveis e redefinir, se for o caso, o processo de coleta e distribuição desses dados.

Porém, a principal contribuição para a empresa é a forma como as opções estratégicas são avaliadas e comparadas. O conceito do NPV sistêmico e dinâmico, além de uma contribuição teórica, traz uma contribuição gerencial. Ao considerar os impactos sobre os fundamentos de mercado, as reações dos demais atores e as incertezas representadas pelos cenários, o NPV busca calcular o fluxo de caixa adicionado pela opção estratégica de modo mais assertivo. Em se tratando-se de futuro, é impossível garantir que o modelo de simulação

reflita a realidade que virá, no entanto, entende-se que seja possível aproximar-se dessa realidade. Incertezas sempre fazem parte do processo de decisão, de modo que é preciso entendê-las e considerá-las.

O cálculo do NPV sistêmico e dinâmico das opções estratégicas nos diversos cenários permite à empresa identificar que opção apresenta os melhores resultados, constituindo-se, assim, na primeira fonte de informação de apoio à decisão. Essa informação é complementada pela análise de robustez, que permite visualizar a capacidade de uma opção de gerar resultados superiores nos diversos cenários. A possibilidade de avaliar os efeitos sinérgicos das opções estratégicas permite identificar quais são as opções cujos resultados são potencializados quanto exercidas conjuntamente. Permite, ainda, explicitar se há canibalização entre as opções, ou seja, se o resultado conjunto de duas opções é inferior à soma de seus resultados individuais. Essa funcionalidade pode servir como subsídio para a análise de portfólio, auxiliando na escolha do conjunto de opções a serem exercidas. Por fim, a análise comparativa das opções nos cenários permite à empresa elaborar portfólios distintos para cada cenário e, a partir do monitoramento dos sinalizadores, exercê-las à medida que a configuração de um cenário se torna mais provável.

As contribuições evidenciadas pelo método proposto permitem generalizá-lo à classe de problemas identificada, o subprocesso de avaliação e seleção de projetos, desde que as heurísticas contingenciais que delimitam seu campo de aplicação e as heurísticas de construção (requisitos de uso) sejam respeitadas. A primeira, que indica o método para decisões com caráter estratégico, sustenta-se pelo envolvimento e tempo requerido para a sua aplicação, o que é justificável em decisões desse caráter. A segunda heurística contingencial restringe as decisões estratégicas a organizações que operam em setores caracterizados como oligopólios, uma vez que é nesses ambientes que as decisões de um *player* têm impacto considerável na dinâmica do mercado como um todo, provocando reações nos demais atores. Por fim, o método aplica-se a decisões tomadas em ambientes de incerteza de nível 4, nos quais é possível fazer uso da lógica de cenários para visualização de possíveis futuros.

## 7.2 LIMITAÇÕES

As limitações desta pesquisa centram-se nas dificuldades enfrentadas na fase de aplicação do método. A empresa onde foi realizada a aplicação do método enfrentou um problema que impossibilitou a finalização do projeto como originalmente previsto. Embora

tenham sido realizadas todas as etapas previstas no método, as simulações dos experimentos foram feitas com uma base de dados descaracterizada. Com isso, apesar do cuidado que se teve em manter as proporções, perdeu-se a sensibilidade de interpretação dos resultados gerados.

A principal limitação, no entanto, diz respeito à impossibilidade de realizar as análises em conjunto com os representantes da empresa. O projeto foi encerrado logo após o término da verificação do modelo, de modo que a simulação dos experimentos e a análise dos resultados foram executadas apenas pela pesquisadora.

Por fim, a interrupção do projeto não possibilitou a realização da avaliação do método com os tomadores de decisão. Pretendia-se, ao final, realizar entrevistas com os participantes a fim de coletar suas percepções quanto à adequação e utilidade do método. Com essas entrevistas, objetivava-se verificar se as contribuições aqui explicitadas foram efetivamente percebidas pelos envolvidos no projeto, ou seja, se os participantes consideravam que o método proposto produziu melhores resultados do que os anteriormente observados. Esperava-se, igualmente, obter sugestões de melhoria a serem incorporadas em uma nova versão do método.

### 7.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Esta pesquisa propôs um novo conceito, o do NPV Sistêmico e Dinâmico, e um método para seu cálculo e análise. Como acontece com todo novo método, a partir da sua proposição e avaliação, abrem-se caminhos para a novas pesquisas.

A primeira sugestão é formulada face às limitações apresentadas. Nessa perspectiva, sugere-se a instanciação do método em outra situação real. Essa nova aplicação, além de permitir confirmar as contribuições identificadas, possibilitaria realizar a avaliação com os participantes e a coleta de subsídios para o avanço do método.

Uma segunda sugestão é a utilização do modelo de dinâmica de sistema desenvolvido como ambiente de treinamento e aprendizagem. Uma vez que o modelo desenvolvido representa a dinâmica do sistema em que a empresa se insere, ele poderia ser utilizado como base para construção de jogos nos quais os participantes simulariam decisões e avaliariam as suas consequências. Esses ambientes de aprendizagem, além de apoiar a tomada de decisões, permitem que modelos mentais sejam testados e desafiados. No entanto, esse uso requer um tempo de simulação inferior ao obtido nesta aplicação. Não seria aceitável, em um ambiente

de aprendizagem, esperar cerca de 15 minutos (tempo de 30 replicações) para obter as respostas.

Esse requisito de melhor performance conduz à terceira sugestão de pesquisas futuras, qual seja, o estudo de outras ferramentas para a modelagem de dinâmica de sistemas. Além de outros softwares comerciais, poderia ser verificado o uso do software livre R, como sugerido por Duggan (2016).

## REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. Um modelo multiobjetivo de otimização aplicado ao processo de orçamento... **Gestão e Produção**, v. 19, p. 747-758, 2012.
- AGGARWAL, R. Corporate Use of Sophisticated Capital Budgeting Techniques: A Strategic Perspective and a Critique of Survey Results. **Interfaces**, v. 10, n. 2, p. 31-34, 1980.
- ANDERSON, T. J. Real Options Analysis in Strategic Decision Making : an applied approach in a dual options framework. **Journal of Applied Management Studies**, v. 9, n. 2, p. 235-255, 2000.
- ANDRADE, A. L. Pensamento sistêmico: um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional. **REAd-Revista Eletrônica de Administração**, v. 3, n. 1, 1997.
- ANDRADE, A. L. **APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO ORGANIZACIONAL : UMA EXPERIÊNCIA COM O**. [s.l.] UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- ANDRADE, A. L. et al. **Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- ANDRÉS, P. DE; FUENTE, G. DE LA; MARTÍN, P. S. El director financiero y la decisión de inversión en la empresa española/The CFO and capital budgeting practices in Spanish firms. **Universia Business Review**, n. 36, 2012.
- ANGELOU, G. N.; ECONOMIDES, A. A. ICT investments as real options under competition threat. **2006 International Telecommunications Symposium, ITS**, p. 894–899, 2006.
- ANUAR, M. A. **Appraisal techniques used in evaluating capital investments : conventional capitalbudgeting and the real options approach**. [s.l.] Loughborough University, 2005.
- ARANDA, F. C. Procesos estocásticos en la valuación de proyectos de inversión , opciones reales , árboles binomiales , simulación bootstrap y simulación Monte Carlo : flexibilidad en la toma de decisiones. **Contaduría Y Administración**, v. 57, n. 2, p. 83–112, 2012.
- ARMSTRONG, V. S. USING REAL OPTION ANALYSIS TO IMPROVE CAPITAL BUDGETING DECISIONS WHEN PROJ...: EBSCOhost. **Academy of Accounting & Financial Studies Journal**, v. 19, n. 2, p. 19–26, 2015.
- AUSTRALIA, G. OF W. **Western Australia Iron Ore Industry Profile**. 2017. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.jtsi.wa.gov.au/docs/default-source/default-document-library/wa-iron-ore-profile-0617.pdf?sfvrsn=8>>.
- AVADIKYAN, A.; LLERENA, P. A real options reasoning approach to hybrid vehicle investments. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 4, p. 649–661, 2010.

AZAR, Ahmad Taher. System dynamics as a useful technique for complex systems. **Int. J. Industrial and Systems Engineering**, v. 10, n. 4, 2012.

BANKES, S. Exploratory Modeling for Policy Analysis. **Operations Research**, v. 41, n. 3, p. 435-449, 1993.

BANKES, S.; WALKER, W. E.; KWAKKEL, J. H. Exploratory Modeling and Analysis. In: **Encyclopedia of Operations Research and Management Science**. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 532–537.

BARNETT-PAGE, E.; THOMAS, J. Methods for the synthesis of qualitative research: a critical review. **BMC medical research methodology**, v. 9, n. 59, p. 1–11, jan. 2009.

BEINHOCKER, E. D. On the origin of strategies. **The McKinsey Quarterly**, n. 1, p. 167–176, 1999.

BELLINGER, G. **Archetypes: Interaction Structures of the Universe**. 2004. Disponível em: <<http://www.systems-thinking.org/arch/arch.htm>>.

BELLINGER, G. Systems thinking-an operational perspective of the universe No Title. **Systems University on the Net**, v. 25, 2006.

BENAROCH, M.; KAUFFMAN, R. J. A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments. **Information Systems Research**, v. 10, n. 1, p. 70–86, mar. 1999.

BESANKO, D. et al. **A Economia da Estratégia**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BESANKO, D.; BRAEUTIGAM, R. R. **Microeconomia, Uma Abordagem Completa**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BLANCO, G.; OLSINA, F.; GARCES, F. Transmission investments under uncertainty: The impact of flexibility on decision-making. **IEEE Power and Energy Society General Meeting**, p. 1–8, 2012.

BLOCK, S. Integrating Traditional Capital Budgeting Concepts Into an International Decision-Making Environment. **The Engineering Economist**, v. 45, n. 4, p. 309-325, 2000.

BLOCK, S. Applying Capital Budgeting Techniques to Mergers. **The Engineering Economist**, v. 54, n. 4, p. 317-328, 2009.

BODWELL, W.; CHERMACK, T. J. Technological Forecasting & Social Change Organizational ambidexterity : Integrating deliberate and emergent strategy with scenario planning. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 77, n. 2, p. 193-202, 2010.

BOHÓRQUEZ ARÉVALO, L. E. La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. **Estudios Gerenciales**, v. 29, n. 127, p. 258-265, 2013.

BOISOT, M.; SANCHEZ, R. Organization as a Nexus of Rules : Emergence in the Evolution of Systems of Exchange. **Management Revue**, v. 21, n. 4, p. 378–405, 2010.



BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **The Craft of Research**. 3. ed. Chicago: The University of Chicago Press, 2008.

BOTTERON, P. On the Practical Application of the Real Options Theory.: EBSCOhost. **Thunderbird International Business Review**, v. 43, n. 3, p. 469-479, 2001.

BROWN, K.-P. A. **How The Iron Ore Market Works: Supply & Market Share**. Disponível em: <<http://www.investopedia.com/articles/investing/030215/how-iron-ore-market-works-supply-market-share.asp>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BURGER-HELMCHEN, T. JUSTIFYING THE ORIGIN OF REAL OPTIONS AND THEIR DIFFICULT EVALUATION IN STRATEGIC MANAGEMENT. **Schmalenbach Business Review**, v. 59, n. October, p. 387–406, 2007.

CABRERA, D.; COLOSI, L.; LOBDELL, C. Systems thinking. **Evaluation and Program Planning**, v. 31, p. 299-310, 2008.

CALABRESE, A.; GASTALDI, M.; GHIRON, N. L. Real option's model to evaluate infrastructure flexibility: an application to photovoltaic technology. **International Journal of Technology Management**, v. 29, n. 1/2, p. 173, 2005.

CAPRA, F. **The Web of Life: A New Synthesis of Mind and Matter**. London: Flamingo, 1997.

CARVALHO, A. DE. **Steel Market Developments**. 2017. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/ind/1-Steel-market-developments-2015Q2.pdf>>.

CEZARINO, L. O.; HEARNOUX JUNIOR, F.; CORREA, H. L. Organization Performance Evaluation Using System Thinking : A Study in Brazilian Chemical Organizations. **Systemic Practice & Action Research**, v. 25, p. 81–92, 2012.

CHAN, Y. L. Use of capital budgeting techniques and an analytic approach to capital investment decisions in Canadian municipal governments. **Public Budgeting & Finance**, p. 40-58, 2004.

CHEN, S. DCF Techniques and Nonfinancial Measures in Capital Budgeting: A Contingency Approach Analysis. **Behavioral Research in Accounting**, v. 20, n. 1, p. 13-29, 2008.

CHI, T.; MCGUIRE, D. J. Collaborative Ventures and Value of Learning: Integrating the Transaction Cost and Strategic Option Perspectives on the Choice of Market Entry Modes. **Journal of International Business Studies**, v. 27, n. 2, p. 285-307, jun. 1996.

CIOACA, C.; BOSCOIANU, M. Applications of Real Options Analysis in Aviation Security Investments. **Applied Mechanics and Materials**, v. 436, p. 32-39, 2013.

CLEMENS, R. Environmental Scanning and Scenario Planning : A 12 month Perspective on Applying the Viable Systems Model to Developing Public Sector Foresight. **Systemic Practice & Action Research**, v. 22, p. 249-274, 2009.

COMES, T. et al. Decision maps: A framework for multi-criteria decision support under severe uncertainty. **Decision Support Systems**, v. 52, n. 1, p. 108-118, 2011.

COOPER, R. G. Where Are All the Breakthrough New Products?: Using Portfolio Management to Boost Innovation. **Research-Technology Management**, v. 56, n. 5, p. 25-33, 2013.

COSIER, R. A. Methods for Improving the Strategic Decision : Dialectic Versus the Devil Advocate Talking Past Ones Colleagues in Matters of Policy. 1981.

COSTA, M. M. DA. **Princípios De Ecologia Industrial Aplicados À Sustentabilidade Ambiental E Aos Sistemas De Produção De Aço**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

COTTER, J. F.; MARCUM, B.; MARTIN, D. R. A Cure for Outdated Capital Budgeting Techniques. **Journal of Corporate Accounting & Finance (Wiley)**, v. 14, n. 3, p. 71-80, 2003.

COURTNEY, H. G.; KIRKLAND, J.; VIGUERIE, S. P. Strategy under uncertainty. **McKinsey Quarterly**2, n. June, p. 81-90, 2000.

COURTNEY, H.; KIRKLAND, J.; VIGUERIE, P. Strategy Under Uncertainty. **Harvard Business Review**, n. November-December, p. 67-79, 1997.

CRAVEN, B; ISLAM, S. Some new models for capital budgeting: realistic representations of financial decision making by firms. **International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**. p. 385-388, 2009.

CSAPI, V. Applying Real Options Theory in the Electrical Energy Sector.: EBSCOhost. **Public Finance Quarterly**, v. 58, n. 4, p. 469-483, 2013.

DANIELSON, M. G.; SCOTT, J. THE CAPITAL BUDGETING DECISIONS OF SMALL BUSINESSES. **Journal of Applied Finance**, v. 16, n. 2, p. 45-56, 2006.

DAVIS, A. C. Systems Thinking as a Mental Processing Model. 2015.

DICKER, Vedat G.; ALLEN, Robert B. XMILE: towards and XML interchange language for system dynamics models. **Systems Dynamics Review**, v. 21, p. 351-359, 2005.

DOLORES GUERRERO-BAENA, M.; GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; VICENTE FRUET CARDOZO, J. La valoración de inversiones productivas: Una aproximación metodológica basada en la creación de valor financiero e intelectual. **Intangible Capital**, v. 9, n. 4, p. 1145-1169, 2013.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. [s.l.] Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES VALLE, A. J. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DRIOUCHI, T.; BENNETT, D. J. Real Options in Management and Organizational Strategy : A Review of Decision-making and Performance. **International Journal of Management Reviews**, v. 14, p. 39-62, 2012.

DUGGAN, J. **System Dynamics Modeling with R**. Cham: Springer International Publishing, 2016.

DUNN, W. N. Using the method of context validation to mitigate Type III errors in environmental policy analysis. In: **Knowledge, power and participation in environmental policy analysis**. [s.l: s.n.]. p. 417-436, 2001.

DYEHOUSE, M. et al. A comparison of linear and systems thinking approaches for program evaluation illustrated using the Indiana Interdisciplinary GK-12. **Evaluation and Program Planning**, v. 32, p. 187-196, 2009.

DYSON, R. G. et al. The strategic development process. In: **Supporting strategy: Frameworks, methods and models**. West Sussex: John Wiley & Sons, Inc, 2007. p. 3-24.

EBERLEIN, Robert L.; CHICHAKLY, Karim J. Notes and Insights XMILE: a new standard for system dynamics. **Systems Dynamic Review**, v. 29, p. 188-195, july/september 2013.

FABOZZI, F. J.; DRAKE, P. P. Capital Budgeting: Process and Cash Flow Estimation. In: **Finance: Capital Markets, Financial Management, and Investment Management**. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc., 2009. p. 832.

FLOOD, R. L. The Relationship of “Systems Thinking” to Action Research. **Systemic Practice & Action Research**, v. 23, p. 269-284, 2010.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambridge, MA: The M.I.T. Press, 1961.

FORRESTER, J. W. **Urban dynamics**, 1969. Disponível em:  
<<http://books.google.pt/books?id=AHOBq272huEC>>

FORRESTER, J. W. **World Dynamics**. 2. ed. Cambridge, MA: Wrigh-Allen Press Inc., 1971.

FORRESTER, J. W. **The Beginning of System Dynamics**. System Dynamics Society. **Anais...** Stuttgart: 1989

FOTR, J. et al. Scenarios and their application in strategic planning. **E+M Ekonomie a Management**, v. 17, n. 3, p. 118-135, 2014.

FRIEND, G.; ZEHLE, S. Evaluating strategic options. In: BLOOMBERG PRESS (Ed.). **Guide to Business Planning**. 2. ed. [s.l.] Ingram Publishing Services, 2009. p. 199–221.

GARCÍA-FERNÁNDEZ, L. E.; GARIJO, M. Modeling strategic decisions using activity diagrams to consider the contribution of dynamic planning in the profitability of projects under uncertainty. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 57, n. 3, p. 463-476, 2010.

GEURTS, J. L. A.; DUKE, R. D.; VERMEULEN, P. A. M. Policy Gaming for Strategy and Change. **Long Range Planning**, v. 40, p. 535-558, 2007.

GOODMAN, M.; KARASH, R. Six Steps to Thinking Systemically. **The Systems Thinker**, v. 6, n. 2, p. 16-18, 1995.

GUNTHER, R.; MACMILLAN, I. C. Assessing Technology Projects Using Real Options Reasoning. **Research-Technology Management**, v. 43, n. 4, p. 35-49, 2000.

GUPTA, R. C. **Theory and Laboratory Experiment in Ferrous Metallurgy**. New Delhi: PHI Learning, 2010.

HAIR, J. F. J. et al. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANNA, A. Evaluating strategies. **The McKinsey Quarterly**, n. 3, p. 158-177, 1991.

HARREMOES, P.; MADSEN, H. Fiction and reality in the modelling world ? Balance between simplicity and complexity, calibration and identifiability, verification and falsification. **Water Science and Technology**, v. 39, n. 9, p. 1-8, 1999.

HASANI-MARZOONI, M.; HOSSEINI, S. H. Dynamic model for market-based capacity investment decision considering stochastic characteristic of wind power. **Renewable Energy**, v. 36, n. 8, p. 2205-2219, 2011.

HE, K. Real Options Application in Project Evaluation Practice. **Cost Engineering**, v. 49, n. 8, p. 16-20, 2007.

HEIJDEN, K. VAN DER. **Planejamento de Cenários: a arte da conversação estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HEVNER, B. A. R. et al. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HILTY, L. M. et al. The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability e A prospective simulation study. v. 21, p. 1618-1629, 2006.

HODGKINSON, L. Decision of Corporate Group. Thesis submitted to the Council for National Academic Awards in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Plymouth Business School. University of Aston, july, 1987.

HODGKINSON, G.; HEALEY, M. P. Toward a (pragmatic) science of strategic intervention : design propositions for scenario planning. **Organization Studies**, v. 29, n. 3, p. 435-457, 2008.

HOLLAND, J. H. Studying complex adaptive systems. **Journal of Systems Science and Complexity**, v. 19, n. 1, p. 1-8, 2006.

HONG, K.; SUN, Q. **The Method of Option Game Evaluation : Mechanism and Significance**. PROCEEDINGS OF 2010 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE AND ENGINEERING. **Anais...** 2010

JANK, Marcos S.; NAKAHODO, Sidney N. A nova dinâmica das exportações brasileiras: preços, quantidades e destinos. **Revista de Economia e Relações Internacionais**, v. 5 (9), jul. 2006. p. 74-85.

KARANOVIC, G.; BARESA, S.; BOGDAN, S. Techniques for Managing Projects Risk in Capital Budgeting Process. **UTMS Journal of Economics**, v. 1, n. 2, p. 55-66, 2010.

KAYALI, M. M. Real Options as a Tool for Making Strategic Investment Decisions. **The Journal of American of Business**, v. 8, n. 1, p. 2-7, 2006.

KAZAKIDIS, V. N. **Operating risk: Planning for flexible mining systems**. [s.l.] The University of British Columbia, 2001.

KEMENY, J.; GOODMAN, M.; KARASH, R. Começando com Narração de Histórias. In: **A quinta disciplina caderno de campo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

KERLER, W et al. How Framed Information and Justufucation Impact Capital Budgeting Decisions. p. 181-210, 2014.

KERŠYTĖ, A. Capital Budgeting Process: Theoretical Aspects. **Economics and Management**, v. 16, p. 1130-1134, 2011.

KIM, Y. J.; SANDERS, G. L. Strategic actions in information technology investment based on real option theory. **Decision Support Systems**, v. 33, n. 1, p. 1-11, 2002.

KING, P. Is the Emphasis of Capital Budgeting Theory Misplaced? **Journal of Business Finance & Accounting**, v. 2, n. 1, p. 69-82, 1975.

KLAMMER, Thomas P.; WALKER, Michael C. The Continuing Increase in the Use of Sophisticated Capital Budgeting Techniques. **California Management Review**, v. 27, p. 137-148, 1984.

KNIGHT, F. **Risk, Uncertainty and Profit**. 1964. ed. New York: Augustus M. Kelley, 1921.

KOENIG, P. C. Real Options in Ship and Force Structure Analysis: A Research Agenda. **Naval Engineers Journal**, v. 121, n. 4, p. 95-105, 2009.

KOGUT, B.; KULATILAKA, N. Capabilities as Real Options. **Organization Science**, v. 12, n. 6, p. 744-758, dez. 2001.

KORHONEN, J.; SAVOLAINEN, I.; OHLSTRÖM, M. Applications of the industrial ecology concept in a research project: Technology and Climate Change (CLIMTECH) Research in Finland. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, n. 8-10, p. 1087-1097, out. 2004.

KWAK, W. et al. Capital budgeting with multiple criteria and multiple decision makers. **Review of Quantitative Finance and Accounting**, v. 7, n. 1, p. 97-112, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. **Técnicas de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LANE, D. C. What we talk about when we talk about “systems thinking”. **Journal of the Operational Research Society**, v. 67, n. 3, p. 527-528, 25 mar. 2016.

LANSER, J. J. . B. AND H. P. . A Capital Budgeting Decision Model with Subjective Criteria. **The Journal of Financial and Qualitative Analysis**, v. 12, n. 2, p. 261-275, 1977.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. New York: McGraw Hill International Editions, 1991.

LEFTWICH, R. H. **O Sistema de Preços e a Alocação de Recursos**. São Paulo: Pioneira, 1997.

LI, S. et al. WebDigital: A Web-based hybrid intelligent knowledge automation system for developing digital marketing strategies. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 10606-10613, ago. 2011.

LIMA, A. C. et al. Uma análise exploratória do processo de orçamento de capital em empresas algodoceiras. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 2, p. 419-432, 2013.

LITTELL, J. H.; CORCORAN, J.; PILLAI, V. **No Title Systematic Reviews and Meta-Analysis**. New York: Oxford University Press, 2008.

LKAB. **Annual and Sustainability Report 2014**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://ir.brf-global.com/conteudo\\_en.asp?idioma=1&tipo=52242&conta=44&id=197215](http://ir.brf-global.com/conteudo_en.asp?idioma=1&tipo=52242&conta=44&id=197215)>.

LOCH, C.; BODE-GREUEL, K. Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects. **R&D Management**, v. 31, n. 2, p. 231-248, 2001.

LÖF, A.; ERICSSON, M. **Iron Ore Market Report 2016**. [s.l: s.n.].

MADANI, K.; LUND, J. R. Advances in Water Resources A Monte-Carlo game theoretic approach for Multi-Criteria Decision Making under uncertainty. **Advances in Water Resources**, v. 34, n. 5, p. 607-616, 2011.

MAGNI, C. A.; MALAGOLI, S.; MASTROLEO, G. an Alternative Approach To Firms' Evaluation: Expert Systems and Fuzzy Logic. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 5, n. 1, p. 195-225, 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support System**, v. 15, p. 251-266, 1995.

MAYER, Z.; KAZAKIDIS, V. Decision Making in Flexible Mine Production System Design Using Real Options. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 2, p. 169-180, fev. 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 3. ed São Paulo: Atlas, 2000.

MICHL, T. et al. **A neuroeconomic perspective on uncertainty and reward of strategic decision-making**. Neuro Psycho Economics Conference. **Anais...** 2009

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.

MILLER, B.; CLARKE, J. P. Strategic guidance in the development of new aircraft programs: A practical real options approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 4, p. 566-578, 2008.

MILLER, K. D.; WALLER, H. G. Scenarios, real options and integrated risk management. **Long Range Planning**, v. 36, n. 1, p. 93-107, 2003.

MILLS, R. W. Measuring the Use of Capital Budgeting Techniques with the Postal Questionnaire: A UK Perspective. **Interfaces**, v. 18, n. 5, p. 81-87, 1988.

MIN, K. J.; WANG, C.-H. Electric power generation planning for interrelated projects: a real options approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 53, n. 2, p. 312-322, 2006.

MINGERS, J.; WHITE, L. A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science q. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 3, p. 1147-1161, 2010.

MINTZBERG, H.; QUINN, J. B. **O Processo da Estratégia**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MINTZBERG, H.; RAISINGHANI, D.; THÉORËT, A. The Structure of “Unstructured” Decision Processes. **Administrative Science Quarterly**, v. 21, n. 2, p. 246-275, 1976.

MIZZARO, S. Relevance The Whole History.pdf. **Journal of the American society for Information Science**, v. 48, n. 9, p. 810-832, 1997.

MOENAERT, R. K. et al. Strategic Innovation Decisions: What You Foresee Is Not What You Get.: EBSCOhost. **Journal of Product Innovation Management**, v. 27, n. 6, p. 840-855, 2010.

MONTIBELLER, G.; FRANCO, L. A. Raising the bar : strategic multi-criteria decision analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 5, p. 855-867, 2011.

MORANDI, M. I. W. M. **Elaboração de um Método para o Entendimento da Dinâmica da Precificação de Commodities através do Pensamento Sistêmico e do Planejamento de Cenários: Uma Aplicação no Mercado de Minério de Ferro**. [s.l.] UNISINOS, 2008.

MORANDI, M. I. W. M. et al. Foreseeing Iron Ore Prices Using System Thinking and Scenario Planning. **Systemic Practice and Action Research**, v. 27, n. 3, p. 287-306, jun. 2014.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão Sistemática da Literatura. In: **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 141-172.

MOREIRA, G. **Cenários sistêmicos: proposta de integração entre princípios, conceitos e práticas de pensamento sistêmico e planejamento por cenários**. [s.l.] Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2005.

MUKHERJEE, T. K.; HENDERSON, G. V. The Capital Budgeting Process: Theory and Practice. **Interfaces**, v. 17, n. 2, p. 78-90, 1987.

MYERS, S. C. **Modern Developments in Financial Management**. [s.l.] Praeger Publishers, 1976.

NAKANO, D. Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012. p. 65-74.

NEMBHARD, D. A.; NEMBHARD, H. B.; QIN, R. A Real Options Model for Workforce Cross-Training. **The Engineering Economist**, v. 50, n. 2, p. 95-116, abr. 2005.

PANTEA, M. I.; BRINDESCU-OLARIU, D.; GLIGOR, D. Selecting Investment Strategies Using the Model Market Value / Book Value of the Enterprise. **Lucrari Stiintifice**, v. XI, n. 3, 2008.

PAPADAKIS, V. M.; LIOUKAS, S.; CHAMBERS, D. Strategic decision-making processes: the role of management and context. **Strategic Management Journal**, v. 19, n. 2, p. 115-147, fev. 1998.

PIDD, M. **Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PIKE, R. H. An Empirical Study of the Adoption of Sophisticated Capital Budgeting Practices and Decision-Making Effectiveness. **Accounting and Business Research**, v. 18, n. 72, p. 341-351, 1988.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

PINON, M. G. **Capital budgeting model for a nuclear power plant using multiattribute decision analysis**. [s.l.] Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2010.

POOL, J.; KOOPMAN, P. L. **Control Options in Managing Strategic Decision-making Processes.: EBSCOhost**. 1993. Disponível em: <<http://eds.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2034f5eb-b29f-45f0-8d6c-ad25b80aba67@sessionmgr112&vid=0&hid=107>>. Acesso em: 9 set. 2014.

PRAT, N.; COMYN-WATTIAU, I.; AKOKA, J. A Taxonomy of Evaluation Methods for Information Systems Artifacts. **Journal of Management Information Systems**, v. 32, n. 3, p. 229-267, 2015.



PRELIPCEAN, G.; BOSCOIANU, M. **Computational framework for assessing decisions in energy investments based on a mix between Real Option Analysis (ROA) and artificial neural networks (ANN)**. Proceedings of the 9th Wseas International Conference on Mathematics & Computers in Business and Economics (Mcbe '08). **Anais...** Bucharest: 2008.

PUSTOV, A.; MALANICHEV, A.; KHOBOTILOV, I. Long-term iron ore price modeling: Marginal costs vs. incentive price. **Resources Policy**, v. 38, n. 4, p. 558-567, 2013.

RAM, C.; MONTIBELLER, G. Exploring the impact of evaluating strategic options in a scenario-based multi-criteria framework. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 4, p. 657-672, 2013.

RAM, C.; MONTIBELLER, G.; MORTON, A. Extending the use of scenario planning and MCDA for the evaluation of strategic options. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 5, p. 817-829, 2011.

REDDY, R. L.; REDDY, V. S.; GUPTA, G. A. Study of bio-plastics as green and sustainable alternative to plastics. . **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 3, n. 82-89, 2013.

RICHARDSON, G. P. Reflections on the foundations of system dynamics. **System Dynamics Review**, v. 27, n. 3, p. 219–243, jul. 2011.

ROBERTO, M. A. Strategic Decision-Making Processes: Beyond the Efficiency-Consensus Trade-Off. **Group & Organization Management**, v. 29, n. 6, p. 625-658, 2004.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 3, p. 278–290, 2008.

RODRÍGUEZ-PONCE, E.; ARANEDA-GUIRRIMAN, C. El proceso de toma de decisiones y la eficacia organizativa en empresas privadas del norte de Chile Decision-making process and organizational performance in private companies in northern Chile. **Revista Chilena de Ingeniería**, v. 21, n. 3, p. 328-336, 2013.

ROUWETTE, E.; BASTINGS, I.; BLOKKER, H. A Comparison of Group Model Building and Strategic Options Development and Analysis. **Group Decision and Negotiation**, v. 20, n. 6, p. 781-803, 2011.

SABOUR, S. A A.; WOOD, G. Modelling financial risk in open pit mine projects: implications for strategic decision-making. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 109, n. 3, p. 169-175, 2009.

SALET, W.; BERTOLINI, L.; GIEZEN, M. Complexity and Uncertainty: Problem or Asset in Decision Making of Mega Infrastructure Projects? **International Journal of Urban and Regional Research**, v. 37, n. 6, p. 1984–2000, 2 nov. 2013.

SANDRONI, P. **Novíssimo Dicionário de Economia**. São Paulo: Best Seller, 2001.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research Methods for Business Students**. Essex: Pearson Education Limited, 2009.

SCHOEMAKER, P. J. H. Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking. **MIT Sloan Management Review**, v. Winter, 1995.

SCHWARTZ, P. **The art of the long view: paths to strategic insight for yourself and your company**. New York: Currency Doubleday, 2000.

SEKIGUCHI, N. et al. **Capacity Developments in the World Steel Industry**. 2016. [s.l: s.n.].

SENDER, G. L. Option Analysis at Merck.pdf. **Harvard Business Review**, p. 92, 1994.

SENGE, P. M. et al. **The fifth discipline fieldbook: strategies and tools for building a learning organization**. New York: Crown Business, 1994.

SENGE, P. M. **The fifth discipline: the art & practice of the learning organization**. New York: Bantón Books, 2006.

SENGE, P. M.; SHARMER, C. O.; JAWORSKI, J. **Presence: Human Purpose and the Field of the Future**. New York: Broadway Business, 2008.

SHIL, P.; ALLADA, V. Evaluating Product Plans Using Real Options. **The Engineering Economist**, v. 52, n. 3, p. 215–253, 23 ago. 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SKULIMOWSKI, A. M. J.; PUKOCZ, P. Enhancing creativity of strategic decision processes by technological roadmapping and foresight. **Proceedings - 2012 7th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems, KICSS 2012**, p. 223-230, 2012.

SLATER, S. F.; REDDY, V. K.; ZWIRLEIN, T. J. Evaluating Strategic Investments. **Industrial Marketing Management**, v. 27, n. 5, p. 447-458, 1998.

SMIT, H.; LOVALLO, D. Creating More Accurate Acquisition Valuations. **MIT Sloan Management Review**, p. 1-13, set. 2014.

STERMAN, J. D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World**. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill, 2000.

STROHHECKER, J. Scenarios and simulations for planning Dresdner Bank 's E-day. **System Dynamics Review**, v. 21, n. 1, p. 5-32, 2005.

TUCK, C. A. **U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries**. 2017. [s.l: s.n.].

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, p. 219-246, March 2004.

VAN AKEN, J. E.; ROMME, G. Reinventing the future : adding design science to the repertoire of organization and management studies. **Organization Management Journal**, v. 6, p. 5-12, 2009.

VON LANZENAUER, C. H.; ESCHEN, E.; PILZ-GLOMBIK, K. Capacity Planning in a Transitional Setting with Simulation-based Modeling: A Case Study. **International Transactions in Operational Research**, v. 9, n. 2, p. 125-139, mar. 2002.

WACK, P. Scenarios: uncharted waters ahead. **Harvard Business Review**, v. 63, n. 5, p. 72-90, 1985.

WALKER, W. E. et al. A Conceptual Basis for Uncertainty Management. **Integrated Assessment**, v. 4, n. 1, p. 5-17, 2003.

WALKER, W. E.; LEMPERT, R. J.; KWAKKEL, J. H. Deep Uncertainty. In: **Encyclopedia of Operations Research and Management Science**. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 395-402.

WIERZBICKI, A. P. Modelling as a way of organising knowledge. **European Journal of Operational Research**, v. 176, n. 1, p. 610-635, jan. 2007.

WRIGHT, G.; CAIRNS, G.; GOODWIN, P. Teaching scenario planning : Lessons from practice in academe and business. **European Journal of Operational Research**, v. 194, n. 1, p. 343-355, 2009.

WRIGHT, G.; GOODWIN, P. Decision making and planning under low levels of predictability. **International Journal of Forecasting**, v. 25, n. 4, p. 813–825, 2009.

WU, X. W. X. et al. **A real options approach to strategic RFID investment decision**. 2009 IEEE International Conference on RFID. **Anais...** 2009

YANINE, F. F. **LINKING ENTERPRISE FLEXIBILITY TO STRATEGIC OPTIONS : A CONTROL PROBLEM APPROACH**. [s.l: s.n.].

## APÊNDICE A

<b>Protocolo Estratégia de Busca</b>			
<b>Framework Conceitual:</b> As decisões, mais do que a simples escolha entre alternativas, devem prever os efeitos futuros da escolha, considerando todos os reflexos possíveis que ela pode causar no momento presente e no futuro. As estratégias de decisão buscam as possibilidades de maximização de lucros minimizando o nível de risco associado.			
Contexto:	A pesquisa foca no processo de tomada de decisão estratégica em empresas que operam preferencialmente em mercados oligopolizados		
Horizonte:	Não será utilizada delimitação, sendo utilizado todo o período disponível nas bases de busca.		
Correntes Teóricas:	Processo de Tomada de Decisão Teoria dos Jogos Pensamento Sistêmico Cenários Estratégia NPV e outros métodos tradicionais de análise financeira Opções Reais		
Idiomas:	Não será limitado na busca, mas os termos de busca serão em Inglês e Português. Caso sejam encontrados artigos em outros idiomas, estes serão traduzidos caso o abstract se mostre promissor.		
<b>Questão de Revisão:</b> Como as empresas avaliam as opções estratégicas, levando em conta a reação dos atores e como selecionam as mais adequadas para cada cenário?			
Estratégia de Revisão	<input type="checkbox"/> Agregativa		<input checked="" type="checkbox"/> Configurativa
Critérios de Busca	Critérios de Inclusão		Critérios de Exclusão
	<i>Player reaction / Reação dos Atores</i> <i>Cenarios / Cenários</i> <i>Oligopoly / Oligopólio</i> <i>Strategic Option Evaluation / Avaliação de Opções Estratégicas</i>		Medical Health MCDA – Multicriteria Decision Analysis Press release
<b>Termos de Busca:</b> "STRATEGIC OPTIONS" AND "DECISION MAKING PROCESS" / "OPÇÕES ESTRATÉGICAS" AND "PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO" "STRATEGIC OPTIONS AND DECISION PROCESS" / "OPÇÕES ESTRATÉGICAS AND PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO" "STRATEGIC OPTIONS" AND "EVALUATION METHODOLOGY" / "OPÇÕES ESTRATÉGICAS AND METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO" "STRATEGIC OPTIONS" AND "EVALUATION" / "OPÇÕES ESTRATÉGICAS AND AVALIAÇÃO" "STRATEGIC OPTIONS" AND "SYSTEMS DYNAMICS" / "OPÇÕES ESTRATÉGICAS" AND "DINÂMICA DE SISTEMAS"			
<b>Fontes de Busca:</b>			
<b>Bases de Dados:</b> <input type="checkbox"/> Periódicos Capes  <input checked="" type="checkbox"/> EBSCO <input checked="" type="checkbox"/> Web of Science <sup>TM</sup> <input type="checkbox"/> Scopus   Elsevier <input type="checkbox"/> Scielo <input type="checkbox"/> ProQuest <input type="checkbox"/> Emerald	<b>Anais:</b> <input type="checkbox"/> ENEGEP  <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Internet:</b> <input type="checkbox"/> Google Acadêmico <input type="checkbox"/>	<b>Outras:</b> <input type="checkbox"/>

## APÊNDICE B

	Artigo	Teórico	Empírico
	(RODRÍGUEZ-PONCE; ARANEDA-GUIRRIMAN, 2013)		<p>El objetivo de esta investigación consiste en describir la relación entre el proceso de toma de decisiones y la eficacia organizativa de las empresas privadas del norte de Chile. Para este efecto, se trabajó con una metodología cuantitativa, donde se aplicó un cuestionario a una muestra de 96 altos directivos de instituciones privadas del extremo norte de Chile, correspondiente a una tasa de respuesta del 22,2%. El muestro usado fue intencionado. Se llevaran a cabo 3 análisis de regresión lineal, cuyos resultados muestran que la eficacia organizativa es explicada en 59,9% por la calidad de las decisiones estratégicas (<math>p&lt;0,01</math>), la calidad de las decisiones estratégicas se explica en 61,5% por el grado de racionalidad del proceso de toma de decisiones estratégicas (<math>p&lt;0,01</math>), y el conflicto cognitivo y la flexibilidad cognitiva explican el 76,4% de la racionalidad del proceso de toma de decisiones (<math>p&lt;0,01</math>). Por tanto se debe plantear que para lograr mayores niveles de éxito en la toma de decisiones estratégicas y subsecuentemente mayor eficacia organizativa, los equipos de alta dirección deben favorecer la racionalidad de las decisiones estratégicas, buscando y analizando información para la generación de alternativas</p>
	(BENAROCH; KAUFFMAN, 1999)		<p>The application of fundamental option pricing models (OPMs), such as the binomial and the Black-Scholes models, to problems in information technology (IT) investment decision making have been the subject of some debate in the last few years. Prior research, for example, has made the case that pricing "real options" in real world operational and strategic settings offers the potential for useful insights in the evaluation of irreversible investments under uncertainty. However, most authors in the IS literature have made their cases using illustrative, rather than actual real world examples, and have always concluded with caveats and questions for future research about the applicability of such methods in practice. This paper makes three important contributions in this context: (1) it provides a formal theoretical grounding for the validity of the Black-Scholes option pricing model in the context of the spectrum of capital budgeting methods that might be employed to assess IT investments; (2) it shows why the assumptions of both the Black-Scholes and the binomial option pricing models place constraints on</p>

			<p>the range of IT investment situations that one can evaluate that are similar to those implied by traditional capital budgeting methods such as discounted cash flow analysis; and (3) it presents the first application of the Black-Scholes model that uses a real world business situation involving IT as its test bed. Our application focuses on an analysis of the timing of the deployment of point-of-sale (POS) debit services by the Yankee 24 shared electronic banking network of New England. This application enables us to make the case for the generalizability of the approach we discuss to four IT investment settings.</p>
	(VON LANZENAUER; ESCHEN; PILZ-GLOMBIK, 2002)		<p>Significant progress has been made in the development of modeling and analysis frameworks for the purpose of supporting senior executives in their task of strategy formulation and evaluation. Using the case study British Synthetic Fibres Ltd, the important strategic task of capacity planning is addressed in a transitional setting. The paper illustrates the use of influence diagrams, the development of a spreadsheet model in a language facilitating easy communication with senior management, and the strength of risk analysis as effective tools for managing the capacity-planning process. Special emphasis is placed on the benefits and insights to be gained from this approach in evaluating strategic options in the context of the case study.</p>
	(POOL; KOOPMAN, 1993)		<p>Top decision making process are generally depicted as chaotic, unstructured, incremental or spasmodic, and protracted. In this article it is shown, based on data from 25 strategic decision processes from 12 organizations in three industry sectors, that, within certain limits, there certainly are control options in strategic decision-making processes. In addition, their use turns out to be profitable. The analyses of patterns in the use of control dimensions in the 25 cases leads to a typology of four types of decision models or strategies: the neo-rational model (n=3), the bureaucratic model (n=4), the arena model (n=8) and the open-end-model (n=10). This empirical typology confirms earlier typologies based on literature. The use of control strategies is shown to vary across industry sectors and topics of decisions and have a differential effect. It is concluded that context and content variables have either a selection effect (some strategies do not occur in some sectors) or a optimization effect (some strategies are more effective than others in a given context)</p>
	(CHI; MCGUIRE, 1996)	This paper employs a simple stochastic model to investigate how transaction cost and strategic option considerations interact to	

	<p>influence a firm’s evaluation of collaborative venturing as a market entry mode. After demonstrating how uncertainty about the market and about the potential partner can add to the value of a collaborative venture, the paper explicates a condition under which the option to acquire or sell out generates a positive economic value for both of the partners. The interaction of transaction cost and strategic option considerations is then examined, and a number of testable hypotheses are proposed based on the theoretical analyses of the paper.</p>	
(HANNA, 1991)	<p>With so much resting on their decision, how can managers be confident that they have made the wisest possible choice among the strategic options available to them, - especially when those options involve a significant departure from business as usual? Traditional profitability analyses are of limited value here because they treat market size, market share, and price as independent variables. How can managers responsibly predict, for example, the likely share of an entirely new kind of product? Evaluation techniques that focus on economic surplus, not price, largely avoid these difficulties by concentrating on how total surplus gets divided among all the different elements in an industry chain. Equally important, these techniques encourage managers to look beyond the task of beating direct competitors to the broader challenge – and opportunity - of generating and capturing value throughout all elements of their industry's surplus chain.</p>	
(SHIL; ALLADA, 2007)	<p>Product planning helps a company to strategically plan its current and future product platforms and offer product variants in the marketplace. Product platforming is widely touted as a successful strategy for mass customization.</p> <p>However, due diligence should be exercised before implementing any product platform strategy. The product planning exercise should account for future uncertainties. Traditional financial tools such as the net present value (NPV) are static since they do not compensate for any exogenous and endogenous uncertainties during the course of the project. The crux of the problem lies in the evaluation model that is used for evaluating the product planning projects. While many view uncertainties in a product planning project as problematic, it can also be viewed as a source of new opportunities. We argue that uncertainties should be an integral part of the evaluation model. If the future possibilities (or strategic options) are not considered in the evaluation model, a corporation may face a “myopic syndrome.” In this article, we consider two</p>	

		<p>important product planning decisions—platform decisions and product variant decisions. The platform decision involves strategic selection of a concept product platform from various possible alternative concept product platforms. The product variant decision involves deciding how long a company should continue to offer its current product variant in the marketplace and whether the existing product</p>	
	<p>(MAYER; KAZAKIDIS, 2007)</p>		<p>Large multifaceted capital projects, such as those in the mineral resource industry, are often associated with diverse sources of both internal and external risks and uncertainties. Risks can cause delays to the planned schedule of a project, add a significant cost, and greatly influence its profitability. Uncertainties can be associated with project risks, as well as with opportunities that can develop throughout the project’s lifecycle. Having the ability to plan for these uncertainties, by incorporating flexible alternatives into the system design, is increasingly recognized as critical to long-term corporate success. This paper advances the knowledge needed to incorporate flexibility in systems engineering and management for both practitioners and researchers. Flexibility is defined in this paper as the ability of a system to sustain performance, preserve a particular cost structure, adapt to internal or external changes in operating conditions, or take advantage of new opportunities that develop during a mine’s life cycle by modifying operational parameters. By engaging in planning for flexible production systems, the effects of risk on a particular project value can be examined, project volatility can be calculated, and potential flexible mining alternatives can be evaluated. Once identified, a real options valuation provides a strategic decision-making tool for mine planners to determine the value of incorporating flexible alternatives into the mine plan. This paper demonstrates that flexibility can become an equal partner among the parameters controlling the decision-making process for underground engineering construction systems, followed by industry practitioners. It presents a methodology in mine production system design by introducing flexibility into design through the application of real options valuation techniques. Real world case studies related to flexible planning and design of construction and production systems in underground hard rock mines are presented.</p>
	<p>(FRIEND; ZEHLE, 2009)</p>	<p>Strategic planning is more of an art than a science. No amount of analysis will identify categorically which strategic option to select, but the analysis and techniques in this chapter can help the</p>	



		decision-making process. Ultimately, the choice will be based on experience and instinct.	
0	(SALET; BERTOLINI; GIEZEN, 2013)		How should one cope with complexity and uncertainty in mega infrastructure projects? While rational theories tend to eliminate or reduce these unruly conditions, the authors of this article are in search of a different approach to deal with the characteristics of complexity and uncertainty proactively. Three theoretical reflections are introduced to explore possible solutions: (1) the change of institutions to address the problem of excessively simple structures for making decisions on complex projects; (2) the shaping of a learning environment in order to deal with uncertainty and emergent properties; and (3) balancing the generation and the reduction of a variety of policy options in order to select a limited number of feasible options and to bridge the strategic exploration and the operational processes of decision making. Informed by this conceptual thought, concrete pathways are developed and discussed by means of a case study of the construction of a high-speed railway line in the Netherlands.
1	(KOGUT; KULATILAKA, 2001)	Strategy research consists of a balance between positive and normative theory. Normative theories suggest particular heuristics, or cognitive representations, to find appropriate solutions. Heuristics permit faster solutions to real-time problems; they also suffer from the potential of negative transfer to inappropriate applications. The theory of real options provides the appropriate heuristic framing of competencies and exploratory search. A real options approach marries the theory of financial options to foundational ideas in strategy, organizational theory, and complex systems. We join these approaches to identify three pairs of concepts: scarce factor and the underlying asset in option theory, inertia and irreversibility, and the ruggedness of landscape and option values. Strategic theories of resources largely define a core competence as unique and nonimmutable. In doing so, this definition has wrongly forgotten Bamey's initial insight into scarce factor markets as determining the valuation of a competitive asset. Financial theory of real options derives its heuristics of investing in exploratory search by inferring future value of today's investments from market prices. We apply the three conceptual pairs to the evaluation of capabilities as real options through a formal descriptive model. The valuation of core capabilities is derived from observing the price dynamics of correlated strategic factors in the market. Because of inertia, managers cannot easily adjust the	

		wrong set of organizational capabilities to the emergence of market opportunities. However, firms that have made investments in capabilities appropriate to these opportunities are able to respond. From this description, we define core competence as the choice of capabilities that permits the firm to make the best response to market opportunities. The heuristic framing of capabilities as real options guides the normative evaluation of the balance between exploitation and exploration.	
2	(CSAPI, 2013)		Real options theory is the newest expansion of standard investment evaluation methods and one that is at the same time suitable for eliminating most of their inadequacies. Similarly to financial options, the possession of real options –rights not obligations – means that operational or production hedge mechanisms complementing the management tool-kit with flexibility and the capability to respond to the environment are acquired by means of interpreting options inherent to financial products for physical assets. This study aims to analyse how real options took root in investment evaluation theory, along with the types of real options and the valuation procedures available for them, moreover to illustrate real options analysis in the course of individual level investments in the electrical energy sector. By describing binomial pricing as completed for 10 power generation technologies in detail, my goal was not primarily to grasp strategic value identified through real options, much rather to describe the pricing steps themselves. Based on the results, real options theory outperforms conventional investment valuation procedures both in terms of uncertainty and managing flexibility.*
3	(MICHL et al., 2009)	Scholars and practitioners alike are interested in understanding strategic decision-making and the processes involved in managing individuals who make these decisions. So far, few models of strategic decision-making in economics can efficiently show and advise the proper estimation of uncertainty, risk, ambiguity and (monetary and social) rewards in strategic decision-making processes of individuals. Although concepts of both uncertainty and rewards are seen as parts of strategic decision-making processes the neuroscientific sub-processes of these concepts are not fully understood yet. In this paper, we propose a theoretical comparison of neuroscientific and economic results regarding the cognitive and affective aspects of uncertainty and reward in strategic decision making processes of individuals. Overall, our results show that the conclusions in both research	

		fields are only partly congruent regarding individual decision-making under uncertainty as well as for decisions with rewards. We apply these similarities and differences by extending strategic decision-making models in economics and give propositions for a better implementation of uncertainty and reward aspects in strategic decisions of individuals. Furthermore, we outline how policies and incentives for strategic decisions of individuals could be more effectively established in organizations. As an overall result, we argue that neuroeconomics should be seen with caution when integrating into the field of business and complementing traditional strategic decision-making models of individuals.	
4	(NEMBHARD; NEMBHARD; QIN, 2005)		In this article, we propose using a real options framework to model and financially value a cross-training policy. The cross-training policy involves a dynamic investment on workforce flexibility. We model it as an approximation of an American call option using binomial lattices. Value stems from the merit of dynamic cross-training compared with the deterministic case using traditional discounted cash flow techniques. This work is discussed in the context of a volatile production system characterized by product dynamics, labor dynamics, task heterogeneity and workforce heterogeneity. Results suggest that cross-training based on the real options approach is dependent on the production capability and the level of workforce heterogeneity. Thus, valuing workforce flexibility using real options has strategic utility beyond that of the net present value approach.
5	(BOTTERON, 2001)	This article aims to present and explain the potential of the real options theory. This theory can help solve many corporate problems in the field of investment strategies. It incorporates a wide range of internal and external factors that are playing a potential role in strategy outcome. The real options tool has already been applied in many industries and many divisions of their business. The main advantage of this methodology is that management is forced to develop a more structured thinking pad due to the fact that real options is based on a clear and accurate procedure.	
6	(BEINHOCKER, 1999)		Evolution across a population is nature's trick for mastering uncertainty. Businesses can use it too.
7	(MOENAERT et al., 2010)		This research attempts to (1) identify the factors that influence strategic decision making (i.e., a choice made among various strategic options), and (2) establish their relative importance in the context of new product development. Hence, this study's research

			<p>question is formulated as follows: from a descriptive perspective what factors prevail in managers' strategic decision making on new product development, and from a normative perspective is this behavior optimal? An exploratory case research study generated a four-dimensional framework of strategic decision making. In 17 companies, the decision-making processes and subsequent implementation of 22 business innovation projects were studied. Managers' choices are determined by the assessment of (1) the business opportunity, (2) the feasibility, (3) the competitiveness, and (4) the leverage opportunities provided by the strategic option. The research question was then further addressed in a field site survey of 144 managers of ChemCorp, a global, multidivisional chemicals company. The ex ante conjoint study shows that feasibility and business opportunity prevail over competitiveness and leverage at the decision-making moment. Using PLS-Graph revealed that a manager's idiosyncrasies and the current and the future context of the division to which they belonged barely affected the relative weight of the decision-making criteria: only the division's customer power and the threat of new entrants significantly influence positively the support for business opportunity assessments. This raised an important question: if feasibility and business opportunity appear as being, overall, the two most important strategic decision-making criteria ex ante, are they key differentiators between success and failure ex post? An ex post critical incident study was conducted on 75 successful innovations and 69 failed innovations reported by the ChemCorp respondents. Using PLS-Graph, this study shows that the competitiveness of a strategic option is a very important predictor of new project success. While the findings await replication in other industries (e.g., industries of a less capital-intensive nature), they are intriguing: strategic innovation decision making may be off track when reality is accounted for.</p>
8	(SENDER, 1994)		<p>Pharmaceutical companies frequently enter into business relationships with small biotechnology companies or universities in order to gain access to early-stage research projects. Analyzing the strategic value of such projects, however, can be difficult. Because of the prolonged development phase of any pharmaceutical product (often up to a decade before the first commercial sale) and the extreme difficulty of predicting cash flows and market conditions far into the future, net-present-value technique may not capture the real strategic value of the research.</p>

9	(BOISOT; SANCHEZ, 2010)	<p>This paper seeks to explain the evolution of human systems of exchange through the emergence of both fundamental forms of organization (such as firms and markets) and specific instances of organization (such as individual firms and other economic or social entities) for engaging in exchange. We develop a combined systems, evolutionary, cognitive, and game-theoretic perspective on organizing that broadly represents organizations as systems of exchange founded on rules and routines for ordering exchange (broadly construed) between agents. We characterize the evolution of systems of exchange as an evolutionary cognitive process in which agents learn from their exchange experiences to adapt and improve rules and routines that improve the systems of exchange in which they participate. An evolutionarily stable form or instance of organization is achieved when a nexus of rules and routines emerges that offers a Pareto preferable system of exchange that attracts agents to its way of organizing exchange. We identify key aspects of rules that determine their relative attractiveness and thus their potential to be perceived as Pareto preferable by agents. We describe how trial-and-error learning by agents as they apply and seek to improve rules and routines in processes of exchange leads to the emergence of innovative forms of organizing (distinguished by their distinctive new nexus of rules) and to their dissemination, further evolution, and perhaps eventual extinction within a population of agents. We also distinguish the nexus-of-rules perspective on organization developed here from the nexus of contracts perspective common in the economic view of organization.</p>	
0	(HE, 2007)		<p>In recent years, an argument has been made that the traditional net present value approach cannot capture the value of the options to a project. Conventionally, the net present value of a project is the measure of the value adding to the firm if it takes the project. However, the limitation of the model is that it analyzes projects only on the basis of expected cash flows and discount rates. It fails to fully consider the options associated with the project or the investment. Actually, options like delay, expand, or abandon a project always exist in the list of our choices. The real options approach is the modern approach to project evaluation. It considers the value of the options for the decision makers. It is dynamic because it considers the effect of possible uncertainty along the whole cycle of the project, and what/how/when the relevant real options shall be exercised [2]. In this article, the option to delay a</p>

			project that is embedded in a capital budgeting project will be analyzed. The objective of the article is to introduce how to apply the real options approach to the evaluation of the real world projects. The technicalities of a real option will not be discussed in detail because of limited space. Applying real options is a way to preserve flexibility for the future. The real options approach is relatively straightforward when looking at a single project [1]. Furthermore, this approach is even more powerful when being applied to multiple investment choices, like a large multi-stage oil project. In the future, how the real options approach integrates to strategic planning, capital budgeting and controls will be a major research direction.
1	(YANINE, 2007)	In order to operate effectively manufacturing enterprises must be able to coordinate and utilize their limited physical and managerial resources effectively in an effort to deal with uncertainty and complexity, following certain strategic enterprise guidelines. Manufacturing enterprises must be able to acknowledge the tensions between flexibility and stability forces operating within them, and then manage them in a way that best reflects their strategic options. This paper looks at manufacturing enterprises as complex, dynamic systems which ought to operate under certain strategic guidelines and constraints in order to be both effective and efficient, and at the same time, ought to be flexible enough to be able to deal effectively with perturbations, generated both within and outside the system, which affect the enterprise system differently, in order to guarantee, on the one hand, effectiveness and stability of operations, and the achievement of enterprise strategic objectives on the other. In this control problem approach to enterprise flexibility we go to a higher level and examine how both properties, flexibility and stability, depend on what we call the metacontrollability of the enterprise system, that is the control of the very enterprise control system, the role of management in the metacontrollability of the enterprise, and how these control actions, which determine when, where and how much flexibility is applied, are linked to specific strategic needs and objectives that reflect the strategic options of the enterprise, which in turn must be part of the enterprise strategic framework at the operational, business, and corporate level respectively.	
2	(PANTEA; BRINDESCU- OLARIU;	This paper proposes to develop a selection model for investment strategy, which depends on market and book value of the company. The start of this approach is the idea that the financial criterion is	

	GLIGOR, 2008)	the most important criterion in the selection and evaluation of investment strategies. It compares the assets or equity book value upon which the selected investment strategy is based, and the market value of these assets and equity of the company as a result of the application of the selected strategic option. To achieve this, a large number of financial indicators are used, including a wide array of company evaluation methods.	
3	(COSIER, 1981)		The results of the Schwenk (1981) study highlight the difficulty in evaluating the DIS or any other approach for helping managers to challenge strategic planning assumptions. As the DIS proponents have pointed out, its purpose is to improve the process of strategic decision-making by encouraging decision-making to critically examine their assumptions about strategic problems (Mason and Mitroff, 1981, p. 1.5) Therefore, they have focused on the participants' evaluations and perceptions of the process and their satisfaction with it. Using these criteria the DIS can be shown to have positive effects on strategic decision-making.
4	(KAYALI, 2006)	This paper analyzes the role of real options in making strategic investment decisions. The traditional investment project evaluation metrics, such as payback period, accounting rate of return and net present value (NPV), assume that the management is passive and makes the accept or reject decision at the beginning based on the expected cash flows throughout the useful life of the investment project. They ignore the management's flexibility to revise the project as more information becomes available and the uncertainty about the project is resolved. This nature of the traditional approach to investment project evaluation may cause the management to underestimate the true NPV of the project and to pass up the valuable investment opportunities. However, investment projects under consideration may open up new opportunities, or in other words, may result in possible future investments and thus may provide the management with strategic options, such as the option to expand, the option to abandon or the option to wait. Therefore, the management's flexibility and real options are valuable and should be considered when evaluating investment projects and making strategic investment decisions.	
5	(ANDERSON, 2000)	There is growing interest in real options theoretical perspectives to guide both capital budgeting and strategic decisions in dynamic environments. In contrast to the conventional use of discounted cash flows in capital budgeting and competitive analysis in strategy, a strategic options perspective provides a more	

		<p>proactive assessment of future business opportunities under uncertainty. Real options theory has shown potential for analytical applications in strategic management, particularly to evaluate flexibility and timing issues. Yet the options approach has not been widely incorporated to analyse business opportunities and adaptability in strategic investment decisions. There is a discrepancy between the mathematical sophistication of option pricing models developed in financial economics and the theoretical applications in strategic management. The paper aims to bridge this conceptual gap and promote wider use of an options analytical approach. A basic dual options framework that distinguishes between abandonment and deferral option scenarios is presented to analyse different strategic investment situations. The framework explicates how firms invest in business development and explains the frequent deferral of strategic investments. Parameter sensitivities in the option evaluation models allow appraisal of value effects from environmental uncertainties, but also point to limits of excessive model refinements. Both advantages and limitations of the options analytical framework in strategy are discussed, and unresolved issues are outlined for future research efforts.</p>	
6	Simmonds; Keltz (2007)		<p>An evaluation of the stock-recruitment relationship for west of Scotland herring indicates that the models fitting the data from different periods deviate substantially. The different perceptions of the population dynamics processes emerging from these relationships lead to a range of potential scenarios for future development of the stock. Optimized strategic choices vary between exploitation at fishing mortality (F) of 0.25 and 0.45, with substantial differences in long-term yield depending primarily on the validity of the underlying stock–recruitment relationship. A detailed evaluation of the consequences for management in the short, medium and long term is presented. The uncertainty in stock dynamics and the strategic options are discussed along with the consequences for potential yield caused by the choice between management options. The study includes an evaluation showing that it may take at least ten years of exploitation at reduced yield before the current uncertainties about stock productivity might be resolved.</p>
7	(BURGER-HELMCHEN, 2007)	<p>I explore and review the introduction of real options in strategic management studies. My aim is to contribute to a better understanding of the origin of the real options. By distinguishing between shadow and real options and implementing</p>	



		<p>entrepreneurship in the traditional option valuation framework, I obtain a more exhaustive representation of the strategic decision processes in the firm. I explain the creation of a real option as an entrepreneurial process, one which transforms inventive ideas into profitable innovation. This constitutes a step toward an option-based theory of the firm by describing the emergence of a firm's options and the strategic building of new competencies for exercising these options. In addition, this approach offers a parallel understanding of why the real options theory is less often used in practice than in theory.</p>	
8	Li et al. (2011)		<p>This paper presents a Web-based hybrid knowledge automation system, called WebDigital (created by the first and second named authors), for formulating digital marketing strategies. Within this system, various digital marketing strategy models are computerised, adapted and extended. On-line Monte Carlo simulation is employed to capture the stochastic behaviour of relevant factors or variables influencing digital marketing decision making. Web-based fuzzy logic is applied to model the uncertainty surrounding the input and strategic options. On-line "IF-THEN" rules are created to represent and automate associated planning knowledge and guidelines. Web databases are used to pass data amongst different functional components, and store and retrieve simulation results and user entries. The system has been tested using digital marketing cases with involved managers. Evaluation findings indicate that the Web-enabled knowledge automation system is efficient and effective in improving the digital marketing strategy formulation process and its output.</p>
9	Belton; Ackermann (1997)		<p>Work in the field of multiple criteria analysis has generally focused on evaluation procedures, taking as its starting point a well-defined problem with specified alternatives and criteria. However, in reality, problems are rarely so well-structured; hence, in order to usefully support decision making in practice, multiple criteria analysts need to address the issue of problem structuring. In this respect, much can be learned from the body of work stemming from operational research and systems in the U.K., known collectively as problem-structuring methods. In this paper we describe a study which sought to integrate one of these approaches, SODA (strategic options development and analysis), using the COPE software for cognitive mapping, with multiple criteria evaluation based on a multi-attribute value function using V.I.S.A. The study took the form of a 2 day action research workshop to explore the strategic direction of the</p>

			Supplies and Commercial Services Department of a large U.K. NHS Hospital Trust and to develop an action plan consistent with the agreed direction. Even though the workshop was intended to be exploratory, from the point of view of both the facilitators and the participants, it enabled the group to make progress towards the definition of a strategic direction and led to an increased understanding and awareness of the issues. Drawing on this experience, we comment in general on the potential benefits arising from the integration of these two approaches and suggest fruitful areas for future research and development of the software tools and associated methodologies.
0	(DRIOUCHI; BENNETT, 2012)	This paper contributes to the debate on the role of real options theory in business strategy and organizational decision-making. It analyses and critiques the decision making and performance implications of real options within the management theories of the (multinational) firm, reviews and categorizes the organizational, strategic and operational facets of real options management in large business settings. It also presents the views of scholars and practitioners regarding the incorporation and validity of real options in strategy, international management and business processes <sup>1</sup> . The focus is particularly on the decision-making and performance attributes of the real options logic concerning strategic investments, governance modes and multinational operations management. These attributes are examined from both strategic and operating perspectives of decision-making in organizations, also with an overview of the empirical evidence on real options decision-making and performance.	
1	(PAPADAKIS; LIOUKAS; CHAMBERS, 1998)		This paper investigates the relationship between the process of Strategic Decision (SD) making and management and contextual factors. First, drawing on a sample of SDs, it analyzes the process through which they are taken, into seven dimensions: comprehensiveness/rationality, financial reporting, rule formalization, hierarchical decentralization, lateral communication, politicization, problem-solving dissension. Second, these process dimensions are related to (i) decision-specific characteristics, both perceived characteristics and objective typologies of strategic decisions, (ii) top management characteristics and (iii) contextual factors referring to external corporate environment and internal firm characteristics. Overall, the results support the view that SD processes are shaped by a multiplicity of factors, in all these categories. But the most striking finding is that decision-specific

			<p>characteristics appear to have the most important influence on the strategic decision-making process, as decisions with different decision-specific characteristics are handled through different processes. The evident dominance of decision-specific characteristics over management and contextual factors enriches the traditional “external control” vs “strategic choice” debate in the area of strategic management. An interpretation of results is attempted and policy implications are derived.</p>
2	(ANGELOU; ECONOMIDES, 2006)		<p>In this paper, we estimate the value of an Information Communication Technology (ICT) investment opportunity, modeled as a Real Option (RO), when there is competition threat that can influence negatively its value or even more eliminate it. So far in the ICT literature, competition modeling is mainly focusing on duopoly market conditions, where investment actions taken by the firm may likely result in strategic answers by its competitors. However, after the ICT liberalization, the number of firms has been increased and the market structure tends to change from oligopoly to perfect competition. So, it is not practical to employ endogenous competition modeling. We consider exogenous competition modeling. We also relax literature assumptions by considering that the competitors’ entry into the market causes competitive erosions during the waiting phase for the RO to invest and also during the operation phase, which follow stochastic processes in discrete time domain. We provide a ROs model, which estimates the value of a future investment opportunity when competitive entry can take part of the overall market value away from the firm that possesses this option. The results of our model prove that longer “wait-and-see” periods before exercising the ICT real option may indicate higher options values compared to the shorter ones, for some specific business conditions despite the competition threat for possible elimination of the future investment opportunity.</p>
3	(ARANDA, 2012)		<p>En este trabajo se incorporan procesos estocásticos en la valuación de proyectos de inversión utilizando opciones reales, lo que está vinculado al valor de la flexibilidad administrativa; es decir, utilizar la opción con el objeto de tomar decisiones estratégicas acordes con el entorno económico de la empresa. Se valúa un proyecto tomando en cuenta la opción real según la cual se tiene la flexibilidad de abandonar el proyecto si el entorno de ésta lo requiere. En la valoración del proyecto se consideran los flujos de efectivo de la empresa y las simulaciones <i>bootstrap</i>, histórica y Monte Carlo que se llevan a cabo en ellos. Asimismo, se analizan y calculan los</p>

			flujos de efectivo considerando árboles binomiales para, finalmente, determinar el valor de la opción real y la viabilidad del proyecto de inversión de la empresa.
4	(AVADIKYAN; LLERENA, 2010)		Long term increases of petrol prices and the threat of a global climate change have created in the automotive industry a new competitive environment based on the development of more sustainable technologies. Using the real option reasoning lens we provide a theoretical framework to better account for the technological and market uncertainties and irreversibilities that impact the investment and innovation decisions of automotive firms supporting the development of more sustainable vehicle technologies. We investigate the case of hybrid vehicles in a transitional perspective by insisting on their potential to influence the dynamic shaping of investment decisions of firms in the car industry. We consider the hybridization strategy as intra-project and inter-project compound growth options to manage the flexibilities and irreversibilities of investment decisions during the transition process. We provide four different–sometimes conflicting–strategic rationales structuring the investment efforts of firms in hybrid vehicles and illustrate them with numerous examples from the automotive industry.
5	(BLANCO; OLSINA; GARCES, 2012)		Nowadays, higher electricity consumption and need for economic efficiency have led to increased use of the electric power transmission network. After the severe absence of investments in the transmission grid observed in the last decades, the transmission investment problem is currently a topic of increasing interest among the power market agents as well as regulatory authorities. Therefore, tailored investment valuation models are needed for quantifying the contribution of strategic flexibility in the investment portfolios. In addition, models capable of replicating the uncertain evolution of the long-term behavior of power markets represent a reliable benchmark for designing contingent actions against unfavorable unfolding of uncertainty, aiming at ensuring the transmission network adaptation. This paper analyzes the impact of flexibility on the evaluation of transmission investment under uncertainty based on system-wide social welfare. Stochastic simulations are performed in order to characterize the uncertainty behavior of the investment portfolio performance. From these simulations, an appraisal methodology based on a Real Options approach is applied for valuing the strategic flexibility embedded into the transmission projects and finding the optimal timing for

			investing. The results show how omission or incorrect handling, of ongoing project uncertainty of the key variables could lead to non-optimal decisions.
6	(CALABRESE; GASTALDI; GHIRON, 2005)		The high level of uncertainty characterising the future market demand in many industrial sectors makes it necessary to use strategic investment evaluation models that foresee the possibility of determining and managing uncertainty in order to be able to fully take the potentials for creating the value associated with it. By using the approach of real options in this work, a mathematical model is provided for choosing a strategic investment in the photovoltaic industry; this model allows management to handle the uncertainty of the demand that cannot otherwise be dealt with by using the Net Present Value (NPV) as a tool to support decisions. Moreover, it will be shown how this evaluation model is able to reduce the risk of a strategic investment, if compared to the NPV, and point out the hidden value drivers of a managerial decision.
7	(CIOACA; BOSCOIANU, 2013)		The interest upon real options method amplified in the last decade due to the higher level of uncertainty faced by some organizations (from the private and also the public sector) when the decision to make a strategic investment is required (in a competitive environment) or it is a external requirement of the organizational environment (ensuring security standards). The process of assessment of the option is developed by evaluating the potential benefits associated with the three possible scenarios under expansion, contract and wait options. The value of the real option is the result of the fuzzy mean. The possibility of obtaining values for each option permits the management to compare and choose the best decisions for efficient investment. The evaluation and investment planning aims to make better use of funds by reducing operating costs and uncertainty for potential gains and substantiate predictions about the performance of the strategy.
8	Claypool et al. (2014)	The objective of Design for Supply Chain (DFSC) is to design a supply chain in parallel to designing a new product. Risk is an inherent element of this process. Although supply chain risk models and product development risk models are available, there are few models that consider the combined effect of risk to product development and the supply chain. This gap is filled by the development of a DFSC and risk model that looks at design, supply chain and risk concurrently. The model consists of two components. First, a Mixed Integer Programming (MIP) model makes the DFSC decisions while simultaneously considering time-	

		to-market risk, supplier reliability risk and strategic exposure risk. The results from the MIP are then used in the second model component which is a discrete event simulation. The simulation tests the robustness of the MIP solution for supplier capacity risk and demand risk. When a decision maker is potentially facing either of these risks the simulation shows whether it is best to use an alternative solution or proceed with the MIP solution. The model provides analytical results, but also allows decision makers to use their own judgment to select the best option for overall profitability. In conclusion, testing shows that risk mitigation strategies can and should be determined from the DFSC and risk model, but that they will be dependent on the specific design problem being solved.	
9	(COMES et al., 2011)	In complex strategic decision-making situations the need for well-structured support arises. To evaluate decision alternatives, information about the situation and its development must be determined, managed and processed by the best available experts. For various types of information different reasoning principles have been developed: deterministic, probabilistic, fuzzy and techniques for reasoning under ignorance (i.e., the likelihood of an event cannot be quantified). We propose a new approach based on Decision Maps supporting decision makers under fundamental uncertainty by generating descriptions of different possible situation developments (scenarios) in a distributed manner. The scenarios are evaluated using Multi-Criteria Decision Analysis techniques.	
0	(COOPER, 2013)	There is a real shortage of breakthrough initiatives in businesses' development portfolios. A major challenge in developing these high-risk projects is portfolio management—how executives make R&D investment decisions. Financial approaches, such as net present value and the productivity index, are traditionally recommended to lend rigor to go/kill decisions. An overreliance on financial tools favors incremental projects whose financial forecasts are reliable, however, producing an abundance of small, low-hanging-fruit projects and a failure to allocate resources to strategic projects. Different toolsets must be used to assess high-risk breakthrough initiatives, including strategic buckets, expected commercial value, and spiral development processes. All of these must be supported by a climate and culture that provide the appetite to take on risky projects.	
	(COURTNEY;	What makes for a good strategy in highly uncertain business	

1	KIRKLAND; VIGUERIE, 1997b)	environments? Some executives seek to shape the future with high-stakes bets. Eastman Kodak Company, for example, is spending \$500 million per year to develop an array of digital photography products that it hopes will fundamentally change the way people create, store, and view pictures. Meanwhile, Hewlett-Packard Company is investing \$50 million per year to pursue a rival vision centered around home-based photo printers. The business press loves to hype such industry-shaping strategies because of their potential to create enormous wealth, but the sober reality is that most companies lack the industry position, assets, or appetite for risk necessary to make such strategies work.	
2	Cresswell et al. (2013)		<p>OBJECTIVES: There is a pressing need to understand the challenges surrounding procurement of and business case development for hospital electronic prescribing systems, and to identify possible strategies to enhance the efficiency of these processes in order to assist strategic decision making</p> <p>MATERIALS AND METHODS: We organized eight multi-disciplinary roundtable discussions in the United Kingdom. Participants included policy makers, representatives from hospitals, system developers, academics, and patients. Each discussion was digitally audio-recorded, transcribed verbatim and, together with accompanying field notes, analyzed thematically with NVivo.</p> <p>RESULTS: We drew on data from 17 participants (approximately eight per roundtable), six hours of discussion, and 15 pages of field notes. Key challenges included silo planning with systems not being considered as part of an integrated organizational information technology strategy, lack of opportunity for interactions between customers and potential suppliers, lack of support for hospitals in choosing appropriate systems, difficulty of balancing structured planning with flexibility, and the on-going challenge of distinguishing "wants" and aspirations from organizational "needs".</p> <p>DISCUSSION AND CONCLUSIONS: Development of business cases for major investments in information technology does not take place in an organizational vacuum. Building on previously identified potentially transferable dimensions to the development and execution of business cases surrounding measurements of costs/benefits and risk management, we have identified additional components relevant to ePrescribing systems. These include: considerations surrounding strategic context, case for change and objectives, future service requirements and options appraisal, capital and revenue implications, timescale and deliverability, and</p>

3	Frimpong; Whiting (1997)		<p>risk analysis and management.</p> <p>Successful management in competitive markets requires evaluation methods that respond to global market dynamics and provide investors with relevant information to make strategic investment decisions. These strategic decisions include decisions on investment timing, feasibility study and risk management and mine operating options. Conventional methods do not have the built-in capabilities to help investors handle these strategic issues. Advances in modern finance have had profound impacts on financial markets for options, futures and collateralized securities and offer appropriate tools in solving these problems. In this paper, the authors have extended the Brennan and Schwartz mineral resource model to develop the derivative mine valuation method based on the dynamic arbitrage theory. A copper mining venture has been evaluated using the derivative mine valuation and conventional methods. The results show that the derivative mine valuation method allows investors to maximize the venture's market value by exercising these strategic options.</p>
4	(GARCÍA-FERNÁNDEZ; GARIJO, 2010)	<p>In this paper, a framework to consider the contribution of decision making and dynamic planning in the profitability of a project under uncertainty is proposed. Unified modeling language (UML) activity diagrams are constructed for different strategies of an ongoing engineering project whose final profitability is highly influenced by a set of uncertain variables, such as demand, costs and prices, or unexpected events. Some of these strategies can be, for instance, expanding, contracting, switching, abandoning, waiting, transferring, etc. A method to derive a simple mathematical model for carrying out a project from any UML activity diagram describing the strategy is also presented. This mathematical model can be easily implemented in a simulation environment, where the random nature of the different uncertain variables of the project, the relationships between them, and its final profitability can be considered. An example of the application of the proposed model is shown. This example also illustrates how to model the uncertainty in demand by means of a stochastic Bass process. We suggest that the proposed methodology be used by itself or as a complementary tool to the existing methods of capital budgeting by solving some of the deficiencies found in them. For instance: 1) net present value or return on investment is static in nature and cannot cope with uncertainty; 2) real options valuation may be an obscure technique and in many cases does not allow an operational strategy to be</p>	



		derived for guiding the project in real life; and 3) decision analysis occurs within the problem of the &#x201C;flaw of averages,&#x201D; by using expected values of different uncertain variables to calculate the profitability of a project instead of their complete probability distribution.	
5	Giarola et al. (2013)		A general Mixed Integer Linear Programming modelling framework supporting strategic design and planning decisions for multi-period and multi-echelon ethanol supply chains is developed and implemented. Multiple biomass and technology options involving both first and second generation production are addressed for paving the way towards sustainable and feasible energy infrastructures. The ethanol supply chain is optimised according to a comprehensive mathematical framework where multiple decision criteria are simultaneously considered in an uncertain market scenario. In particular, the economic and environmental performances are both optimised also considering the decision makers' risk mitigation preferences. Carbon cost emissions allowances trading scheme, crop management and technology learning issues are encompassed, too. A demonstrative case study is proposed involving the potential future Italian biomass-based ethanol production. Results show the effectiveness of the modelling framework as a decision making-tool to steer decisions and investments in the long term horizon among different ethanol fuel configurations.
6	(HODGKINSON; HEALEY, 2008)	An enduring problem confronting design science is the question of how to distil design principles and propositions in contexts where only limited evidence has accrued directly in connection with the design problem at hand. This article illustrates how researchers can address this challenge by recourse to well-established bodies of basic theory and research in the wider social and organizational sciences that suggest robust design options. Adopting this approach, we draw upon the insights of social identity theory, self/social categorization theory and the Five Factor Model of human personality from the field of personality and social psychology to distil a series of propositions to inform the design of scenario planning interventions, centred on team composition and the facilitation process. In so doing, our article exemplifies the benefits of adopting a pragmatic science approach to the design of processes that promote organizational change and development, thus adding to the growing design science movement.	
	(HONG; SUN,	From the united thought of option game and project evaluation, the	

7	2010)	author presents the method called Option Game Evaluation (OGE). Option game is a kind of concept mixing real option valuation with game equilibrium. Compared with the traditional approach of project evaluation, OGE method is the united system of project evaluation whose basic evaluation criteria is related to equilibrium concept of option game, the analysis of project value and strategic choice of project agents.	
8	Johnson et al. (2004)	Knowledge, which cannot be easily copied or replicated, is what gives a company an edge over competitors. But to maintain the edge a company must continually review, renew and assess what is required to stay ahead. This is true for commodity producers like market pulp producers as well as for speciality niche producers. But it is not always obvious what the best decisions are. Strategic planning is the general term used to cover the process of planning, capital allocation and higher level business decisions that will set the course of a company. Strategic planning is not always a well-understood area of business planning and often the concepts presented to the workforce seem vague. AIM stands for Asset Investment Management and is a software tool developed to assist in the decision making process, This paper will show how business drivers can be evaluated in a logical way, how options can be compared and the operations of an industrial entity can be optimized for maximum cashflow. The paper will be illustrated with examples from a range of pulp and paper mills. The objective of this paper is to explain the importance of strategic planning and using examples, to demonstrate one strategic planning tool called AIM.	
9	(KIM; SANDERS, 2002)	The rapid growth of information technology (IT) investments has imposed pressure on management to take into account risks and payoffs promised by the investment in their decision-making. Comprehensive but easily understandable methodologies are needed to solve the complicated evaluation problems resulting from the complexity of new technologies. This paper develops a framework of strategic actions based on real option theory. The paper identifies the basic components of IT values and strategic actions and provides the basis for valuing IT investment in terms of economic and real option value. It also provides IT managers with an easy-to-understand framework to assist in evaluating and justifying IT investments	
0	(KOENIG, 2009)	In the evaluation of large, risky expenditures on long-lived capital investments, conventional engineering economic analysis methods	

		<p>do not provide adequate insight into the option value of managerial flexibility and strategic interactions. A common practical remedy is to set aside the (incomplete) analysis in favor of intuition and judgment, which in many instances results from tacit knowledge of embedded option-type value. If this value could be explicitly documented then the decision criteria would be more transparent. With this in mind, a “real” options analogy with financial options has been proposed; the attraction is that methods for valuing financial options are mature. Naval ship design and acquisition is an option-laden environment. Therefore if a naval version of the real options analogy were developed, it would add considerable insight. In this paper, the motivation for option-based analysis is introduced, the basic mechanics of financial options are reviewed, and an agenda for developing options-informed naval analyses is suggested.</p>	
<p>1</p>	<p>(LOCH; BODE-GREUEL, 2001)</p>		<p>The financial value of research projects is difficult to assess because they are highly uncertain. Often, the result is either an overly conservative approach to strategic innovation, based on net present value analyses, or an overly aggressive approach based on optimistic qualitative portfolios. R&amp;D project evaluation requires recognizing threats as well as opportunities from uncertain events, and incorporating flexibility in managerial action in response to them. Real options pricing analysis is a widely discussed tool for evaluating such managerial flexibility. The limitation of options pricing lies in its requirement for complete financial markets, in which a replicating asset can be found that reproduces (or, at least, is correlated with) the project's payoffs in all possible states of the world. However, the major risks of research projects are typically project specific and cannot be replicated in external markets. In this situation, a decision tree is a better tool to represent managerial options during execution of the project, and to evaluate its value. A decision tree is equivalent to options pricing for risks that can be priced in the financial markets (if trading of securities is explicitly included), and moreover, it can incorporate risks and flexibility that are not traded in financial markets. Using decision trees, we demonstrate a quantitative evaluation of compound growth options from research at BestPharma, a large international pharmaceutical company. A growth option is a future opportunity that may arise from a current R&amp;D investment. The growth option may not be related to the primary purpose of the R&amp;D project, or not even be directly foreseeable. Kester (1984) has argued that growth options</p>

			may account for a large part of project value. BestPharma faced the problem of choosing among several strategic research initiatives. They developed a decision tree representation of the projects, which helped to provide transparency about project value and strategic options. Most importantly, carefully thinking through the tree helped to identify growth options, represented by additional branches in the tree, and to quantify that they represented major sources of value.
2	(MAGNI; MALAGOLI; MASTROLEO, 2006)	Discounted Cash Flow techniques are the generally accepted methods for valuing firms. Such methods do not provide explicit acknowledgment of the value determinants and overlook their interrelations. This paper proposes a different method of firm valuation based on fuzzy logic and expert systems. It does represent a conceptual transposition of Discounted Cash Flow techniques but, unlike the latter, it takes explicit account of quantitative and qualitative variables and their mutual integration. Financial, strategic and business aspects are considered by focusing on twenty-nine value drivers that are combined together via “if-then” rules. The output of the system is a real number in the interval [0,1], which represents the value-creation power of the firm. To corroborate the model a sensitivity analysis is conducted. The system may be used for rating and ranking firms as well as for assessing the impact of managers’ decisions on value creation and as a tool of corporate governance.	
3	(MILLER; CLARKE, 2008)		Investment decisions in new aircraft development programs are difficult because of large capital expenditures, long lead times, and many technical and market uncertainties. A flexible strategy, that takes advantage of the ability of managers to incorporate information as uncertainties are resolved, is suggested as a means to manage risk. In this paper, the use of real options analysis to evaluate and guide new aircraft development programs is illustrated through a case study of a real-world aircraft program. The analysis provides clear evidence that investors can use the numerical results of the real options analysis to determine how much they should spend on an aircraft program, that managers can use the same results to restructure the program to improve the financial feasibility of the project, and that both investors and managers can use the output of derivative analyses to define minimum requirements (in terms of aircraft orders) to ensure program success.
4	(MILLER; WALLER, 2003)	In the 1970s, scenario planning gained prominence as a strategic management tool. Scenario planning encourages managers to	

		<p>envision plausible future states of the world and consider how to take advantage of opportunities and avoid potential threats. In the last decade, finance researchers have developed real option analysis as a way to value investments under uncertainty. Scenario planning and real option analysis have complementary strengths and weaknesses as tools for managers making strategic investment decisions under uncertainty. We combine these two approaches in an integrated risk management process. This process involves scenario development, exposure identification, formulating risk management responses, and implementation steps. We advocate a corporate-level perspective on managing risk that takes into consideration the full range of exposures across a firm's portfolio of businesses. In contrast with the predominant emphasis on quantitative analysis in the real option literature, this study illustrates qualitative assessment of real options.</p>	
5	Mitnovitsky et al. (2013)		<p>This paper examines a flexible flow shop problem that considers dynamic events, such as stochastic job arrivals, uncertain processing times, unexpected machine breakdowns and the possibility of processing flexibility. To achieve this goal, a new agent-based adaptive control system has been developed at the factory level, along with advanced decision-making strategies that provide responsive factories with adaptation and reconfiguration capabilities and advanced complementary scheduling abilities. The aim is to facilitate operational flexibility and increase productivity as well as offer strategic advantages such as analysis of factory development options by simulation. The feasibility of the proposed system is demonstrated by simulation under various experimental settings, among them shop utilization level, due date tightness and breakdown level.</p>
6	(MONTIBELLER; FRANCO, 2011)	<p>This paper discusses the use of multi-criteria decision analysis for supporting strategic decision making in organisations. It begins by exploring the notions of strategic decisions and the strategic decision-making process. We suggest that structuring strategic objectives, dealing with high levels of uncertainty about the future, as well as considering the interconnectedness of strategic options and their long-term consequences are key aspects of strategic decision making support. We then consider the discursive nature of the processes within which strategic decisions are created and negotiated. Our exploration of these concepts leads us to propose a number of adaptations to the standard multi-criteria decision</p>	

		analysis approach, if it were to provide effective strategic decision support, particularly in strategy workshops. We make suggestions on how to implement these proposals, and illustrate their potential with examples drawn from real-world interventions in which we have provided strategic decision support.	
7	(PRELIPCEAN; BOSCOIANU, 2008)	Energy infrastructure investments occur in a highly dynamic context, with many different risks. In project investment evaluation, governments, investors and financial intermediaries are interested in a methodology that include the risks and uncertainties in power sector (due to changing energy price in competitive energy markets, uncertain future carbon price, uncertain government policy on climate change, and uncertain international regime on climate change mechanism). The risk of political shocks associated with high uncertainties and volatility in the aftermath of global markets turbulences could dramatically change the investment conditions and technology selection in strategic energy sector. The analysis of the impact of these policies on power investment is based on Real Options Analysis (ROA) inspired from Dixit, Pindyck (1994) optimization and Yang, Blyth (2006) model combined with neural networks (NN).	
8	(RAM; MONTIBELLER, 2013)		One of the least explored aspects of scenario planning is how to assess systematically the value and robustness of strategic options after scenario development. In this context, there is growing research interest on the use of multi-criteria decision analysis (MCDA) to evaluate such options, but with very limited evidence about its performance in practice. This paper examines effects of applying in practice one of those recently proposed scenario-based MCDA methods for identifying robust options. Three public sector decision-making instances in Trinidad and Tobago are examined within an action research framework to provide insights on differences in decision-making behaviour and areas for improvement of the method. Findings from these in-depth case studies indicate that the method's main benefit was that it stimulated curiosity on how options might be improved in order to mitigate negative consequences and capitalise on opportunities across scenarios. We conclude the paper by discussing these findings and their implications to the development of the method and the evaluation of strategic options under deep uncertainty.
9	(RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2011)		Multi-criteria decision analysis (MCDA) is well equipped to deal with conflicting, qualitative objectives when evaluating strategic options. Scenario planning provides a framework for confronting

			<p>uncertainty, which MCDA lacks. Integration of these methods offers various advantages, yet its effective application in evaluating strategic options would benefit from scenarios that reflect a larger number of wide-ranging scenarios developed in a time-efficient manner, as well as incorporation of MCDA measures that inform within and across scenario comparison of options. The main contribution of this paper is to illustrate how a more diverse set of scenarios could be developed quickly, and to investigate how regret could be used to facilitate comparison of options. First, the reasons for these two areas of development are elaborated with respect to existing techniques. The impacts of applying the proposed method in practice are then assessed through a case study involving food security in Trinidad and Tobago. The paper concludes with a discussion of findings and areas for further research.</p>
0	(ROBERTO, 2004)		<p>This study examines how managers make strategic decisions efficiently and simultaneously build the consensus often required to implement decisions successfully. The findings suggest that groups employed two critical processes—one substantive/cognitive and the other symbolic/ political—to achieve high levels of efficiency and consensus. On the substantive dimension, they gradually structured complex problems by making a series of intermediate choices about particular elements of the decision. On the symbolic dimension, they took steps to preserve the legitimacy of the decision-making process.</p>
1	(ROUWETTE; BASTINGS; BLOKKER, 2011)	<p>A distinctive tradition within group decision support uses models to structure managerial problems. In this tradition, stakeholders jointly construct a model on their issue of concern in facilitated workshops. In the past decades a wide variety of theoretical insights into and techniques for model-based decision support have been proposed and tested in practical applications. Methods are designed and used by experts; guidelines on their use are not completely spelled out in the literature. This lack of transparency may lead to difficulties in showing the value of methods to researchers in other fields, limit transferability of methods and complicate recombining elements of methods into a multimethodology. In this paper we aim to contribute to transparency by contrasting two model-driven methods: group model building (GMB) and Strategic Options Development and Analysis (SODA). We first develop a framework for comparing methods on a theoretical and practical level. Second, we describe the separate use of each approach, on</p>	

		<p>one and the same issue, with a similar group of participants. By contrasting the choices made in a practical application we clarify process and results in different phases of problem analysis. Our conclusion is that theoretical assumptions of both approaches are more similar than expected. Each method captures different aspects of the problem and in this sense methods may supplement one another: where SODA focuses on the future and identification of actions, GMB aims to create insight into the relation between (past) behavior and structure of the problem. In choosing which element of the methods to use, it is important to realize that each element strikes a particular balance between costs (e.g. time taken from participants or modelers) and benefits (e.g. level of involvement or model verification). For instance, some elements speed up the process but do so at the cost of lowering participants' involvement. A practical combination of elements of GMB and SODA thus requires the user to assess the relative importance of insight and action as project deliverables, weigh costs and benefits of elements of either method and string these together in a logical sequence that creates the outcomes required.</p>	
<p>2</p>	<p>(SABOUR; WOOD, 2009)</p>		<p>Strategic decisions in the mining industry are made under multiple technical and market uncertainties. Therefore, to reach the best possible decision, based on information available, it is necessary to integrate uncertainty about the input variables and model financial risk of the project's merit measures. However, this provides few useful insights to decision-makers unless accompanied by modelling management responses to uncertainty resolutions. It is widely acknowledged that conventional decision-support methods based on static, no-change, discounted cash flow (DCF) techniques such as net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) tend to provide inaccurate value estimates. This could mislead the strategic decision-making process and result in significant value losses. This paper aims to model financial risk related to uncertainty about market variables such as metal prices and foreign exchange rates. other sources of risk that are related, for example, to geology and production costs are not considered in this work. The article outlines a flexible financial model that integrates uncertainty about market variables and management flexibility to react to uncertainty resolutions into mine project valuation using a real-options valuation technique based on Monte Carlo simulation. Significance of information generated from this simulation-based flexible valuation model to the strategic decision-making process is tested</p>



			<p>using an illustrative case study of a Canadian mining project. The project is a typical multi-metal, open pit mine that produces copper and gold. In this case, there are three uncertain market variables, which are: copper and gold prices and US\$/CAN\$ exchange rate. Financial valuations are carried out using both the conventional static DCF method and a flexible real-options model. In the flexible model, management flexibility to decide whether to go ahead with the next expansion or terminate production operations is integrated. Results show how the flexible financial model can enhance the decision-making process.</p>
3	(SKULIMOWSKI; PUKOCZ, 2012)		<p>The quality of a company's strategic planning is a key factor influencing its competitiveness and development prospects. We will demonstrate how an appropriate choice of user interfaces, knowledge acquisition tools and analytic decision support methods can stimulate the creativity of the strategic planners taking part in technological roadmapping. With strategic planning formalized as a multicriteria decision problem, the usual process of debating and brainstorming is better focused on reaching a consensus solution in an efficient way. An intelligent roadmapping support tool and publicly available technological foresight results assure a high quality of data gathering and interaction of experts with stakeholders. Real options are used to evaluate the opportunities, threats, challenges, and flexibility during the planning period. The above approach has been implemented as an intranet application and used to apply information technology (IT) foresight outcomes to establish IT investment plans in innovative companies that develop new products and launch them on the market.</p>
4	(SLATER; REDDY; ZWIRLEIN, 1998)	<p>Innovative strategy making is the key to superior performance for most businesses today. However, it frequently must be conducted in the midst of unpredictable and even chaotic circumstances and processes. Moreover, it often is frustrated by dogmatic reliance on traditional approaches to financial evaluation. In this study, we explore both the managerial and conceptual shortcomings of the traditional approach to evaluating strategic investments through discounted cash flow (DCF) analysis. We then describe a complementary technique introduced to internal financial evaluation from securities valuation, options analysis. We integrate these techniques in a combined DCF/options analysis model that combines insights from both techniques of investment analysis. The result is a process for evaluating strategic investment opportunities that takes a dynamic perspective on the strategy-making process.</p>	

5	(SMIT; LOVALLO, 2014)	In “hot” deal markets, executives often overvalue companies they are considering acquiring – and conversely undervalue potential acquisition targets when the economy is weak. Fortunately, there are steps managers can take to adjust deal valuations for these common biases.	
6	Tolga; Kahraman (2008)	Project selection decisions could be thought within the strategic objectives and plans of the firm. So, strategic R&D project selection decision is very important in two ways. First, in many organizations, R&D budget represents huge investment. Second, R&D projects, organizational returns are multidimensional in nature and risky in terms of projected outcome. The risky side of the selection process is calculated by real options approach. New fuzzy trinomial lattice solution method is used in real options approach. Multidimensional side of the R&D project selection process is included in the model by multi-criteria method. Another consideration is the vagueness in the evaluation process. The fuzzy AHP, which takes monetary (fuzzy real option value) and nonmonetary (capability, success probability, trends, etc.) criteria into account, is used to make this selection among alternative	
7	(FOTR et al., 2014)	The article deals with the concept of scenario planning. Scenarios, as opposed to usual prediction methods, are focused on the identification of discontinuities in the development and help the organization cope with sudden changes and noticeably contribute to its survival. Contemporary methods of scenarios construction work on need to ensure flexibility of the strategic plan and get the firm ready for a quick reaction when set trigger points specifying the corresponding scenario come to pass. Processing of business environment information, known as Business Intelligence, becomes necessity. Based on the methodological platform, it describes in detail the stepwise process of scenario construction. The very process of scenario elaboration goes through six basic steps, Identification of risk factors and determination of their importance; Selection of key risks which, according to the company’s opinion, fundamentally influence fulfilment of strategic goals; Formulation of basic scenarios and testing their consistency; Determination of probability of scenarios occurrence and Performing a “gap analysis” for the sake of determining the extent of strategic goals fulfilment. There are various types of scenarios which might be respected due to the development of entrepreneurial environment introduced and discussed. Respecting the indicated risk factors and their influence	

		<p>on key risks of the financial plan, the spread of scenarios is being drafted. It is typical of business practice to work with 3–4 scenarios. Besides determining the impact of a risk on the firm’s performance (the rate of fulfilling set strategic goals), the probability assessment of each scenario is also necessary. Outputs from constructed scenarios are to be worked up into a particular strategic option, which may be used as a qualified base for the strategic decision making process. The practical application shows how the methodology used raises flexibility in strategic planning of the firm.</p>	
8	(MIN; WANG, 2006)	<p>The market uncertainties in the generation business in the U.S. electric power industry have increased the significance of two factors in generation planning: financial risks and managerial flexibilities. At the same time, numerous utilities have multiple generation planning projects that are interrelated with respect to their market values. For such utilities, in order to quantitatively address these two factors, in this paper, we develop and analyze a real options model for n general interrelated projects. Specifically, first, we derive a unique lattice process that approximates interrelated continuous processes for the evolution of values of projects and options (e.g., selling a constructed project). The steps of the n approximation for projects are presented progressively starting from two projects. Next, based on the lattice process, we investigate the impact of interrelation on the values of options. Then, we provide a backward dynamic programming model for optimal sequential decision making where the decisions are made over the options. Finally, managerial insights and economic implications are illustrated via numerical examples.</p>	
9	Weber; Yang (2014)		<p>This paper presents an empirical study, which leads to a theoretical framework that links organizational learning and capital productivity. The approach described in this paper helps fab managers make fundamental strategic decisions concerning capital investment and point of entry by engaging in scenario planning. Three strategic options for semiconductor manufacturing are analyzed in detail—leading-edge manufacturer, fast follower, and slow follower. The study concludes that profitability and capital productivity can be in conflict with each other. Leading-edge manufacturers can make large profits, if they ramp up to volume production in a timely manner, but their return on investment and</p>

			thus their capital productivity are relatively low. Generally, manufacturers that do not run state-of-the-art processes are less profitable than those that do, but their return on investment and thus their capital productivity is comparatively high. Fast followers, which import part of their manufacturing process and ramp to volume production rapidly but with a delay, neither break even nor recover their investment.
0	Weiss; Amyot (2005)		Companies need to adjust their business models constantly to changes in their environment. In this paper, we propose a lightweight approach for evolving business models that allows for a quick evaluation of alternatives, while preserving investments in existing business processes. The approach is based on the user requirements notation (URN) for modeling and analysis of early requirements in the form of goals and scenarios. URN models help us model the strategic options available to a business for evolving its business model, and determine when the right moment to apply them has come. We illustrate the systematic and incremental evolution of business model alternatives for an e-business case study.
1	(WRIGHT; GOODWIN, 2009)	This special section aims to demonstrate the limited predictability and high level of uncertainty in practically all important areas of our lives, and the implications of this. It summarizes the huge body of solid empirical evidence accumulated over the past several decades that proves the disastrous consequences of inaccurate forecasts in areas ranging from the economy and business to floods and medicine. The big problem is, however, that the great majority of people, decision and policy makers alike, still believe not only that accurate forecasting is possible, but also that uncertainty can be reliably assessed. Reality, however, shows otherwise, as this special section proves. This paper discusses forecasting accuracy and uncertainty, and distinguishes three distinct types of predictions: those relying on patterns for forecasting, those utilizing relationships as their basis, and those for which human judgment is the major determinant of the forecast. In addition, the major problems and challenges facing forecasters and the reasons why uncertainty cannot be assessed reliably are discussed using four large data sets. There is also a summary of the eleven papers included in this special section, as well as some concluding remarks emphasizing the need to be rational and realistic about our expectations and avoid the common delusions related to forecasting.	

2	(WU et al., 2009)		<p>One major roadblock for RFID adoption is to justify its return on investment. Most researchers used cost/benefit analysis, discount cash flow, or net present value method to support the decision; however, these methods does not consider uncertainties and lack flexibility when valuate the investment in RFID. In this paper, we examine the uncertainties and risks associated with RFID investment and propose the use of real options approach to consider them. We demonstrate how can a real options method be used and suggest a process for making strategic RFID investment decision. The results were evidenced and supplemented with a sensitivity analysis.</p>
---	-------------------	--	---



















## APÊNDICE D

<b>Protocolo Estratégia de Busca</b>		
<p><b>Framework Conceitual:</b> O processo de orçamento de capital – Capital Budgeting Process – é um processo de decisão específico, que envolve o compromisso a longo prazo de recursos escassos da empresa em investimentos de capital. ((FABOZZI; DRAKE, 2009). Este processo engloba a atividade de pré-seleção de projetos, a definição das limitações de capitais, as técnicas de avaliação de projeto e de análise de riscos, a definição do custo de capital da empresa a ser considerado e a designação de autoridade para pré-seleção, avaliação e seleção de projetos. ((MUKHERJEE; HENDERSON, 1987).</p>		
Contexto:	Esta pesquisa foca no processo de avaliação de opções estratégicas em ambientes de incerteza.	
Horizonte:	Não será utilizada delimitação, sendo utilizado todo o período disponível nas bases de busca.	
Correntes Teóricas:	Capital Budgeting Process Estratégia Incertezas	
Idiomas:	Não será limitado na busca, mas os termos de busca serão em Inglês e Português. Caso sejam encontrados artigos em outros idiomas, estes serão traduzidos caso o abstract se mostre promissor.	
<p><b>Questão de Revisão:</b> Quais os artefatos utilizados no processo de avaliação de opções estratégicas e como os riscos e incertezas são considerados?</p>		
Estratégia de Revisão	( X ) Agregativa	( ) Configurativa
Critérios de Busca	Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos, técnicas e ferramentas para avaliação de opções estratégicas</li> <li>• Métodos, técnicas e ferramentas para consideração de riscos e incertezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos para o estabelecimento da taxa de retorno</li> </ul>
<p>Termos de Busca: Capital Budgeting Process “Capital Budgeting Process” “Capital Budgeting Process” OR “Capital Budgeting Techniques” OR “Capital Methods” [“Capital Budgeting Process” OR “Capital Budgeting Techniques” OR “Capital Methods”] AND [“Survey” OR “Systematic Review”] [“Capital Budgeting Process” OR “Capital Budgeting Techniques” OR “Capital Methods”] AND [“Survey” OR “Systematic Review”]</p>		

Fontes de Busca:			
Bases de Dados:	Anais:	Internet:	Outras:
<input type="checkbox"/> Periódicos Capes	<input type="checkbox"/> ENEGEP	<input type="checkbox"/> Google Acadêmico	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> EBSCO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Web of Science <sup>TM</sup>	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> Scopus   Elsevier			
<input type="checkbox"/> Scielo			
<input type="checkbox"/> ProQuest			
<input type="checkbox"/> Emerald			







## APÊNDICE F

' MÓDULO FUNÇÕES CENÁRIOS - Contém as Funções Necessárias para Rodar o Modelo do Ithink e Cenários

```

Private Sub RodarModeloIthink(Options As String)
' Função Responsável por Rodar o modelo do Ithink.
' Esta funcao utiliza configuracoes da aba "Configs"

' Declaracoes de variaveis
Dim IthinkPath As String
Dim ModelFile As String
Dim ModelPath As String
Dim comando As String

'Definicoes padroes do modelo
' IthinkPath = Local do Ithink
IthinkPath = "C:\Program Files (x86)\isee systems\iThink 10.0.3\iThink.exe"
If Not IsEmpty(Worksheets("Configs").Range("B2").Value) Then
    IthinkPath = Worksheets("Configs").Range("B2").Value
End If

' ModelFile = Nome do Modelo
ModelFile = "modelo.itmx"
If Not IsEmpty(Worksheets("Configs").Range("B3").Value) Then
    ModelFile = Worksheets("Configs").Range("B3").Value
End If

'Colocando aspas para nao dar erro na shell
IthinkPath = Chr(34) & IthinkPath & Chr(34)
ModelPath = Chr(34) & ThisWorkbook.Path & "\" & ModelFile & Chr(34)

'Montando o comando a rodar na shell
comando = IthinkPath & Options & ModelPath

' Rodando o Modelo

' Comandos para fazer o excel chamar o itthink e esperar ele terminar:
' http://stackoverflow.com/questions/15951837/excel-vba-wait-for-shell-command-to-complete

Dim wsh As Object
Set wsh = VBA.CreateObject("WScript.Shell")
Dim waitOnReturn As Boolean: waitOnReturn = True
Dim windowStyle As Integer: windowStyle = 6
wsh.Run comando, windowStyle, waitOnReturn

' Kill Left(ModelPath, Len(ModelPath) - 5) & ".isdb"
ThisWorkbook.Sheets("RodarModelo").Select
' MsgBox "Comando Executado: " & comando
' Maneira antiga de rodar:
' Call Shell(comando, vbNormalNoFocus)

End Sub

```

```

Sub RodarModeloTest()
Dim OpcoesIthink As String 'Opcoes a serem passadas para o RodarModeloIthink
' OpcoesIthink = " -r -i -s -nq "
OpcoesIthink = " -rs -x "
Call RodarModeloIthink(OpcoesIthink)

End Sub

' Importar Parâmetros de Cenários para o Ithink (Rodar Uma vez com o parâmetro de importação
habilitado)
Sub ImportarDadosIthink()

Dim OpcoesIthink As String 'Opcoes a serem passadas para o RodarModeloIthink
OpcoesIthink = " -r -i -s "
' OpcoesPadrao = " -rs -x "

Call RodarModeloIthink(OpcoesIthink)
MsgBox "Apague o arquivo de dados do itthink (Arquivo .isdb dentro da pasta do modelo)."

End Sub

Sub SimularCenarios()
MsgBox "Este procedimento executará automaticamente as simulações definidas na aba
Experimentos, em conjunto com o Ithink. Não utilize o Excel e o Ithink até que uma mensagem de
sucesso seja exibida."

' Emitir Mensagem avisando que vai demorar
Dim nrep As Integer ' Numero de replicacoes
Dim OpcoesIthink As String 'Opcoes a serem passadas para o RodarModeloIthink
Dim OpcoesPadrao As String ' Opcoes padrao, excluindo as variaveis
Dim Experimento As Integer ' Numero do Experimento sendo Rodado
Dim Nexperimentos As Integer 'Numero de experimentos
Dim Experimentos() As Variant 'Array da tabela de experimentos
Dim Variavel As String
Dim NVariaveis As Double
Dim Variaveis() As Variant
Dim Cenario As Integer
Dim Rodada As String
Dim ArquivoOutputIthink As String
Dim SeparadorCSV As String

' Desativando os calculos da Planilha ao Executar a Simulacao
Application.Calculation = xlCalculationManual

' Definindo o nome da planilha de Resultados
ArquivoOutputIthink = "ithinkexport.csv"
If Not IsEmpty(Worksheets("Configs").Range("B5").Value) Then
    ArquivoOutputIthink = Worksheets("Configs").Range("B5").Value
End If

' pega o separador de csv
If Not IsEmpty(Worksheets("Configs").Range("B7").Value) Then
    SeparadorCSV = Worksheets("Configs").Range("B7").Value
End If

```

```

' Definindo o Nome da Rodada
Rodada = "R-" & CStr(Format(Now(), "yyyy.MM.dd_hh.mm.ss"))
' Criando a Pasta da Rodada
MkDir (ThisWorkbook.Path & "\rodadas\" & Rodada & "\")
' Criando a Pasta dos Dados da Rodada
MkDir (ThisWorkbook.Path & "\rodadas\" & Rodada & "\" & "\dados\")

'Número de replicações a fazer em cada experimento
nrep = 10
If Not IsEmpty(Worksheets("Configs").Range("B4").Value) Then
    nrep = Worksheets("Configs").Range("B4").Value
End If

'Importar Dados do Ithink
'Ativar depois Call ImportarDadosIthink

' Entrando na lista de experimentos
Sheets("Experimentos").Select

' Definindo o número de experimentos a executar
Nexperimentos = WorksheetFunction.Max(Range("A:A").Value)

' Definindo o número de variáveis da tabela de experimentos
NVariaveis = 0
Variavel = Cells(1, 3 + NVariaveis).Value
Do Until Variavel = ""
    NVariaveis = NVariaveis + 1
    Variavel = Cells(1, 3 + NVariaveis).Value
Loop

' Definindo o array de experimentos
' Experimentos = Range("A2", "Q" & Nexperimentos + 1)
Experimentos = Range(Cells(1, 1), Cells(Nexperimentos + 1, NVariaveis + 2))

' Rodando os experimentos, para cada caso!
For experimentoi = 1 To Nexperimentos

    ' Definindo o Experimento e Variavel em questao
    Experimento = Experimentos(experimentoi + 1, 1)
    Cenario = Experimentos(experimentoi + 1, 2)

    ' Definir string de comandos completa para passar rodar no modelo
    OpcoesPadrao = " -rs -x "
    OpcoesIthink = OpcoesPadrao

    ' Montar String de Opcoes para o Ithink de acordo com as variaveis e experimento
    For variaveli = 1 To NVariaveis
        Dim espacamento As String
        Dim VariavelIthink As String
        Dim ValorVariavel As String
        espacamento = " -"
        VariavelIthink = CStr(Experimentos(1, variaveli + 2))
        ValorVariavel = CStr(Experimentos(experimentoi + 1, variaveli + 2))
    
```

```

    OpcoesIthink = OpcoesIthink & espacamento & ValorVariavel & " " & VariavelIthink
Next variaveli
OpcoesIthink = OpcoesIthink & " "

' Criando o arquivo de dados do Ithink
Open ThisWorkbook.Path & "\dadosithink\" & ArquivoOutputIthink For Output As #1
Close #1

' Rodando o Modelo
Call RodarModeloIthink(OpcoesIthink)

' Depois disto o Ithink exportou os dados para arquivo de exportação

Dim LinhaResultado As String ' String contendo uma linha de resultados, oriunda do arquivo
ithinkexport.csv
Dim LinhaItens As Variant ' Linha de resultado transformada em array
Dim NumeroDaLinha As Integer ' Numero da linha do arquivo de exportação ithinkexport, usado
no loop
Dim LinhaIthinkExport As Integer ' Número da linha da aba Ithinkexport usada para definir onde os
dados devem ser copiados
Dim ColunaExperimento As Integer ' Última coluna da tabela do Ithink export, onde deve ser
inserido o número do experimento

' A tabela de Experimentos não está sendo preparada automaticamente! Os nomes das colunas
devem ser inseridos manualmente primeiro!
' TO-DO

' Numero da Linha do Arquivo de Exportação
NumeroDaLinha = 1
' Seleccionando a ithinkexport
ThisWorkbook.Sheets("ithink_export").Select
' Definindo as Células Finais
LinhaIthinkExport = ActiveSheet.UsedRange.SpecialCells(xlCellTypeLastCell).Row + 1
ColunaExperimento = Cells(1, 1).End(xlToRight).Column
LinhaIthinkExport = LinhaIthinkExport + NumeroDaLinha - 1

' Lendo o arquivo de dados do Ithink para a aba de resultados
Open ThisWorkbook.Path & "\dadosithink\" & ArquivoOutputIthink For Input As #1

Do Until EOF(1)

    ' Garantindo que não vou copiar o cabeçalho
    If NumeroDaLinha > 1 Then

        Line Input #1, LinhaResultado
        If IsEmpty(SeparadorCSV) Then
            LinhaItens = Split(LinhaResultado, vbTab)
        Else
            LinhaItens = Split(LinhaResultado, SeparadorCSV)
        End If

        ' Copiar os dados do array para esta linha
        Range(Cells(LinhaIthinkExport, 1), Cells(LinhaIthinkExport, ColunaExperimento - 1)).Value
= LinhaItens

```

```

' Ir para a última coluna escrita, e ir uma célula para o lado
' Escrever o Número do Experimento
Cells(LinhaIthinkExport, ColunaExperimento).Value = experimentoi

End If
LinhaIthinkExport = LinhaIthinkExport + 1
NumeroDaLinha = NumeroDaLinha + 1

Loop

Close #1

' Mover o arquivo de output do itthink!
Name ThisWorkbook.Path & "\" & "\dadosithink\" & ArquivoOutputIthink As ThisWorkbook.Path
& "\rodadas\" & Rodada & "\" & "\dados\" & "Exp." & CStr(experimentoi) & ArquivoOutputIthink

' MsgBox "Experimento" & experimentoi & "Feito! Faltam " & Nexperimentos - experimentoi
Next experimentoi

' Fechar planilha export excel;
' Ir para Aba de Análise dos Resultados;
' Comandos Executados com sucesso;
' Emitir Mensagem: "Simulações Executadas com Sucesso! Analise os resultados!"

'Ativando os calculos da Planilha ao Executar a Simulacao
' Application.Calculation = xlCalculationAutomatic

MsgBox "Simulação Executada com sucesso! " & Nexperimentos * nrep & " simulações foram
executadas! Selecione os resultados e converta-os em números na aba itthink_export. Após isto, clique
para calcular os resultados da Simulação!"

End Sub

```

## APÊNDICE G

Opção	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base	Base
Experimento	1	2	3	4	5	6	7	8
Cenário	2	4	3	1	6	8	7	5
	199.093,92	198075,48	155780,93	155663,5	180297,7	176880,96	140033,07	140851,91
	197.081,55	199196,19	156001,78	155065,56	180067,92	178272,04	141376,12	139444,67
	196.716,93	195917,44	154234,61	154604,81	180060,26	177934,16	139838,66	139000,33
	195.956,20	198124,79	156263,02	156305,95	181104,04	176286,12	139043,45	136569,62
	196.041,57	197122,38	155361,31	154320,85	180139,97	178109,95	139595,99	141431,39
	196.642,21	197532,96	155477,48	156785,74	179864	178320,58	138254,5	138839,52
	196.813,87	198073,23	155693,42	153649,13	178303,75	179095,02	138728,09	139991,34
	192.204,19	197010,18	152594,06	156297,44	179109,59	180247,79	139036,05	140471,9
	197.994,11	195711,49	156251,28	156561,83	181202,63	175950,45	137773,35	140862,36
	196.217,61	197141,5	157224,31	155757,33	179639,65	179722,27	139923,79	142023,13
	198.549,49	196478,83	154662,73	154535,14	178303,89	180134,54	139004,24	141201,13
	199.188,27	196283,86	155353,8	156341,33	178993,09	178711,8	140235,1	141900,41
	196.312,76	197998,78	155109,84	155684,09	178467,09	177766,78	139597,16	137759,35
	196.318,81	196965,96	156232,72	154675,02	180165,27	180517,33	140661,18	141366,14
	199.081,67	198506,99	156957,55	156115,21	178579,34	174775,15	137263,73	139747,01
	196.203,42	196549,84	157069,97	156029,78	181372,87	176835,58	141007,36	138896,46
	195.856,07	196811,68	155087,81	156561,83	180205,93	179127,86	140494,4	141225,79
	197.898,21	198832,56	154664,07	155671,08	180455,15	181289,89	139486,77	140633,81
	195.545,58	194300,73	154962,43	156552,5	177078,69	180146,69	140235,94	136701,19
	198.623,72	196638,55	157317,07	155184,55	180409,51	178919,99	140595,05	141918,63
	197.066,26	198338,61	154874,64	154803,16	178288,26	178579,34	139165,71	138037,71
	196.253,25	195476,49	156251,28	154874,64	179627,75	180888,91	140389,97	140587,6
	197.797,44	198880,1	155956,08	156593,24	179239,25	177127,98	139960,5	138602,3
	197.266,19	195912,34	154940,49	153688,27	180178,73	179358,81	139466,96	138841,64
	199.062,39	199585,29	155828,5	156475,45	179442,82	180284,49	139746,73	140276,5
	197.110,06	196556,03	155521,8	155253,21	181163,49	179104,05	139377,88	139144,37
	197.548,40	196368,92	156942,61	155460,26	179112,07	177578,67	140276,5	140529,42
	198.725,32	194882,99	156222,21	155197,93	179720,1	180306,36	139543,77	138926,25
	199.499,29	197205,97	152005,66	156953,48	177083,15	178820,71	140123,48	140634,01
	194.518,65	194184,51	155592,47	153410,41	177833,85	178637,19	138796,12	140040,66
<b>média</b>	197.106,25	197.022,16	155.547,86	155.502,42	179.516,99	178.657,72	139.634,39	139.881,89
<b>desvio</b>	1.576,55	1.379,18	1.194,12	987,51	1.146,72	1.552,37	908,70	1.458,21
<b>Erro Máx</b>	1.971,06	1.970,22	1.555,48	1.555,02	1.795,17	1.786,58	1.396,34	1.398,82
<b>α</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>
<b>tc</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>
<b>n</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

Opção	1	1	1	1	1	1	1	1
Experimento	9	10	11	12	13	14	15	16
Cenário	2	4	3	1	6	8	7	5
	236995,42	240878,68	197233,9	194474,73	220700,28	214778,24	180796,93	178756,36
	237098,2	237845	193145,26	193527,35	225682,45	217847,51	179292,24	178854,77
	232115,06	234402,87	194323,35	202973,47	213507,42	217568,23	172822,03	182656,33
	235624,1	237772,79	199870,11	192793,89	227265,66	221620,24	183481,69	180472
	236576,4	242636,73	193143,65	193789,42	219314,99	220359,85	184570,48	176855,95
	232672,29	242114,86	191828,9	195178,93	217494,73	218173,62	184830,34	178492,38
	236897,77	237123,46	200027,12	198708,87	222743,72	216616,85	179242,59	179260,55
	234120,37	229088,8	195825,66	193970,15	223124,08	215134,32	178230,24	183600,17
	238626,3	242306,11	194400,25	192965,6	224275,2	217111,43	179816,1	177291,89
	237781,3	235818,59	193248,03	193443,33	215497,59	219790,33	176643,97	180052,36
	236462,21	234981,33	197695,04	192818,45	219219,21	216686,45	177900,14	179585,51
	242827,22	237488,63	195476,3	196521,16	216980,77	214577,53	177971,78	181065,31
	235847,74	237168,69	195302,81	192668,5	219512,18	215495,6	184472,97	178206,12
	233214,13	238643,03	199979,97	202248,15	220902,55	221158,11	180572,64	178453,76
	235960,38	237743,83	195363,69	192186,53	214545,82	220664,88	186768,85	178358,5
	239592,97	233088,16	195281,71	198348,87	217988,66	218186,68	181488,45	176598,18
	235568,08	244153,76	194089,45	201081,02	220946,48	219562,84	178124,65	186520,35
	238128,01	244780,78	196300,06	193727,73	215870,54	215940,68	173620,57	174175,14
	236736,01	236975,18	196049,29	191874,49	221149,98	223573,91	179073,85	181626,24
	236107,19	236545,82	199008,45	196188,62	218124,57	220549,95	178226,73	183138,92
	233421,81	239151,25	195462,19	191101,77	218739,1	222179,11	177643,55	173140,87
	238148,73	234852,97	195411,4	192532,26	216157,56	217399,68	177476,3	177750,56
	237013,71	244064,66	201092,02	196072,64	208885,88	216805,32	178327,99	176245,26
	227618,94	235804,68	194184,81	197149,53	222830,87	215960,46	174022,41	184655,21
	239283,1	234919,89	198763,47	196344,88	221137,12	218742,43	178118,95	177659,19
	234596,81	234210,49	197190,98	197429,28	217151,65	219832,64	185897,23	186988,69
	235343,65	235038,89	190892,82	195434,32	216516,53	217346,79	185105,82	178424,27
	235899,92	242526,99	195378,29	194581,7	218879,04	213079,29	177566,63	178715,45
	235517,73	240294,23	198633,55	195275,23	224798,14	216688,83	181277,44	182484,96
	228394,62	238641,48	194951,81	189598,14	215179,24	215263,76	179069,1	177302,62
<b>média</b>	235.806,34	238.035,42	195.985,14	195.166,97	219.170,73	217.956,52	179.748,42	179.579,60
<b>desvio</b>	3.043,97	3.697,48	2.532,54	3.169,18	3.956,60	2.529,83	3.574,18	3.257,58
<b>Erro Máx</b>	2.358,06	2.380,35	1.959,85	1.951,67	2.191,71	2.179,57	1.797,48	1.795,80
<b>α</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>tc</b>	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638
<b>n</b>	9	13	9	15	18	8	22	18



Opção	2	2	2	2	2	2	2	2
Experimento	17	18	19	20	21	22	23	24
Cenário	2	4	3	1	6	8	7	5
	225440,46	229834,96	183504,92	182858,58	208005,77	204929,35	170633,81	168371,81
	226627,23	228473,33	183274,91	182869,25	209567,52	207103,97	169139,63	169902,37
	226793,92	225029,83	185201,86	184203,71	205434,33	206497,63	170058,68	168973,03
	227806,17	227479,08	183787,78	181400,84	210269,8	206216,22	171789,93	169019,58
	225266,54	228202,7	184776,47	185574,93	209385,22	207117,1	169216,72	170168,82
	225261,6	227664,99	184753,44	185077,35	208183,25	206274,05	169795,84	168514,65
	225531,97	227823,04	182478,78	185941,26	209265,35	206313,45	169777,58	170904,43
	227572,7	225953,62	185384,36	183988,05	209262,16	207637,38	168454,23	170458,4
	229232,14	228122,69	184753,44	179812,38	207509,52	203851,02	170122,13	169923,25
	225600,69	227271,59	181874,86	184128,89	206867,2	205506,21	168755,98	169036,93
	228523,1	228260,38	180349,87	183493,8	209820,92	206832,38	170879,29	169222,6
	229799,14	228585,04	185762,5	184786,9	207572,49	207881,15	165564,01	170094,31
	228894,57	226742,23	184241,8	183010,08	208522,77	207509,52	169758,17	169876,97
	229497,57	228796,26	182690,94	183294,48	208046,62	204412,15	168175,79	169286,9
	226060,1	228271,65	182490,55	183593,26	208028,85	208641,81	169804,47	169522,71
	227500,08	227560,66	184837	183237,44	208816,4	208245,65	168971,03	168628,23
	227588,69	224872,65	182489,21	185951,69	207107,21	209686,37	166776,97	171005,55
	227286,75	228263,8	184418,24	183876,67	206595,51	207180,19	167212,2	170790,94
	228215,5	227425,44	183641,7	184613,44	211114,13	210014,35	169405,81	171133,86
	221433,57	228521,5	185343,76	184327,04	205958,28	207621,7	170589,37	169072,44
	227699,71	225242,22	182645,41	183821,88	208045,19	206033,21	167463,92	170345,63
	228210,45	225578,2	184685,12	183963,96	209581,23	205940,65	168798,75	170013,87
	227236,1	228535,68	180692,01	185168,4	207197,4	208634,88	166996,44	170841,51
	227441,52	228592,46	184018,36	183596,84	208270,11	207547,47	170218,27	168732,66
	228853,26	227592,38	184507,27	185217,12	208605,65	208481,31	170807,86	165459,04
	226932,48	229118,69	185168,4	185220,23	209242,59	207748,17	170988,84	167643,87
	225766,49	228763,64	183301,03	183533,91	202445,66	208239,95	170143,56	169452,85
	225600,69	227916,34	185578,82	185575,27	205923,06	209410,36	171443,13	171522,93
	229473	229160	183959,32	185028,93	209394,98	210405,82	170136,27	170852,97
	227113,26	228585,04	183227,45	180430,79	208795,91	208111,1	170438,47	169467,32
<b>média</b>	227.141,98	227.741,34	183.794,65	183.919,91	208.094,50	207.334,15	169.410,57	169.608,01
<b>desvio</b>	1.735,72	1.269,59	1.383,43	1.469,04	1.707,45	1.576,51	1.477,02	1.225,14
<b>Erro Máx</b>	2.271,42	2.277,41	1.837,95	1.839,20	2.080,95	2.073,34	1.694,11	1.696,08
<b>α</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>tc</b>	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638	2,3638
<b>n</b>	3	2	3	4	4	3	4	3

Opção	1;2	1;2	1;2	1;2	1;2	1;2	1;2	1;2
Experimento	25	26	27	28	29	30	31	32
Cenário	2	4	3	1	6	8	7	5
	265359,18	265507,26	229412,55	222820,22	246634,42	252831,1	208347,49	210743,48
	264782,64	269975,59	231052,7	223379,45	242251,91	246921,18	206703,18	206926,99
	263341,56	269906,87	220735,51	223620,11	246171,72	244959,61	208863,6	207803,66
	265987,67	265987,67	223950,34	229135,07	248733,99	243559,12	207340,76	208485,7
	270701,33	263560,29	222401,64	224642,41	244175,14	247584,95	205867,8	210888
	265601,63	268562,78	225826,01	229910,97	249994,73	242787,77	214057,08	208665,81
	261906	265337,42	223241,12	221438,24	243079,45	254546,06	203638,85	216100,34
	263742,28	267921,89	227010,77	224940,72	254713,13	249621,59	208731,31	207853,15
	272112,39	262854,33	222112,2	225481,41	253326,1	249247,28	207269,21	208110,57
	265540,82	273830,68	223991,38	227261,36	249882,2	247212,83	208821,18	213040,95
	275390,17	268603,1	229635,83	220039,64	250396,74	249704,18	208733,46	208464,16
	265101,4	271540,38	221109,33	220163,26	247094,73	249088,96	209070,37	209501,96
	267103,55	272495,21	226028,19	222440,12	246302,38	245499,15	210231,16	208171,92
	273722,24	266372,06	223612,71	230122,37	247406,21	254587,44	208847,38	204662,11
	273044,78	267298,3	229270,76	221484,4	250895,16	252383,92	213469,97	209079,43
	269283,22	265325,11	221265,39	221867,5	246123,4	252534,2	206938,29	209762,01
	270298,35	268739,76	222992,5	230577,28	247038,15	247647,17	209182,17	208570,95
	273409,16	274229,98	217761,04	227020,75	247660,96	245660,11	209502,56	208910,09
	266621,34	265725,26	225288,66	219179,28	244464,62	241805,05	212812,43	208149,75
	267290,98	266253,18	221543,67	230057,36	252690,56	249787,49	208570,8	208105,09
	275187,74	269494,4	221651,69	227317,95	250558,46	246461,26	204495,68	215420,73
	263872,09	266110,58	221920,12	228026,17	248347,13	239256,96	204936,15	209159,66
	267270,74	266112,84	229513,52	230848,32	255160,41	248881,08	208012,9	207022,93
	272233,88	263424,64	222039,23	222712,15	250545,06	245241,26	209360,24	208806,5
	270732,88	260779,99	230142,08	229740,62	244951,96	238264,9	207202,18	209449,79
	265618,31	267181,15	228204,59	220803,55	250232,53	241481,67	214117,32	207345,61
	270567,2	269444,33	227757,66	220762,88	246914,71	249911,46	206013,59	208608,12
	268025,36	262714,59	220844,81	224010,05	244522	256797,65	212682,22	212888,6
	263379,48	266720,2	225983,87	225323,61	247036,82	245200,28	212752,04	204434,11
	263860,29	265529,82	226039,68	222031,91	242413,78	248167,03	209578,36	216370,28
<b>média</b>	268.036,29	267.251,32	224.744,65	224.905,30	247.990,62	247.587,76	208.871,66	209.383,42
<b>desvio</b>	3.896,48	3.218,65	3.479,44	3.657,31	3.423,65	4.462,21	2.756,01	2.865,22
<b>Erro Máx</b>	2.680,36	2.672,51	2.247,45	2.249,05	2.479,91	2.475,88	2.088,72	2.093,83
<b>α</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>
<b>tc</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>	<b>2,3638</b>
<b>n</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>10</b>